

Оценки содержания метана (и органического вещества) обычно пугают неподготовленного читателя большим количеством нулей, вместе с тем к ним нужно относиться критически. Не вдаваясь в дискуссию, по данным прямых определений концентрации метана и органического вещества в мерзлых породах Восточного сектора Арктики, можно сказать, что метана в верхних 25 метрах отложений здесь содержится от нуля до 40 мг/кг грунта, а содержание органического углерода составляет 0,6–2,1 % (усредненный вес для территории Яно-Колымской низменности 14,3 кг/м³). Важной особенностью является отсутствие метана в отложениях ледового комплекса, залегающих с поверхности на значительной части территории. Таким образом, даже при значительном увеличении оттаивания резкого выброса метана из мерзлых пород ожидать не приходится, высокие же концентрации метана в некоторых озерах и в шельфовой зоне связаны с разгрузкой глубинного метана по разрывным нарушениям.

В исследованиях жизнеспособных сообществ многолетнемерзлых пород основные усилия сейчас направлены на криопеги и представителей амёб. Криопеги (области концентрации минерализованных рассолов с отрицательной температурой) интересны тем, что это среда, где при отрицательных температурах присутствуют значимые количества жидкой

воды (правда, весьма соленой). Из обнаруженных в криопегах бактерий был выделен ряд ферментов, которые могут быть полезны в промышленности — получен патент, возможно внедрение.

Амёбы из многолетнемерзлых отложений необычны тем, что в них могут проживать гигантские вирусы (опасные, к счастью, только для бактерий из теплых мест обитания). Обнаружение этой разновидности вирусов заполняет пробелы в эволюционной цепочке и приближает исследователей к нахождению предка всех живых организмов на Земле.

В перспективе хотелось бы видеть геокриологические параметры в перечне показателей, мониторинг которых официально осуществляется структурами Росгидромета. Образцы мерзлых отложений Арктики и Антарктиды с жизнеспособными микроорганизмами ждут очередного полета на околоземную орбиту в рамках проекта «Бион». Продолжается и поиск самых древних мерзлых отложений на Земле. Планка постепенно опускается с 30–40 до 15 млн лет, но концепция нахождения конкретной точки для отбора образцов и, главное, методика прямого датирования возраста мерзлоты требуют доработки.

А. А. Абрамов (ИФХиБПП РАН, Пуццо)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФЛОРЫ ВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОПРОКАРИОТ В ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЕМАХ АНТАРКТИКИ В СЕЗОН 62-й РАЭ

Многочисленные советские и российские исследования флоры Антарктики были проведены на базе двух институтов — Ботанического института им. В.Л. Комарова (БИН) РАН и Института океанологии (ИО) РАН.

Сотрудниками лаборатории альгологии БИН РАН исследования водорослей Антарктики были начаты в 1957 году. Пробы мхов, лишайников и пресноводных водорослей были собраны М.М. Голлербахом в рамках сезонных работ 2-й Комплексной антарктической экспедиции в окрестностях станции Мирный. После этого в морях вокруг южного континента работали наши коллеги, специализирующиеся на солонowodной флоре. Пробами водорослей-макрофитов занимались Ю.Б. Околюков, Ю.Е. Петров, К.Л. Виноградова, морской зообентос изучал В.А. Николаев. На основании собственных сборов и сборов коллег из Зоологического института (ЗИН) РАН с 2006 года морские микроскопические водоросли исследует Р.М. Гогорев. Благодаря коллегам, с 2009 года привозившим из антарктических экспедиций пробы почв, В.М. Андреевой опубликован ряд статей по почвенным водорослям. Позднее к обработке почвенных образцов присоединились О.Я. Чаплыгина, С.В. Смирнова и сотрудница кафедры ботаники СПбГУ Н.Б. Балашова. Р.Н. Беляковой в середине 1980-х годов опубликовано две статьи, посвященные морским и пресноводным цианопрокариотам (сине-зеленым водорослям) острова Кинг Джордж. В сезон 61-й РАЭ (в 2016 году) было положено начало систематическому сбору и изучению пресноводных водорослей и цианопрокариот сотрудниками БИН РАН. Пробы для сотрудников лаборатории собирала Т.В. Сафронова в районе станции Прогресс.

