

## ВОДОРΟΣЛИ И ЦИАНОПРОКАРИОТЫ ГРУНТОВ ОАЗИСА ХОЛМЫ ЛАРСЕМАНН (АНТАРКТИДА, СТАНЦИЯ ПРОГРЕСС)

© 2021 г. О. Я. Чаплыгина<sup>1,\*</sup>, С. В. Смирнова<sup>1,\*\*</sup>, Н. Б. Балашова<sup>2,\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН  
ул. Проф. Попова, 2, Санкт-Петербург, 197376, Россия

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет  
Университетская наб., 7/9, Санкт-Петербург, 199034, Россия

\*e-mail: chaplygina@binran.ru,

\*\*e-mail: SSmirnova@binran.ru

\*\*\*e-mail: balanataliya@yandex.ru

Поступила в редакцию 04.06.2021 г.

После доработки 18.07.2021 г.

Принята к публикации 27.07.2021 г.

Впервые представлены сведения о цианопрокариотах и водорослях — обитателях грунтов оазиса Холмы Ларсеманн в районе российской станции Прогресс. Культуральными методами выявлено 17 видов из трех отделов: Cyanoprokaryota — 6, Chlorophyta — 10, Ochrophyta — 1. Для всех видов перечислены районы Антарктиды, где они были найдены ранее. Основу изученных сообществ составляют виды, широко распространенные (*Pseudococcomyxa simplex*, *Stichococcus bacillaris*) и часто встречающиеся (*Leptolyngbya foveolaria*, *Schizochlamydeella minutissima*) в Антарктике, а также виды, выявленные лишь в нескольких районах континента (*Heterotetracystis intermedia*, *Myrmecia bisecta*, *Heterococcus* cf. *viridis*). Состав сообществ микроводорослей характерен для грунтов антарктических местообитаний. Наиболее богатыми по разнообразию таксонов оказались грунты под водорослевой и мохово-лишайниковыми дернинами во влажных, защищенных от ветра и, соответственно, хорошо прогреваемых местообитаниях.

**Ключевые слова:** Cyanoprokaryota, Chlorophyta, Ochrophyta, грунты, оазис Холмы Ларсеманн, Антарктида

DOI: 10.31857/S0006813621100057

Интенсивное развитие научных исследований в Антарктике, в том числе и ботанических, начатое более 50 лет назад с момента организации антарктических станций, позволило альгологам разных стран провести ряд исследований по выявлению таксономического разнообразия сообществ почвенных водорослей и цианопрокариот как материковой части Антарктиды, так и ближайших островов (Kol, 1968; Broady, 1976, 1979, 1982, 1984, 1986, 1987, 1989, 1996; Cavacini, 2001; Mataloni, Tell, 2002; Fermani et al., 2007; Zidarova, 2008; González Garraza et al., 2011; Andreeva, 2010, 2011, 2012, 2013; Chaplygina et al., 2017; Burdo et al., 2019; Andreev et al., 2020 и др.). Список обнаруженных водорослей и цианопрокариот включает более 300 видов, являющихся представителями различных систематических групп — Cyanoprokaryota (Cyanobacteria/Cyanophyta), Chlorophyta, Ochrophyta, Bacillariophyta, Charophyta.

Интерес к изучению почвенных водорослей Антарктиды вызван тем, что они, как важный

компонент наземных экосистем полярных регионов, наряду с мхами и лишайниками заметно влияют на развитие полярных почв и функционирование растительных сообществ в этих экстремальных условиях. Изучение таксономического состава наземной альгофлоры Антарктики является важным звеном в формировании наиболее полного представления о современной антарктической биоте и ее биоразнообразии. Для антарктических почв характерны сильные колебания концентрации питательных веществ, влажности и значений pH (Bölter et al., 2002). Эти факторы часто варьируют на коротких расстояниях, что приводит к мозаичности эдафической микробиоты. Цианопрокариоты и эукариотические водоросли весьма чувствительны также к перепадам температур и поэтому могут использоваться в качестве биологических индикаторов климатических изменений в антарктических экосистемах.

Первые сведения о водорослях станции Прогресс представлены в обобщающей сводке поч-

венных и аэрофильных неподвижных зеленых микроводорослей из районов работ Российской антарктической экспедиции (Andreeva, Kurbatova, 2014). Однако в районе станции Прогресс это исследование затронуло только зеленые микроводоросли-эпифиты мхов. Целью настоящей работы стало выявление наиболее полного состава альгофлоры грунтов оазиса Холмы Ларсеманн, включая представителей других систематических групп водорослей и цианопрокариот, обобщение данных по распространению выявленных видов в различных частях Антарктики и анализ альгологических сообществ исследованных местообитаний.

Самая “молодая” российская научно-исследовательская станция “Прогресс” расположена на берегу залива Олафа Прюдса. Ее открытие состоялось 1 апреля 1988 г., а к 2000 г. вся исследовательская деятельность была прекращена. Однако уже в 2003 г. работы возобновились. В настоящее время “Прогресс” считается главной российской полярной станцией: именно там находится административный, научный и логистический центр Русской Антарктиды. Для ее размещения было выбрано каменисто-песчаное плато, приподнятое на высоту 15.5 метра над уровнем моря. С восточной стороны расположены холмы Ларсеманн, с западной — Тюленья бухта залива Прюдса.

Оазис Холмы Ларсеманн расположен на юго-восточном берегу залива Прюдс (берег Ингрид Кристенсен, земля принцессы Елизаветы, Восточная Антарктида) (рис. 1). Эта по большей части свободная от ледникового покрова территория площадью 40 км<sup>2</sup> включает в себя два крупных полуострова (Сторнес и Брокнес), четыре небольших мыса, около 130 прибрежных островков и 150 озер, нередко подпруженных ледниками. Территория сложена скальными выходами из вулканических и осадочных пород различного возраста, высотой от 60 до 150 м над уровнем моря и долинами с крутыми склонами, заполненными крупнообломочными отложениями (рис. 2). Климат в районе расположения станции “Прогресс” считается довольно мягким: среднегодовая температура составляет  $-9.8^{\circ}\text{C}$ , а зарегистрированный температурный минимум не опускается ниже  $-38^{\circ}\text{C}$ . Среднемесячная температура летом составляет  $0^{\circ}\text{C}$ , зимой достигает  $-18^{\circ}\text{C}$ . Лето здесь наступает с приближением декабря: в этом месяце температура воздуха может подняться до  $+9^{\circ}\text{C}$ . За короткий летний период сухие участки склонов и террас оттаивают до 40–50 см, а влажные участки долин и озерных котловин — до 80–100 см. Важной особенностью климата является наличие постоянных сильных ветров (до 90 м/с), дующих с Антарктического плато и небольшое количество осадков (250 мм в год). Немногие участки со скудной растительностью встречаются чаще в

глубине суши вдали от берега моря (Abramov et al., 2011; Andreeva, Kurbatova, 2014).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Пробы грунтов были собраны д.б.н. М.П. Андреевым (Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН (БИН РАН)) в январе 2014 г. в сезон 59-й Российской антарктической экспедиции. Они сопровождаются подробными описаниями, которые приводятся ниже.

1.  $69^{\circ}23'378''$  ю.ш.,  $76^{\circ}23'903''$  в.д. Высота 68 м над ур. м., 1 км к югу от станции, нижняя часть пологой долины к югу от горы Бейз Ридж, у ледника Долк. Склон северо-восточной экспозиции, основание скалы у снежника. Грунт под мохово-лишайниковой дерниной. 2.01.2014.

2.  $69^{\circ}23'520''$  ю.ш.,  $76^{\circ}24'589''$  в.д. Высота 60 м над ур. м., 1 км к юго-юго-востоку от станции, терраса над морем под горой. Пологий песчаный склон с валунами восточной экспозиции. Грунт под мохово-лишайниковой дерниной. 2.01.2014.