В рамках сезонных работ 62-й РАЭ в 2017 году в пресноводных водоемах Антарктики были собраны пробы водорослей и цианопрокариот. В экспедиции на борту НЭС «Академик Федоров» нам, сотрудницам лаборатории альгологии Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН, удалось посетить

три антарктических оазиса: оазис Холмы Ларсеманн (ст. Прогресс), оазис Ширмахера (ст. Новолазаревская) и остров Кинг Джордж (ст. Беллинсгаузен). Целью работы являлось комплексное изучение водорослей и цианопрокариот в морских (прибрежная часть) и континентальных водоемах, а также в наземных экосистемах Антарктики.

Собранные пробы были предварительно просмотрены в световом микроскопе. В последующем для более точного определения видов планируется изучение собранных проб сотрудниками лаборатории альгологии БИН РАН, специализирующимися на изучении разных систематических групп. Золотистые водоросли, для определения которых необходимо исследование ультраструктуры, покровов клеток (чешуек, панциря, цист), будут изучены методами сканирующей и трансмиссионной электронной микроскопии. Часть проб была отдана специалистам кафедры микробиологии СПбГУ для выведения в культуру и определения последовательности ДНК. Проращивание и определение почвенных образцов будет проводиться в стерильном боксе в лаборатории альгологии БИН РАН.

На исследованных нами в этом году территориях уже были проведены научные работы зарубежными коллегами. В оазисе Холмы Ларсеманн английские альгологи изучали диатомовые водоросли, в работе австралийских коллег упоминаются диатомовые и десмидиевые водоросли. В оазисе Ширмахера по цианопрокариотам работали индийцы и международная группа, состоящая из российских, польских и немецких геологов, изучавшая диатомовые и десмидиевые водоросли в донных осадках озер. Наиболее изученная в альгологическом плане территория — Южные Шетландские острова, ряд серьезных работ, посвященных цианопрокариотам и некоторым группам эукариотических водорослей, опубликован чешскими альгологами. Несмотря на то, что изучение водорослей в этих районах уже проводилось, тут все еще остается простор для исследования. Для наиболее полного выявления видового



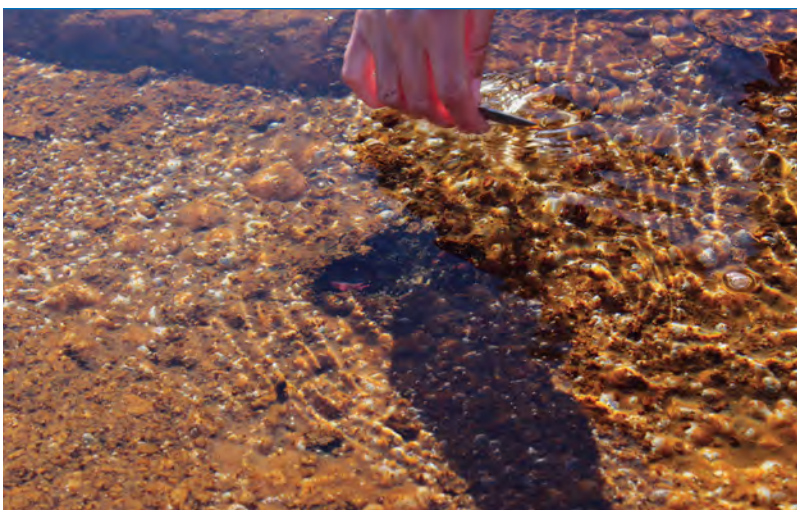
Оазис Холмы Ларсеманн.
Фото С.В. Смирновой.

го состава водорослей и цианобактерий необходимы плановые исследования, которые охватывают как большее число водоемов. Кроме того, для этой цели необходимо собирать пробы несколько раз в течение одного и того же сезона и повторять такие исследования на протяжении нескольких лет, так как видовой состав может значительно изменяться с течением времени и в зависимости от погодных условий.

Оазис Холмы Ларсеманн — это свободная от ледникового покрова территория площадью 40 км², расположенная на юго-восточном берегу залива Прюдс (Земля Принцессы Елизаветы, Восточная Антарктида). В состав этой территории входят два крупных полуострова: Брокнес и Сторнес. В оазисе Холмы Ларсеманн мы провели почти два месяца в разгар антарктического лета (с 5 января по 27 февраля 2017 года). Нами было собрано более 400 альгологических проб из более чем 150 пунктов. Всего было обследовано более 90 крупных и мелких озер, 11 ручьев и другие небольшие водоемы, отобраны пробы «цветущего» снега и льда. В семи наиболее близко расположенных озерах пробы были собраны по 3–4 раза за сезон с периодичностью раз в две недели для изучения сезонной динамики видового состава водорослей в этих водоемах в летний период.