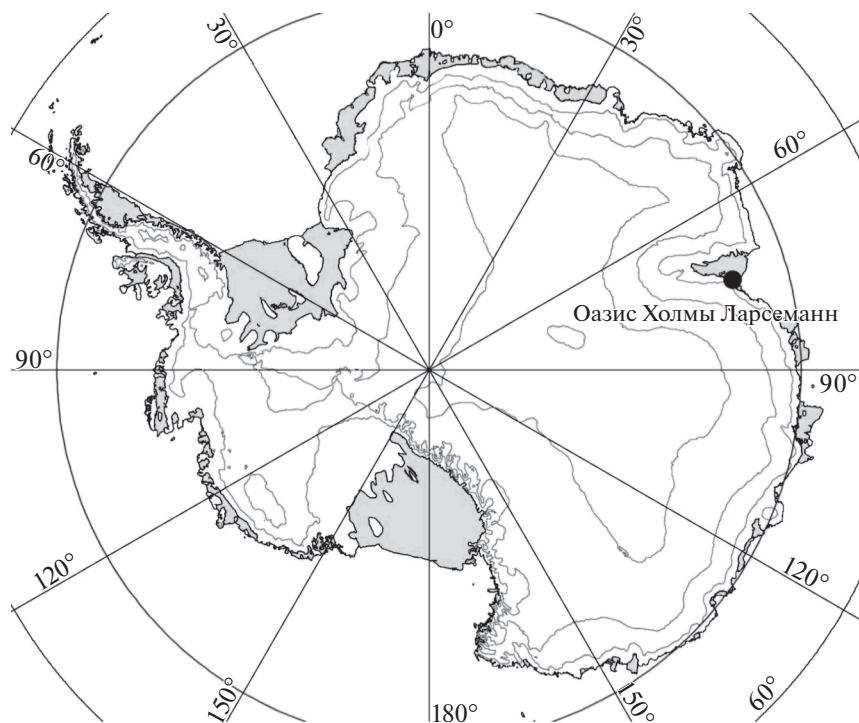
3.  $69^{\circ}24'292''$  ю.ш.,  $76^{\circ}23'303''$  в.д. Высота 130 м над ур. м., 2.5 км к югу от станции, вершина горы Велл. Песчаная лунка между скалами около ледника. 2.01.2014.

4.  $69^{\circ}24'033''$  ю.ш.,  $76^{\circ}21'679''$  в.д. Высота 95 м над ур. м., 3 км к юго-западу от станции, плоское днище долины между невысокими холмами. Ручей от снежника. Грунт под водорослевой дерниной. 7.01.2014.

5.  $69^{\circ}23'272''$  ю.ш.,  $76^{\circ}21'497''$  в.д. Высота 5 м над ур. м., 1.5 км к юго-западу от станции, песчаная площадка под скалой у залива Нелла. Грунт под гнездом буревестника. 7.01.2014.

6.  $69^{\circ}23'272''$  ю.ш.,  $76^{\circ}21'501''$  в.д. Высота 10 м над ур. м., 1.5 км к юго-западу от станции, терраса на берегу залива Нелла, ниже оз. Дискашн. Грунт около ручья от снежника у моря. 7.01.2014.

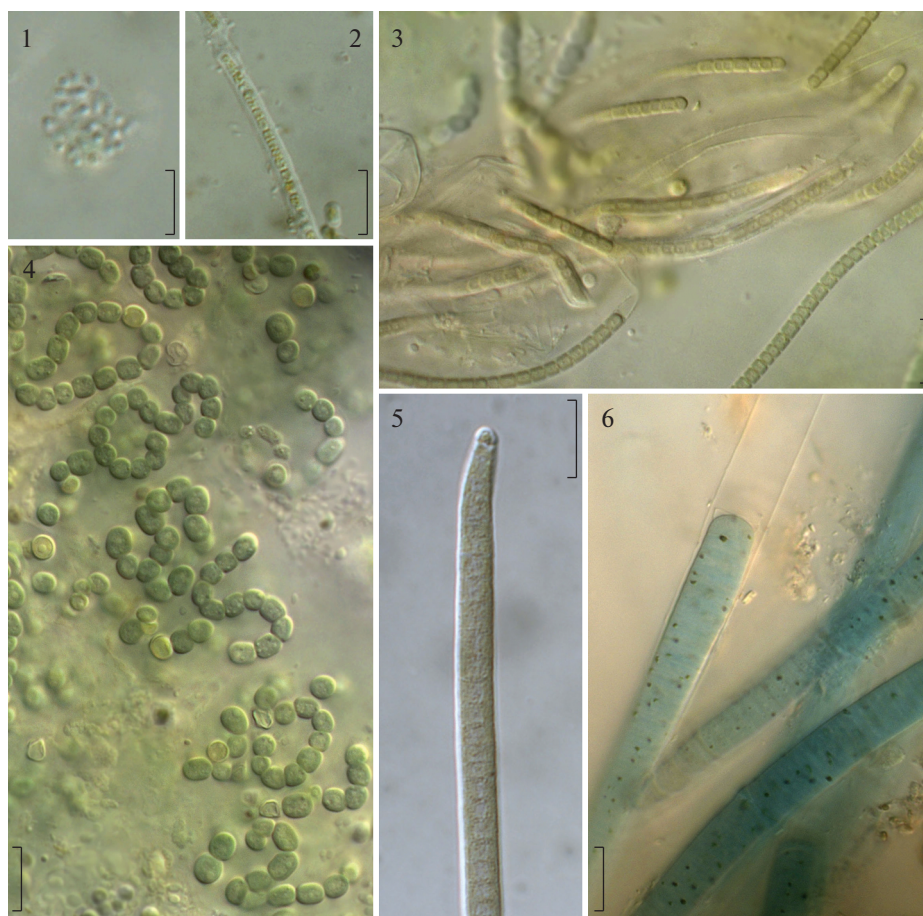
Пробы обработаны в лаборатории альгологии БИН РАН в 2018–2019 гг. на световом микроскопе типа Nf фирмы Carl Zeiss Jena при увеличении в  $\times 40$  и  $\times 100$  (иммерсия), микрофотографии выполнены на микроскопе Carl Zeiss AxioImager.A1. Используемые питательные среды, методы выделения монокультур, условия выращивания подробно описаны в ряде публикаций (Andreeva et al., 1983, Andreeva, 2011). Определение таксономической принадлежности водорослей проведено в 6 накопительных культурах и 39 монокультурах при регулярных просмотрах через 7–14 дней. Идентификация с использованием монокультур была применена, главным образом, для одноклеточных зеленых микроводорослей, поскольку их определение до вида требует наблюдений за их жизненным циклом.



**Рис. 1.** Оазис Холмы Ларсеманн на карте Антарктиды.  
**Fig. 1.** Larsemann Hills Oasis on the map of Antarctica.



**Рис. 2.** Типичный ландшафт оазиса Холмы Ларсеманн.  
**Fig. 2.** Typical landscape of the Larsemann Hills Oasis.



**Рис. 3.** Цианопрокариоты.

1 – *Aphanocapsa muscicola*; 2 – *Leptolyngbya foveolara*; 3 – *Phormidesmis priestlyi*; 4 – *Nostoc commune*; 5 – *Microcoleus vulgaris*; 6 – *Lyngbya antarctica*. Масштабная линейка – 10 мкм.

**Fig. 3.** Cyanoprokaryota.

1 – *Aphanocapsa muscicola*; 2 – *Leptolyngbya foveolara*; 3 – *Phormidesmis priestlyi*; 4 – *Nostoc commune*; 5 – *Microcoleus vulgaris*; 6 – *Lyngbya antarctica*. Scale bar – 10 μm.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В представленном ниже списке обнаруженных водорослей и цианопрокариот таксоны Цианопрокариота приведены по системе J. Komárek с соавторами (Komárek et al., 2014). В отделах Chlorophyta и Ochrophyta классы и порядки представлены согласно сводке A. Ruggiero с соавторами (Ruggiero et al., 2015), семейства, роды и виды перечислены в алфавитном порядке. Номенклатурные комбинации проверялись по электронной базе данных – *Algaebase* (Guiry, Guiry, 2021). Для удобства пользования результатами настоящего исследования и сравнения с ранее опубликованными работами по Антарктиде в скобках приведены синонимы видов. Названия водорослей и цианопрокариот, фамилии авторов приведены по стандартам базы данных International Plant Names Index (IPNI). Номера проб, в которых встречены

водоросли и цианопрокариоты, указаны после их названий. Для всех видов указываются районы Антарктики, где они были обнаружены ранее и ссылки на работы, в которых опубликованы эти данные.

### Отдел CYANOPROKARYOTA

#### Класс CYANOPHYCEAE

#### Подкласс SYNECHOCOCCOPHYCIDAE

#### Пор. SYNECHOCOCCALES

#### Сем. Merismopediaceae

1. *Aphanocapsa muscicola* (Menegh.) Wille (*Microcystis muscicola* (Menegh.) Elenkin) – Проба № 6 (рис. 3.1).

Распространение: Южные Оркнейские о-ва, о-в Сигни (Broady, 1979); Земля Уилкса, о-ва

Уиндмилл (Ling, Seppelt, 1998); Земля королевы Мод (Singh et al., 2008); Антарктический п-ов, мыс Сьерва (Australian Antarctic Data Centre, 2016); Земля Мак-Робертсона, горы Принс-Чарльз, массив Клеменс (Chaplygina et al., 2017); Южные Шетландские о-ва, о-в Кинг-Джордж (Burdo et al., 2019).

Сем. Leptolyngbyaceae

2. *Leptolyngbya foveolarum* (Gomont) Anagn. et Komárek (*Phormidium foveolarum* Gomont) – Пробы № 1, 2, 4, 5 (рис. 3.2).

Распространение: Земля Эндерби, оазис Тала (Starmach, 1995); Земля Уилкса, о-ва Уиндмилл (Ling, Seppelt, 1998); Земля Виктории (Cavacini, 2001); Антарктический п-ов, мыс Сьерва (Mataloni et al., 2000, 2005; Izaguirre et al., 2001; Mataloni, Tell, 2002); Южные Шетландские о-ва, о-в Десепшен (Fermani et al., 2007); Южные Шетландские о-ва, о-в Ливингстон (Zidarova, 2008; González Garraga et al., 2011); Земля Мак-Робертсона, горы Принс-Чарльз, массив Клеменс (Chaplygina et al., 2017); Южные Шетландские о-ва, о-в Кинг-Джордж (Burdo et al., 2019).

3. *Phormidesmis priestleyi* (F.E. Fritsch) Komárek, Kaštovský, Ventura, Turicchia et J. Šmarda (*Phormidium priestleyi* F. E. Fritsch) – Проба № 5 (рис. 3.3).

Распространение: Антарктический п-ов, Южная Джорджия (Broady, 1979); Земля королевы Мод, окрестности ст. Сева (Higano, 1979); Земля принцессы Елизаветы, оазис Холмы Ларсеманн (Taton et al., 2006); Земля Виктории (Cavacini, 2001); Антарктический п-ов, мыс Сьерва (Mataloni, Tell, 2002); Земля Виктории, сухие долины Мак-Мердо (Taton et al., 2006).

Подкласс OSCILLATORIOPHYCIDAE

Пор. OSCILLATORIALES

Сем. Microcoleaceae

4. *Microcoleus vulgaris* Strunecký, Komárek et J.R. Johans. – Проба № 5 (рис. 3.5).

Распространение: Земля Мак-Робертсона, горы Принс-Чарльз, массив Клеменс (Chaplygina et al., 2017).

Сем. Oscillatoriaceae

5. *Lyngbya antarctica* Gain – Проба № 5 (рис. 3.6).

Распространение: Антарктический п-ов (Gain, 1911; Komárek, Anagnostidis, 2005); Земля Мак-Робертсона, горы Принс-Чарльз, массив Клеменс (Chaplygina et al., 2017).

Подкласс NOSTOCOPHYCIDAE

Пор. NOSTOCALES

Сем. Nostocaceae

6. *Nostoc commune* Vaucher ex Bornet et Flahault – Проба № 5 (рис. 3.4).

Распространение: Земля принцессы Елизаветы, оазис Вестфолль (Broady, 1986); о-в Росса (Broady, 1989); Южные Шетландские о-ва, о-в Кинг-Джордж (Vinocur, Pizarro, 2000); Земля Виктории (Cavacini, 2001); Земля королевы Мод (Singh et al., 2008); Земля Мак-Робертсона, горы Принс-Чарльз, массив Клеменс (Chaplygina et al., 2017).

Отдел CHLOROPHYTA

Класс CHLOROPHYCEAE

Пор. CHLAMYDOMONADALES

Сем. Actinochloridaceae

7. *Deasonia multinucleata* (Deason et Bold) Ettl et Komárek – Проба № 4.

Распространение: Земля Мак-Робертсона, горы Принс-Чарльз, массив Клеменс (Andreeva, Kurbatova, 2014; Chaplygina et al., 2017).

Сем. Tetracystaceae

8. *Heterotetracystis intermedia* E.R. Cox et Deason – Пробы № 1–6 (рис. 4.1).

Распространение: Южные Шетландские о-ва, о-в Кинг-Джордж, станция Беллинггаузен (Andreeva, 2011); Земля Эндерби, станция Молодежная (Andreeva, 2013); Земля Мак-Робертсона, горы Принс-Чарльз, массив Клеменс (Andreeva, Kurbatova, 2014; Chaplygina et al., 2017).

Пор. SPHAEROPLEALES

Сем. Bracteacoccaceae

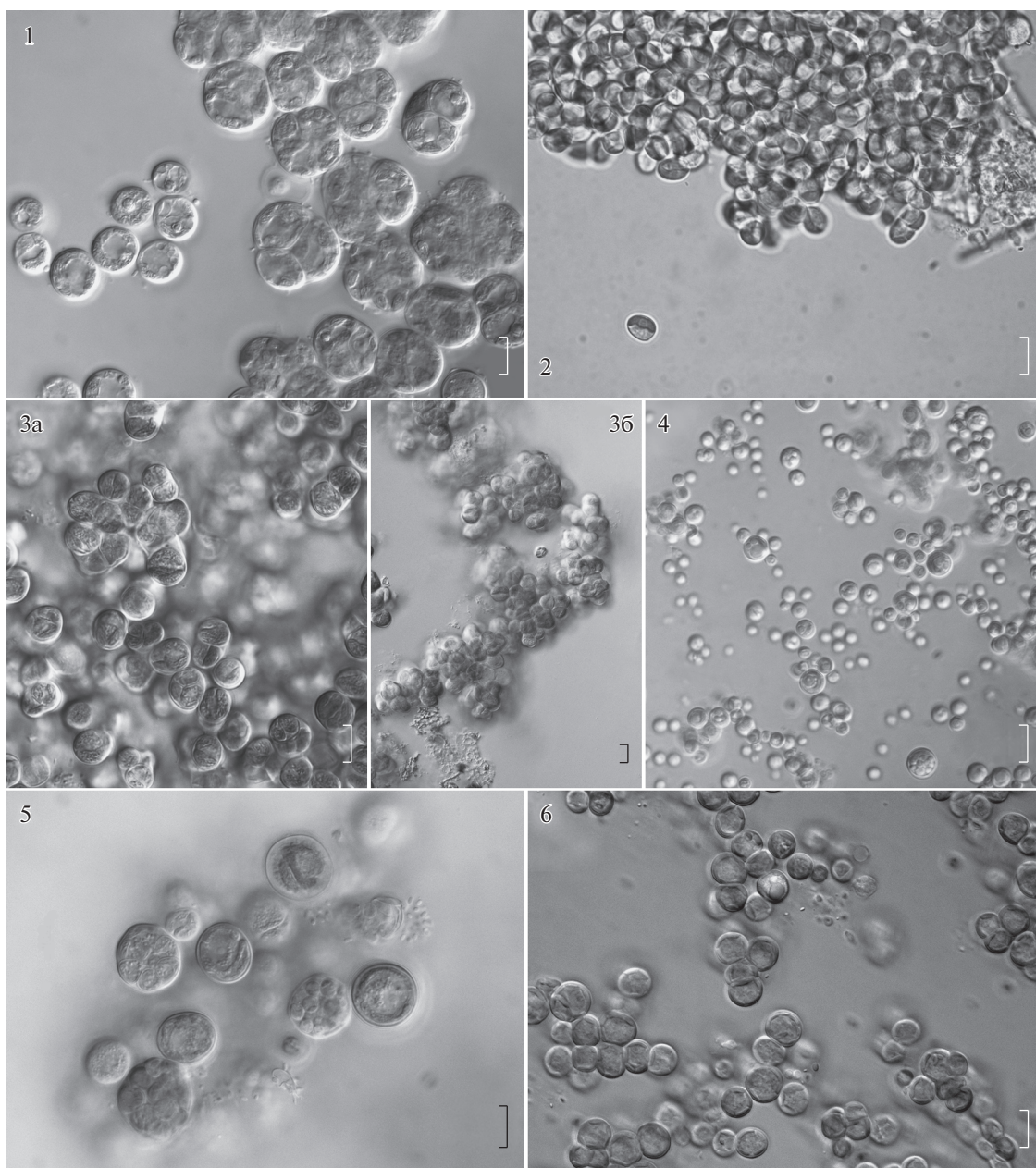
9. *Bracteacoccus pseudominor* H.W. Bischoff et Bold – Пробы № 2, 4.