Устойчивые плюсовые температуры и большое количество солнечного света в период полярного дня создают благоприятные условия для развития фотосинтезирующих организмов. На данной территории это небольшое количество мхов и лишайников, но основную массу составляют водоросли. Водоросли в широком смысле слова — систематически собранная группа фотосинтезирующих организмов, не имеющих разделения на ткани и органы. К ним, как к экологической группе первичных продуцентов, можно отнести и доядерные организмы — цианобактерии и множество эукариотических (содержащих клеточное ядро) групп водорослей. В данной местности они встречаются в основном в пресных водоемах и море, но еще их можно обнаружить на почве (под дерновинами мха), в трещинах камней и скал и на снегу. На дне пресных озер они образуют особые сообщества — водорослево-цианобактериальные маты. Основу мата составляют нитчатые ци-

Водорослево-цианобактериальные маты.
Фото А.В. Теплякова.



Сбор проб водорослей в озере.
Фото А.В. Теплякова.

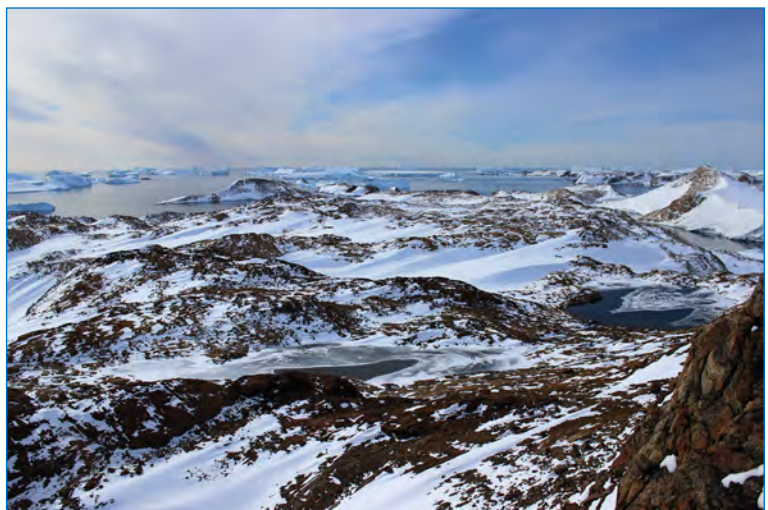
анобактерии, среди которых обычно встречаются одноклеточные цианобактерии, диатомовые и десмидиевые водоросли. В озерах Антарктиды, из-за уникальных природных и климатических особенностей этого материка, обитает особый тип таких сообществ, не встречающийся больше нигде на Земле.

Водоросли, как и другие живые организмы, подвержены влиянию человека. Особенно сильно такое влияние вблизи круглогодичных станций. Сообщества микроводорослей чувствительны к изменению состава воды в результате органических и химических загрязнений, поэтому необходимо бережно относиться к окружающей среде и соблюдать правила экологической безопасности. В удаленных от станций частях оазиса уровень антропогенной нагрузки на водные объекты невелик и несравним с мощным воздействием природных факторов.

Впервые российскими альгологами было проведено обследование труднодоступных водоемов полуострова Сторнес. Сбор уникальных альгологических проб в водоемах на полуострове Сторнес, который находится на удалении от станции Прогресс (около 15 км), позволил значительно расширить список водорослей региона и получить более полную информацию об альгофлоре оазиса Холмы Ларсеманн. Выполнение этих работ стало возможным благодаря помощи сотрудников зимовочного состава 62-й РАЭ станции Прогресс и начальника станции, которые дважды организовали для нас поход с использованием станционного транспорта в этот отдаленный и труднодоступный участок оазиса.

В жилом корпусе станции Прогресс отдельное помещение отведено под научную лабораторию, благодаря этому у нас было место, где мы могли сортировать пробы и просматривать их под микроскопом. Возможность собирать пробы на протяжении всего сезона и посещать отдаленные водоемы показала свою результативность уже при предварительном просмотре проб. Например, в статьях, посвященных альгофлоре Холмов Ларсеманн до сих пор мы встречали упоминание только одного рода десмидиевых водорослей — *Cosmarium Corda ex Ralfs*. Нами же было обнаружено четыре вида десмидиевых, относящихся к трем разным родам: *Cosmarium*, cf. *Netrium*

Полуостров Сторнес.
Фото С.В. Смирновой.