Распространение: Земля королевы Мод, оазис Ширмахера, станция Новолазаревская (Andreeva, 2012); Земля Мак-Робертсона, горы Принс-Чарльз, массив Клеменс (Chaplygina et al., 2017).

Сем. Radiococcaceae

10. *Coenochloris oleifera* (Broady) Kostikov, Darienko, Lukešová et L. Hoff. (*Sphaerocystis oleifera* Broady, *Coenocystis oleifera* (Broady) Hindák) – Пробы № 1, 4 (рис. 4.2).

Распространение: Южные Оркнейские о-ва, о-в Сигни, (Broady, 1976); Земля принцессы Елизаветы, Земля Мак-Робертсона (Broady,



**Рис. 4.** Эукариотические водоросли.

1 – *Heterotetracystis intermedia*; 2 – *Coenochloris oleifera*; 3 – *Apatococcus lobatus*; 4 – *Schizochlamydeella minutissima*; 5 – *Myrmeclia bisecta*; 6 – *Heterococcus* cf. *viridis*. Масштабная линейка – 10 мкм.

**Fig. 4.** Eukaryotic algae.

1 – *Heterotetracystis intermedia*; 2 – *Coenochloris oleifera*; 3 – *Apatococcus lobatus*; 4 – *Schizochlamydeella minutissima*; 5 – *Myrmeclia bisecta*; 6 – *Heterococcus* cf. *viridis*. Scale bar – 10  $\mu$ m.

1982); о-в Росса, гора Эребус (Broady, 1984); Земля Виктории (Cavacini, 2001); Земля королевы Мод, оазис Ширмахера, станция Новолазаревская (Andreeva, 2012); Земля Эндерби, станция Молодежная (Andreeva, 2013); Земля Мак-Робертсона, горы Принс-Чарльз, массив Клеменс (Chaplygina et al., 2017).

Класс TREBOUXIOPHYCEAE

Пор. CHLORELLALES

Сем. Chlorellaceae

11. *Apatococcus lobatus* (Chodat) J.B. Petersen –  
Пробы № 1, 4 (рис. 4.3а, 3б)

Распространение: Земля Виктории (Cavacini, 2001).

12. *Dictyosphaerium chlorelloides* (Nauman) Komárek et Pergan – Проба № 4.

Распространение: Земля принцессы Елизаветы, Земля Мак-Робертсона (Broady, 1982); Земля принцессы Елизаветы, оазис Вестфолль (Broady, 1986); Земля принцессы Елизаветы, оазис Холмы Ларсеманн, станция Прогресс (Andreeva, Kurbatova, 2014).

#### Сем. Oocystaceae

13. *Pseudococcomyxa simplex* (Mainx) Fott (*Coccomyxa simplex* Mainx, *Pseudococcomyxa adhaerens* Korshikov) – Пробы № 1–6.

Распространение: Земля принцессы Елизаветы, Земля Мак-Робертсона (Broady, 1982); о-в Росса, гора Эребус (Broady, 1984); Земля принцессы Елизаветы, оазис Вестфолль (Broady, 1986); Антарктический п-ов, мыс Сьерва (Mataloni et al., 2000; Mataloni, Tell, 2002; González Garraza et al., 2011); Земля Виктории (Cavacini, 2001); Южные Шетландские о-ва, о-в Десепшен (Fermani et al., 2007); Южные Шетландские о-ва, о-в Ливингстон (Zidarova, 2008); Земля Мэри Бэрд, мыс Беркс, станция Русская; нунатак Ленинградский, станция Ленинградская (Andreeva, 2010); Южные Шетландские о-ва, о-в Кинг-Джордж, станция Беллингаузен (Vinocur, Pizarro, 2000; Andreeva, 2011); Земля королевы Мод, оазис Ширмахера, станция Новолазаревская (Andreeva, 2012); Земля Эндерби, станция Молодежная (Andreeva, 2013); Земля принцессы Елизаветы, оазис Холмы Ларсеманн, станция Прогресс; Земля Мак-Робертсона, горы Принс-Чарльз, массив Клеменс (Andreeva, Kurbatova, 2014; Chaplygina et al., 2017).

14. *Schizochlamydeella minutissima* Broady – Пробы № 1, 2, 4, 6 (рис. 4.4)

Распространение: Земля принцессы Елизаветы, Земля Мак-Робертсона (Broady, 1982); о-в Росса, гора Эребус (Broady, 1984); Земля принцессы Елизаветы, оазис Вестфолль (Broady, 1986); Южные Шетландские о-ва, о-в Кинг-Джордж, станция Беллингаузен (Andreeva, 2011); Земля королевы Мод, оазис Ширмахера, станция Новолазаревская (Andreeva, 2012); Земля Эндерби, станция Молодежная (Andreeva, 2013); Земля принцессы Елизаветы, оазис Холмы Ларсеманн, станция Прогресс; Земля Мак-Робертсона, горы Принс-Чарльз, массив Клеменс (Andreeva, Kurbatova, 2014; Chaplygina et al., 2017).

#### Пор. PRASIOLALES

##### Сем. Prasiolaceae

15. *Stichococcus bacillaris* Nägeli (= *Stichococcus nivalis* Chodat) – Пробы № 1, 2, 4, 5.

Распространение: о-в Хасуэлл (Kol, 1968); о-ва Баллени (Kol, Flint, 1968); Южные Оркнейские о-ва, о-в Сигни (Broady, 1979); Земля Уилкса, о-ва Уиндмилл (Ling, 1996); Антарктический п-ов, мыс Сьерва (Mataloni et al., 1998, 2000; González Garraza et al., 2011); Земля Виктории (Cavacini, 2001); Антарктический п-ов, бухта Надежды (Bonaventura et al., 2006); Южные Шетландские о-ва, о-в Десепшен (Fermani et al., 2007); Южные Шетландские о-ва, о-в Ливингстон (Zidarova, 2008); Земля Мак-Робертсона, горы Принс-Чарльз, массив Клеменс (Chaplygina et al., 2017).

#### Пор. TREBOUXIALES

##### Сем. Trebouxiaceae

16. *Myrmeclia bisecta* Reisigl – Пробы № 1–4 (рис. 4.5)

Распространение: Антарктический п-ов, Южная Джорджия (Broady, 1979); Земля Мэри Бэрд, мыс Беркс, станция Русская; нунатак Ленинградский, станция Ленинградская (Andreeva, 2010); Южные Шетландские о-ва, о-в Кинг-Джордж, станция Беллингаузен (Andreeva, 2011).

#### Отдел OCHROPHYTA

##### Класс XANTHOPHYCEAE

#### Пор. TRIBONEMATALES

##### Сем. Heteropodiaceae

17. *Heterococcus* cf. *viridis* Chodat – Пробы № 1, 3–6 (рис. 4.6).

По общему виду, размеру клеток, строению хлоропласта данная водоросль соответствует виду *Heterococcus viridis*, но ее не удалось выделить в монокультуру и проследить весь цикл развития, в том числе образование репродуктивных клеток. В связи с этим невозможна ее точная идентификация.

Распространение *Heterococcus viridis*: Южные Оркнейские о-ва, о-в Сигни (Ettl, Gärtner, 1995); Антарктический п-ов, мыс Сьерва (Mataloni, Tell, 2002); Земля Мак-Робертсона, горы Принс-Чарльз, массив Клеменс (Chaplygina et al., 2017).

В результате изучения альгофлоры грунтов оазиса Холмы Ларсеманн выявлено 17 видов из разных систематических групп: Cyanoprokaryota – 6; Chlorophyta – 10; Ochrophyta – 1.

Сравнение с данными литературы показывает, что выявленный состав сообществ микроводорослей характерен для грунтов антарктических местообитаний, но в целом альгофлора Антарктиды более разнообразна, и, кроме указанных выше групп водорослей, может включать также представителей диатомовых и десмидиевых. Отсутствие в нашем исследовании последних отчасти связано с составом используемой питатель-

**Таблица 1.** Встречаемость видов водорослей и циано-прокариот в пробах.  
**Table 1.** Occurrence of algae and cyanoprokaryotes species in the samples.

Виды Species	Пробы/Samples					
	1	2	3	4	5	6
Суанопрокариота						
<i>Aphanocapsa muscicola</i>						+
<i>Leptolyngbya foveolaria</i>	+	+		+	+	
<i>Phormidesmis priestlyi</i>					+	
<i>Microcoleus vulgaris</i>					+	
<i>Lynghya antarctica</i>					+	
<i>Nostoc commune</i>					+	
Chlorophyta						
<i>Deasonia multinucleata</i>				+		
<i>Heterotetracystis intermedia</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Bracteaococcus pseudominor</i>		+		+		
<i>Coenochloris oleifera</i>	+			+		
<i>Apatococcus lobatus</i>	+			+		
<i>Dictyosphaerium chlorelloides</i>				+		
<i>Pseudococcomyxa simplex</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Schizochlamydeella minutissima</i>	+	+		+		+
<i>Stichococcus bacillaris</i>	+	+		+	+	
<i>Myrmecia bisecta</i>	+	+	+	+		
Ochrophyta						
<i>Heterococcus</i> cf. <i>viridis</i>	+		+	+	+	+
Количество видов в пробе Number of species in the samples	9	7	4	12	9	5

ной среды, предназначенной для выделения представителей отделов Chlorophyta и Ochrophyta.

Наиболее разнообразно представлен отдел Chlorophyta – 10 видов, которые относятся к 2 классам, 5 порядкам, 8 семействам, 10 родам. Меньшее количество видов отмечено в группе Суанопрокариота – 6 видов, относящихся к 1 классу, 3 подклассам, 3 порядкам, 5 семействам, 6 родам. Из охрофитовых водорослей встречен только один вид, принадлежащий к классу желтозеленых водорослей (Xanthophyceae). При значительном представительстве таксонов выше ранга рода видовое разнообразие всех родов представлено 1 видом. Обнаруженные в изученном регионе виды водорослей и цианопрокариот ранее встречались в различных районах Антарктиды. Так вид *Pseudococcomyxa simplex* зафиксирован фактически на всех исследованных территориях Антарктики и, согласно данным Р. Broady (1987), относится к широко распространенным антарктическим водорослям. Во многих регионах Антарктиды также были найдены *Leptolyngbya foveolaria*, *Stichococcus*

*bacillaris*, *Schizochlamydeella minutissima*. Следует отметить, что из 7 зафиксированных ранее в районе станции Прогресс видов зеленых микроводорослей – эпифитов мхов (Andreeva, Kurbatova, 2014), 3 вида (*Dictyosphaerium chlorelloides*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Schizochlamydeella minutissima*) были выявлены нами в грунтах оазиса Холмы Ларсеманн. Это вполне закономерно, поскольку аэрофилы – обычные обитатели поверхности почв, грунтов и других наземных субстратов, в том числе мхов и лишайников.

Наиболее богатыми по разнообразию таксонов оказались грунты под водорослевой и мохово-лишайниковыми дернинами во влажных, защищенных от ветра и соответственно хорошо прогреваемых местообитаниях (табл. 1: пробы № 1, 2, 4). В этих биотопах выявлен весь спектр обнаруженных нами зеленых и желтозеленых водорослей и один часто встречающийся в Антарктике вид цианопрокариот – *Leptolyngbya foveolaria*. Зеленые водоросли *Deasonia multinucleata*, *Bracteaococcus pseudominor*, *Coenochloris oleifera*, *Dictyosphaerium chlorelloides* и *Apatococcus lobatus* были отмечены только в этих биотопах. Резкое увеличение видового разнообразия цианопрокариот (5 видов) отмечено в песчаном грунте под гнездом буревестника (табл. 1: проба № 5), что, видимо, связано с поступлением в почву значительного количества органики. При этом цианопрокариоты *Phormidesmis priestlyi*, *Microcoleus vulgaris*, *Lynghya antarctica* и *Nostoc commune* были выявлены только в данном местообитании. Зеленые и желтозеленые водоросли здесь были представлены набором широко распространенных и часто встречаемых в Антарктике видов. Не отличались видовым разнообразием сообщества водорослей грунтов высокогорной, скалистой, сильно продуваемой части оазиса (табл. 1: проба № 3–4 вида) и береговой зоны залива Нелла (табл. 1: проба № 6–5 видов). Они были представлены видами, которые обнаружены во всех или большинстве исследованных местообитаний (*Heterotetracystis intermedia*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Schizochlamydeella minutissima*, *Myrmecia bisecta*, *Heterococcus* cf. *viridis*). Вид *Aphanocapsa muscicola* (Суанопрокариота) был отмечен только во влажном грунте на берегу залива Нелла (табл. 1: проба № 6).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлены первые сведения о водорослях – обитателях грунтов оазиса Холмы Ларсеманн. Выявлено 17 видов, относящихся к группам Суанопрокариота, Chlorophyta, Ochrophyta. Обнаруженные виды водорослей и цианопрокариот ранее встречались в различных районах Антарктиды, что дает основание предполагать о достаточно



полной изученности ее почвенной альгофлоры, особенно прибрежных районов материка, где расположено большинство научных станций и где проведены основные альгологические исследования. Несмотря на неоднородность микроклиматических условий местообитаний, характерных для шестого континента, сообщества микроводорослей грунтов оазиса Холмы Ларсеманн не отличаются специфичностью. Основу сообществ изученных биотопов составляют широко распространенные и часто встречающиеся в Антарктике виды — *Pseudococcomyxa simplex*, *Stichococcus bacillaris*, *Schizochlamydeella minutissima*, *Leptolyngbya foveolaria*, а также виды, выявленные лишь в нескольких районах материка — *Heterotetracystis intermedia*, *Myrmecia bisecta*, *Heterococcus* cf. *viridis*. Наибольшее видовое разнообразие представлено в сообществах грунтов межсопочных долин — областей максимального развития антарктической биоты и, соответственно, максимального биоразнообразия.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность за собранный материал М.П. Андрееву (БИН РАН).