Помещение научной лаборатории на станции Прогресс.
Фото Т.В. Сафроновой.



Окрестности ст. Новолазаревская.
Фото С.В. Смирновой.

(Nägeli) Itzigsohn et Rothe и *Staurastrum* Meyen ex Ralfs. Кроме того, собирая пробы из одних и тех же водоемов по несколько раз за сезон мы смогли проследить, как изменяется внешний вид клеток и колоний в процессе их развития, что необходимо для определения цианопрокариот.

Сборы проб водорослей и цианопрокариот в окрестностях станций Новолазаревская и Беллинсгаузен велись на протяжении всего нескольких дней (время стоянки «Академика Федорова»). Надеемся, полученные данные послужат базой для дальнейших, более тщательных и планомерных исследований в этих районах.

Оазис Ширмахера — это свободный ото льда холмистый участок в центральной части Берега Принцессы Астрид, Земля Королевы Мод.

Сбор проб в оазисе Ширмахера был проведен в течение трех дней (с 24 по 26 марта 2017 года) во время разгрузки НЭС «Академик Федоров» и смены зимовочного состава РАЭ. В этот район мы попали после окончания вегетационного сезона; в течение трех недель наблюдались устойчивые отрицательные температуры. Во время сбора проб озера были покрыты льдом почти метровой толщины.

Материал был собран либо путем бурения лунки в озерном льду и сбора воды с поднятой со дна взвесью и фрагментами матов, либо выковыриванием вмержших в лед в прибрежной части озер цианобактериальных матов и грунта при помощи скальпеля, либо сбора замерзшего грунта на месте высохших мелких временных водоемов. Нам повезло, типичные для зимнего периода в этой местности сильные ветра еще не начались, и мы могли спокойно выходить на маршруты, только в третий день сбора из-за сильного и порывистого ветра сорвался дальний выход. Из-за низких температур и, как следствие, необходимости бурить лед процесс сбора водорослей занимал гораздо больше времени, чем в летний сезон. Мы собрали всего 33 альгологические пробы из 16 пунктов. Было обследовано семь озер, а также отобраны почвенные пробы, сухие замерзшие скопления (корки, маты, нитчатки) водорослей и водоросли-хазмоэндоциты. Пробы водорослей были об-

Бурение лунки.
Фото К.Е. Вершинина.



работаны в лаборатории на борту НЭС «Академик Федоров» и частично просмотрены на световом микроскопе. Несмотря на то, что практически все собранные образцы (за исключением тех, что были подняты со дна озер) были либо в замороженном, либо сначала высушенном, потом замороженном состоянии, многие водоросли, благодаря плотной оболочке, сохранили форму клеток, и нам удалось определить их по крайней мере до рода. По структуре и составу доминирующих родов и видов сообщества водорослей оказались довольно похожими на те, что мы наблюдали в водоемах Холмов Ларсеманн.

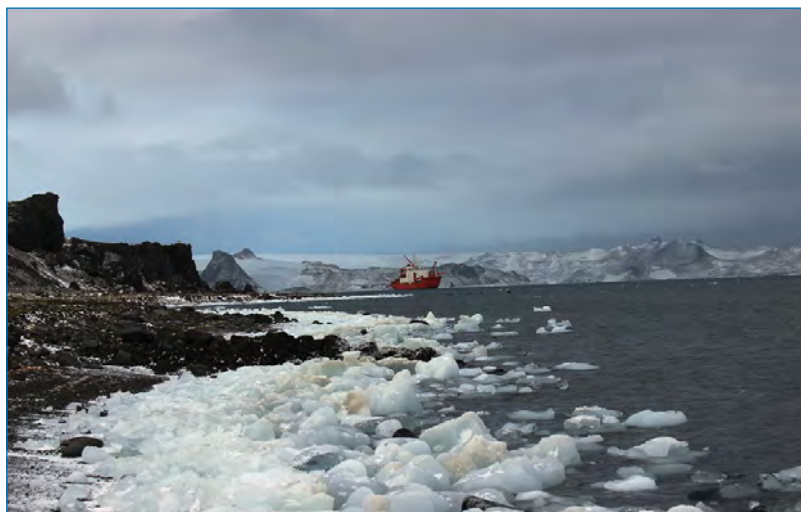
Остров Кинг Джордж — самый крупный остров архипелага Южные Шетландские острова. Большая часть острова занята ледником, только на юго-западной оконечности расположено несколько оазисов. На одном из них — полуострове Файлдс — расположена российская станция Беллинсгаузен.