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН по теме: “Флора и систематика водорослей, лишайников и мохообразных России и фитогеографически важных регионов мира” (№ 121021600184-6), на оборудовании ЦКП “Клеточные и молекулярные технологии изучения растений и грибов” Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [Abramov et al.] Абрамов А.А., Слеттен Р.С., Ривкина Е.М., Миронов В.А., Гиличинский Д.А. 2011. Геокриологические условия Антарктиды. — Криосфера земли. 15 (3): 3–19.
- Andreev M., Andersen D., Kurbatova L., Smirnova S., Chaplygina O. 2020. Lichens, bryophytes and terrestrial algae of the Lake Untersee Oasis (Wohlthat Massiv, Dronning Maud Land, Antarctica). — Czech Polar Reports. 10 (2): 203–225.  
<https://doi.org/10.5817/cpr2020-2-16>
- [Andreeva] Андреева В.М. 2010. Неподвижные зеленые микроводоросли (Chlorophyta) в грунтах станций Ленинградская и Русская (Антарктида). — Новости сист. низш. раст. 44: 3–10.  
<https://doi.org/10.31111/nsnr/2010.44.3>
- [Andreeva] Андреева В.М. 2011. Неподвижные зеленые микроводоросли (Chlorophyta) из грунтов станции Беллинсгаузен (остров Кинг-Джордж, Южные Шетландские острова, Антарктика). — Новости сист. низш. раст. 45: 3–16.  
<https://doi.org/10.31111/nsnr/2011.45.3>
- [Andreeva] Андреева В.М. 2012. Неподвижные зеленые микроводоросли (Chlorophyta) из грунтов оазиса Ширмахера (окрестности станции Новолазаревская, Земля Королевы Мод, Антарктида). — Новости сист. низш. раст. 46: 4–17.  
<https://doi.org/10.31111/nsnr/2012.46.4>
- [Andreeva] Андреева В.М. 2013. Неподвижные зеленые микроводоросли (Chlorophyta) из грунтов станции Молодежная (Антарктика). — Новости сист. низш. раст. 47: 3–12.  
<https://doi.org/10.31111/nsnr/2013.47.3>
- [Andreeva, Kurbatova] Андреева В.М., Курбатова Л.Е. 2014. Почвенные и аэрофильные неподвижные зеленые микроводоросли (Chlorophyta) из районов работ Российской антарктической экспедиции. — Новости сист. низш. раст. 48: 12–26.  
<https://doi.org/10.31111/nsnr/2014.48.12>
- [Andreeva et al.] Андреева В.М., Слобникова Н.В., Чаплыгина О.Я. 1983. О почвенных водорослях Оренбургской области. — Новости сист. низш. раст. 20: 3–10.
- Australian Antarctic Data Centre. Biodiversity database. Gabriela Mataloni on 18-Jun-2004© Commonwealth of Australia 2016. [https://data.aad.gov.au/aadc/biodiversity/taxon\\_profile.cfm?taxon\\_id=114877](https://data.aad.gov.au/aadc/biodiversity/taxon_profile.cfm?taxon_id=114877)
- Bölter M., Beyer L., Stonehouse B. 2002. Antarctic coastal landscapes: characteristics, ecology and research. — In: Beyer L., Bölter M. (eds) Geocology of Antarctic Ice-Free Coastal Landscapes Ecological Studies 154. Springer, Heidelberg. P. 3–15.
- Bonaventura S.M., Vinocur A., Allende L., Pizarro H. 2006. Algal structure of the littoral epilithon in lentic water bodies at Hope Bay, Antarctic Peninsula. — Polar Biol. 29 (8): 668–680.  
<https://doi.org/10.1007/s00300-005-0104-3>
- Broady P.A. 1976. Six new species of terrestrial algae from Signy Island, South Orkney Islands, Antarctica. — Brit. Phycol. J.: 387–405.  
<https://doi.org/10.1080/00071617600650451>
- Broady P.A. 1979. Terrestrial algae of Signy Island, South Orkney Islands. — Sci. Rep. Brit. Antarct. Surv. 98: 1–117.
- Broady P.A. 1982. New record of chlorophycean microalgae cultured from antarctic terrestrial habitats. — Nova Hedwigia. 36 (2–4): 445–484.
- Broady P.A. 1984. Taxonomic and ecological investigation of algae on stream-warmed soil on Mt. Erebus, Ross Island, Antarctica. — Phycologia. 23 (3): 257–271.  
<https://doi.org/10.2216/i0031-8884-23-3-257.1>
- Broady P.A. 1986. Ecology and taxonomy of the terrestrial algae of the Vestfold Hills. — In Antarctic oasis. Sydney. P. 165–202.
- Broady P.A. 1987. The morphology, distribution and ecology of *Pseudococcomyxa simplex* (Mainx) Fott (Chlorophyta, Chlorophyceae), a widespread terrestrial Antarctic alga. — Polar Biol. 7 (1): 25–30.  
<https://doi.org/10.1007/BF00286820>
- Broady P.A. 1989. Broad-scale patterns in the distribution of aquatic and terrestrial vegetation at three ice-free re-

- gions on Ross Island, Antarctica. — *Hydrobiologia*. 172 (1): 77–95.  
<https://doi.org/10.1007/BF00031614>
- Broady P.A. 1996. Diversity, distribution and dispersal of Antarctic terrestrial algae. — *Biodivers. Conversat.* 5 (11): 1307–1335.  
<https://doi.org/10.1007/BF00051981>
- Burdo A., Nikitina V., Abakumov E. 2019. Algae of terrestrial biotopes near the Russian Antarctic scientific station Bellingshausen, King George Island. — *Bio Comm.* 64 (3): 189–200.  
<https://doi.org/10.21638/spbu03.2019.303>
- Cavacini P. 2001. Soil algae from northern Victoria Land (Antarctica). — *Polar Biosci.* 14: 45–60.
- [Chaplygina et al.] Чаплыгина О.Я., Смирнова С.В., Балашова Н.Б. 2017. Водоросли и цианопрокариоты из грунтов массива Клеменс (горы Принс-Чарльз, Антарктида). — *Бот. журн.* 102 (4): 477–493.  
<https://doi.org/10.1134/S0006813617040032>
- Ettl H., Gärtner G. 1995. *Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen*. Stuttgart. 721 p.
- Fermani P., Mataloni G., Van de Vijver B. 2007. Soil microalgae communities on an Antarctic active volcano (Deception Island, South Shetlands). — *Polar Biol.* 30 (11): 1381–1393. <https://doi.org/10.1007/s00300-007-0299-6>
- Hirano M. 1979. Freshwater algae from Yukidori Zawa, near Syowa Station, Antarctica. — *Memories of the National Institute of Polar Research. Special Issu.* 11: 1–25.
- Gain L. 1911. Note sur trois espèces nouvelles d'algues marines provenant de la région antarctique sud-américaine. — *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*. 17: 482–484.
- González Garraza G., Mataloni G., Fermani P., Vinocur A. 2011. Ecology of algal communities of different soil types from Cierva Point, Antarctic Peninsula. — *Polar Biol.* 34 (3): 339–351.  
<https://doi.org/10.1007/s00300-010-0887-8>
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2021. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (Accessed 18.05.2021)
- Izaguirre I., Mataloni G., Allende L., Vinocur A. 2001. Summer fluctuations of microbial planktonic communities in a eutrophic lake — Cierva Point, Antarctica. — *J. Plankt. Res.* 23 (10): 1095–1109.  
<https://doi.org/10.1093/plankt/23.10.1095>
- Kol E. 1968. Algae from the Antarctica. — *Ann. Hist.-Nat. Mus. Natl. Hung.* 60: 71–76.
- Kol E., Flint E.A. 1968. Algae in green ice from Balleny islands, Antarctica. — *N. Z. J. Bot.* 6 (3): 249–261.  
<https://doi.org/10.1080/0028825X.1968.10428810>
- Komárek J., Anagnostidis K. 2005. *Cyanoprokaryota. 2. Oscillatoriales*. Süßwasserflora von Mitteleuropa. 19 (2). München. 759 p.
- Komárek J., Káštovský J., Mareš J., Johansen J.R. 2014. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacteria genera) 2014, using a polyphasic approach. — *Preslia*. 86 (4): 295–335.
- Ling H.U. 1996. Snow algae Windmill of the Island region, Antarctica. — *Hydrobiologia*. 336 (1): 99–106.  
<https://doi.org/10.1007/BF00010823>
- Ling H.U., Seppelt R.D. 1998. Non-marine algae and cyanobacteria of the Windmill Islands region, Antarctica, with descriptions of two new species. — *Archiv für Hydrobiologie Supplement* 124, *Algological Studies* 89: 49–62.  
[https://doi.org/10.1127/algol\\_stud/89/1998/49](https://doi.org/10.1127/algol_stud/89/1998/49)
- Mataloni G., Tell G. 2002. Microalgal communities from ornithogenic soils at Cierva Point, Antarctic Peninsula. — *Polar Biol.* 25 (7): 488–491.  
<https://doi.org/10.1007/s00300-002-0369-8>
- Mataloni G., Tell G., Wynn-Williams D.D. 2000. Structure and diversity of soil algal communities from Cierva Point (Antarctic Peninsula). — *Polar Biol.* 23 (3): 205–211.  
<https://doi.org/10.1007/s003000050028>
- Mataloni G., Tesolín G., Tell G. 1998. Characterization of a small eutrophic Antarctic lake (Otero Lake, Cierva Point) on the basis of algal assemblages and water chemistry. — *Polar Biol.* 19 (2): 107–114.  
<https://doi.org/10.1007/s003000050221>
- Mataloni G., Vinocur A., de Tezanos Pinto P. 2005. Abiotic characterization and epilithic communities of a naturally enriched stream at Cierva Point, Antarctic Peninsula. — *Antarct. Sci.* 17 (2): 163–170.  
<https://doi.org/10.1017/S0954102005002579>
- Ruggiero M.A., Gordon D.P., Orrell T.M., Bailly N., Bourgoin T., Brusca R.C., Cavalier-Smith T., Michael D., Guiry M.D., Kirk P.M. 2015. A higher level classification of all living organisms. — *PLoS ONE*. 10 (4): 1–60.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119248>
- Singh S.M., Singh P., Thajuddin N. 2008. Biodiversity and distribution of cyanobacteria at Dronning Maud Land, East Antarctica. — *Acta Bot. Malac.* 33: 17–28.  
<https://doi.org/10.24310/abm.v33i0.6964>
- Starmach K. 1995. Freshwater algae of the Thala Hills oasis (Enderby Land, East Antarctica). — *Polish Polar Research*. 16 (3/4): 113–148.  
<https://doi.org/10.4467/2543702XSHS.17.007.7708>
- Taton A., Grubisic S., Ertz D., Hodgson D.A., Piccardi R., Biondi N., Tredici M.R., Mainini M., Losi D., Marinelli F., Wilmotte A. 2006. Polyphasic study of Antarctic cyanobacterial strains. — *J. Phycol.* 42: 1257–1270.  
<https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2006.00278/x>
- Vinocur A., Pizarro H. 2000. Microbial mats of twenty-six lakes from Potter Peninsula, King George Island, Antarctica. — *Hydrobiologia*. 437 (1): 171–185.  
<https://doi.org/10.1023/A:1026511125146>
- Zidarova R.P. 2008. Algae from Livingston Island (S. Shetland Islands): a checklist. — *Phytologia Balcanica*. 14 (1): 19–35.

# ALGAE AND CYANOPROKARYOTES FROM THE SOILS OF THE LARSEMANN HILLS OASIS (PROGRESS STATION, ANTARCTICA)

O. Ya. Chaplygina<sup>a, #</sup>, S. V. Smirnova<sup>a, ##</sup>, and N. B. Balashova<sup>b, ###</sup>

<sup>a</sup> Komarov Botanical Institute RAS

Prof. Popova Str., 2, St. Petersburg, 197376, Russia

<sup>b</sup> Saint Petersburg State University

Universitetskaya Emb., 7/9, St. Petersburg, 199034, Russia

<sup>#</sup> e-mail: chaplygina@binran.ru,

<sup>##</sup> e-mail: SSmirnova@binran.ru

<sup>###</sup> e-mail: balanataliya@yandex.ru

Information on the cyanoprokaryotes and eukaryotic algae inhabiting the grounds of the Larsemann Hills oasis in the area of the Russian station Progress is presented for the first time. The Larsemann Hills Oasis is located on the southeast coast of Prydz Bay (Ingrid Christensen Shore, Princess Elizabeth Land, East Antarctica). The oasis covers an area of 40 km<sup>2</sup>. The territory is composed of rocky outcrops of volcanic and sedimentary rocks of various ages with heights from 60 to 150 m a. s. l. and valleys with steep slopes. Culture methods revealed 17 species of three divisions: Chlorophyta – 10, Cyanoprokaryota – 6, Ochrophyta – 1. For all the species, the regions of Antarctica are listed where they were found earlier. The studied communities include widespread species (*Pseudococcomyxa simplex*, *Stichococcus bacillaris*) and those frequently occurring (*Leptolyngbya foveolaria*, *Schizochlamydeella minutissima*) in the Antarctic region, as well as the species identified only in a few regions of the continent (*Heterotetracystis intermedia*, *Myrmecia bisecta*, *Heterococcus cf. viridis*). The composition of the microalgae communities is typical of the Antarctic soils. The richest in the number and diversity of taxa are the soils under algal and moss-lichen sods in humid, wind-protected and, consequently, well-warmed habitats.

**Keywords:** Cyanoprokaryota, Chlorophyta, Ochrophyta, soils, Larsemann Hills Oasis, Antarctica

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to M.P. Andreyev (BIN RAS) for collecting the materials.

The work was carried out within the framework of the state assignment in accordance with the thematic plan of the Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences “Flora and systematics of algae, lichens and mosses of Russia and phytogeographically important regions of the World” (No. 121021600184-6). The microphotographs were taken using equipment of the Core Facility Center “Cell and Molecular Technologies in Plant Science” at the Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Science.

## REFERENCES

- Abramov A.A., Sletten R.S., Rivkin E.M., Mironov V.A., Gilichinski D.A. 2011. Geocryological conditions of Antarctica. – *Earth Cryosphere*: 15 (3): 3–19 (In Russ.).
- Andreev M., Andersen D., Kurbatova L., Smirnova S., Chaplygina O. 2020. Lichens, bryophytes and terrestrial algae of the Lake Untersee Oasis (Wohlthat Massiv, Dronning Maud Land, Antarctica). – *Czech Polar Reports*. 10 (2): 203–225. <https://doi.org/10.5817/cpr2020-2-16>
- Andreeva V.M. 2010. Nonmotile green microalgae (Chlorophyta) in soils of the Leningradskaya and Russkaya stations (Antarctica). – *Novosti Sistematiki Nizshikh Rastenii*. 44: 3–10 (In Russ.). <https://doi.org/10.31111/nsnr/2010.44.3>
- Andreeva V.M. 2011. Nonmotile green microalgae (Chlorophyta) in soils of Bellinshausen station (King George island, South Shetland islands, Antarctic). – *Novosti Sistematiki Nizshikh Rastenii*. 45: 3–16 (In Russ.). <https://doi.org/10.31111/nsnr/2011.45.3>
- Andreeva V.M. 2012. Nonmotile green microalgae (Chlorophyta) in soils of Schirmacher oasis (environs of Novolazarevskaya station, Dronning Maud Land, Antarctica). – *Novosti Sistematiki Nizshikh Rastenii*. 46: 4–17 (In Russ.). <https://doi.org/10.31111/nsnr/2012.46.4>
- Andreeva V. M. 2013. Nonmotile green microalgae (Chlorophyta) in soils of Molodyozhnaya station (Antarctic). – *Novosti Sistematiki Nizshikh Rastenii*. 47: 3–12 (In Russ.). <https://doi.org/10.31111/nsnr/2013.47.3>
- Andreeva V.M., Kurbatova L.E. 2014. Terrestrial and aerophilic nonmotile green microalgae (Chlorophyta) from regions of investigation of Russian Antarctic expedition. – *Novosti Sistematiki Nizshikh Rastenii*. 48: 12–26 (In Russ.). <https://doi.org/10.31111/nsnr/2014.48.12>
- Andreeva V.M., Sdobnikova N.V., Chaplygina O.Ya. 1983. Soil algae of Orenburg region. – *Novosti Sistematiki Nizshikh Rastenii*. 20: 3–10 (In Russ.).
- Australian Antarctic Data Centre. Biodiversity database. Gabriela Mataloni on 18-Jun-2004© Commonwealth of Australia 2016. [https://data.aad.gov.au/aadc/biodiversity/taxon\\_profile.cfm?taxon\\_id=114877](https://data.aad.gov.au/aadc/biodiversity/taxon_profile.cfm?taxon_id=114877)
- Bölter M., Beyer L., Stonehouse B. 2002. Antarctic coastal landscapes: characteristics, ecology and research. – In: Beyer L., Bölter M. (eds) *Geocology of Antarctic Ice-Free Coastal Landscapes*. Ecological Studies 154. Springer, Heidelberg. P. 3–15.
- Bonaventura S.M., Vinocur A., Allende L., Pizarro H. 2006. Algal structure of the littoral epilithon in lentic water bodies at Hope Bay, Antarctic Peninsula. – *Polar Biol*. 29 (8): 668–680. <https://doi.org/10.1007/s00300-005-0104-3>

- Broady P.A. 1976. Six new species of terrestrial algae from Signy Island, South Orkney Islands, Antarctica. — *Brit. Phycol. J.* 11 (4): 387–405.  
<https://doi.org/10.1080/00071617600650451>
- Broady P.A. 1979. Terrestrial algae of Signy Island, South Orkney Islands. — *Sci. Rep. Brit. Antarc. Surv.* 98: 1–117.
- Broady P.A. 1982. New record of chlorophycean micro-algae cultured from antarctic terrestrial habitats. — *Nova Hedwigia.* 36 (2–4): 445–484.
- Broady P.A. 1984. Taxonomic and ecological investigation of algae on stream-warmed soil on Mt. Erebus, Ross Island, Antarctica. — *Phycologia.* 23 (3): 257–271.  
<https://doi.org/10.2216/i0031-8884-23-3-257.1>
- Broady P.A. 1986. Ecology and taxonomy of the terrestrial algae of the Vestfold Hills. — *In Antarctic oasis.* Sydney. P. 165–202.
- Broady P.A. 1987. The morphology, distribution and ecology of *Pseudococcomyxa simple* (Mainx) Fott (Chlorophyta, Chlorophyceae), a widespread terrestrial Antarctic alga. — *Polar Biol.* 7 (1): 25–30.  
<https://doi.org/10.1007/BF00286820>
- Broady P.A. 1989. Broad-scale patterns in the distribution of aquatic and terrestrial vegetation at three ice-free regions on Ross Island, Antarctica. — *Hydrobiologia.* 172 (1): 77–95. <https://doi.org/10.1007/BF00031614>
- Broady P.A. 1996. Diversity, distribution and dispersal of Antarctic terrestrial algae. — *Biodivers. Conversat.* 5 (11): 1307–1335.  
<https://doi.org/10.1007/BF00051981>
- Burdo A., Nikitina V., Abakumov E. 2019. Algae of terrestrial biotopes near the Russian Antarctic scientific station Bellingshausen, King George Island. — *Bio Comm.* 64 (3): 189–200.  
<https://doi.org/10.21638/spbu03.2019.303>
- Cavacini P. 2001. Soil algae from northern Victoria Land (Antarctica). — *Polar Biosci.* 14: 45–60.
- Chaplygina O.Ya., Smirnova S.V., Balashova N.B. 2017. Algae and Cyanoprokaryota in soil of massiv Clemens (prince Charles mountains, antarctic continent). — *Bot. Zhurn.* 102 (4): 477–493 (In Russ).  
<https://doi.org/10.1134/S0006813617040032>
- Ettl H., Gärtner G. 1995. *Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen.* Stuttgart. 721 p.
- Fermani P., Mataloni G., Van de Vijver B. 2007. Soil microalgal communities on an Antarctic active volcano (Deception Island, South Shetlands). — *Polar Biol.* 30 (11): 1381–1393. <https://doi.org/10.1007/s00300-007-0299-6>
- Hirano M. 1979. Freshwater algae from Yukidori Zawa, near Syowa Station, Antarctica. — *Memories of the National Institute of Polar Research, Special Issue.* 11: 1–25.
- Gain L. 1911. Note sur trois espèces nouvelles d'algues marines provenant de la région antarctique sud-américaine. — *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle.* 17: 482–484.
- González Garraza G., Mataloni G., Fermani P., Vinocur A. 2011. Ecology of algal communities of different soil types from Cierva Point, Antarctic Peninsula. — *Polar Biol.* 34 (3): 339–351.  
<https://doi.org/10.1007/s00300-010-0887-8>
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2021. *AlgaeBase.* World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (Accessed 18.05.2021)
- Izaguirre I., Mataloni G., Allende L., Vinocur A. 2001. Summer fluctuations of microbial planktonic communities in a eutrophic lake — Cierva Point, Antarctica. — *J. Plankt. Res.* 23 (10): 1095–1109.  
<https://doi.org/10.1093/plankt/23.10.1095>
- Kol E. 1968. Algae from the Antarctica. — *Ann. Hist.-Nat. Mus. Natl. Hung.* 60: 71–76.
- Kol E., Flint E.A. 1968. Algae in green ice from Balleny islands, Antarctica. — *N. Z. J. Bot.* 6 (3): 249–261.  
<https://doi.org/10.1080/0028825X.1968.10428810>
- Komárek J., Anagnostidis K. 2005. *Cyanoprokaryota. 2. Oscillatoriales.* Süßwasserflora von Mitteleuropa. 19 (2). München. 759 p.
- Komárek J., Káštovský J., Mareš J., Johansen J.R. 2014. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacteria genera) 2014, using a polyphasic approach. — *Preslia.* 86 (4): 295–335.
- Ling H.U. 1996. Snow algae of the Windmill Island region, Antarctica. — *Hydrobiologia.* 336 (1): 99–106.  
<https://doi.org/10.1007/BF00010823>
- Ling H.U., Seppelt R.D. 1998. Non-marine algae and cyanobacteria of the Windmill Islands region, Antarctica, with descriptions of two new species. — *Archiv für Hydrobiologie Supplement* 124, *Algological Studies* 89: 49–62. [https://doi.org/10.1127/algol\\_stud/89/1998/49](https://doi.org/10.1127/algol_stud/89/1998/49)
- Mataloni G., Tell G. 2002. Microalgal communities from ornithogenic soils at Cierva Point, Antarctic Peninsula. — *Polar Biol.* 25 (7): 488–491.  
<https://doi.org/10.1007/s00300-002-0369-8>
- Mataloni G., Tell G., Wynn-Williams D.D. 2000. Structure and diversity of soil algal communities from Cierva Point (Antarctic Peninsula). — *Polar Biol.* 23 (3): 205–211. <https://doi.org/10.1007/s003000050028>
- Mataloni G., Tesolín G., Tell G. 1998. Characterization of a small eutrophic Antarctic lake (Otero Lake, Cierva Point) on the basis of algal assemblages and water chemistry. — *Polar Biol.* 19 (2): 107–114.  
<https://doi.org/10.1007/s003000050221>
- Mataloni G., Vinocur A., de Tezanos Pinto P. 2005. Abiotic characterization and epilithic communities of a naturally enriched stream at Cierva Point, Antarctic Peninsula. — *Antarct. Sci.* 17 (2): 163–170.  
<https://doi.org/10.1017/S0954102005002579>
- Ruggiero M.A., Gordon D.P., Orrell T.M., Bailly N., Bourgoin T., Brusca R.C., Cavalier-Smith T., Michael D., Guiry M.D., Kirk P.M. 2015. A higher level classification of all living organisms. — *PLoS ONE.* 10 (4): 1–60.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119248>
- Singh S.M., Singh P., Thajuddin N. 2008. Biodiversity and distribution of cyanobacteria at Dronning Maud Land, East Antarctica. — *Acta Bot. Malac.* 33: 17–28.  
<https://doi.org/10.24310/abm.v33i0.6964>
- Starmach K. 1995. Freshwater algae of the Thala Hills oasis (Enderby Land, East Antarctic). — *Polish Polar Research* 16 (3/4): 113–148.  
<https://doi.org/10.4467/2543702XSHS.17.007.7708>
- Taton A., Grubisic S., Ertz D., Hodgson D.A., Piccardi R., Biondi N., Tredici M.R., Mainini M., Losi D., Marinelli F., Willemotte A. 2006. Polyphasic study of Antarctic cyanobacterial strains. — *J. Phycol.* 42: 1257–1270.  
<https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2006.00278/x>
- Vinocur A., Pizarro H. 2000. Microbial mats of twenty-six lakes from Potter Peninsula, King George Island, Antarctica. — *Hydrobiologia.* 437 (1): 171–185.  
<https://doi.org/10.1023/A:1026511125146>
- Zidarova R.P. 2008. Algae from Livingston Island (S. Shetland Islands): a checklist. — *Phytologia Balcanica.* 14 (1): 19–35.