Состав растительности этого полуострова отличается от обследованных нами ранее континентальных оазисов. Мхов и лишайников тут гораздо больше, часто они образуют сплошной покров, есть даже сосудистые растения. И водорослевые сообщества, сохраняя общие черты с таковыми более южных водоемов, несколько отличаются по составу: например, значительно разнообразнее в составе матов представлены десмидиевые водоросли.

Сбор проб на полуострове Файлдс также был проведен в течение нескольких дней во время разгрузки НЭС (с 5 по 8 апреля 2017 года). Полуостров расположен почти на 10 градусов ближе к экватору, чем оазис Ширмахера, и здесь мы застали самый конец вегетационного сезона. На протяжении нескольких дней температура была слабоотрицательная (около -1°C), мелкие водоемы были покрыты слоем льда до 1 см толщиной.

Во время нашего пребывания на острове температура воздуха поднялась до слабоплюсовых значений. Во всех водоемах был собран песок со дна или, при их наличии, маты. Также высохшие маты были собраны с поверхности почвы в тех местах, в которых на протяжении вегетационного сезона находились эфемерные водоемы. В крупных не покрытых льдом озерах были взяты пробы планктона при помощи план-

Окрестности станции Беллинсгаузен.
Фото С.В. Смирновой.





Полуостров Файлдс.
Фото С.В. Смирновой.



Сбор планктона при помощи планктонной сетки.
Фото С.В. Смирновой.

ктонной сетки. На острове Кинг Джордж было собрано 144 альгологические пробы из 74 пунктов. Всего было обследовано 46 озер, 10 ручьев, а также отобраны почвенные пробы, сухие замерзшие скопления (корки, маты) водорослей, пробы «цветущего» снега и водоросли-хазмоэндолиты. Собранные пробы были обработаны и частично просмотрены на борту НЭС «Академик Федоров».

Общие результаты. Сборы образцов были проведены в общей сложности в более чем в 150 пунктах, где было собрано более 550 альгологических проб. На основе собранных в сезон 62-й РАЭ материалов были выявлены и определены до рода: в окрестностях станции Прогресс 34 вида цианопрокариот и 27 видов эукариотических водорослей из четырех отделов; в окрестностях станции Новолазаревская — 19 видов цианопрокариот и 16 видов эукариотических водорослей из трех отделов; в окрестностях станции Беллинсгаузен — 26 видов цианопрокариот и 27 видов эукариотических водорослей из трех отделов. Предполагается, что этот список существенно увеличится после обработки проб в стационарных условиях специалистами лаборатории альгологии БИН РАН. Проведенные сборы позволят существенно пополнить уже имеющиеся сведения и получить новые данные об альгофлоре исследованного района и расширить сведения о распространении ее отдельных видов.

Благодарности. За организацию работ и постоянную помощь выражаем искреннюю благодарность начальнику станции Прогресс 62-й РАЭ А.В. Миракину, начальникам экспедиции

62-й РАЭ В.М. Вендеровичу и А.Н. Скородумову, зам. капитана по научной части НЭС «Академик Федоров» В.П. Бунякину.

За помощь при отборе проб в окрестностях станции Прогресс благодарим гидро-экологическую группу ААНИИ А.А. Евдокимова и Ю.А. Дворникова, сотрудников зимовочного состава 62-й РАЭ А.В. Теплякова, А.В. Семенова, А. И. Зыля, В.А. Панфилова и всех коллег, с которыми нам довелось работать.

За помощь в сборе проб в окрестностях станции Новолазаревская благодарим начальника станции В.А. Бондарчука, исследователей из научной группы НЭС «Академик Федоров» К.Е. Вершинина, О.Ю. Калинин, А.И. Куцуруб, Ш.Б. Тешебаева, Е.Д. Добротину. За помощь в сборе проб в окрестностях станции Беллинсгаузен благодарим начальника станции С.М. Никитина и гляциолога Б.Р. Мавлюдова.

Работа проводилась в рамках подпрограммы «Организация и обеспечение работ и научных исследований в Антарктике» Государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды» на 2012–2020 годы в рамках темы «Выявление особенностей и состояния наземных и морских экосистем Антарктики — изучение биоразнообразия, систематики и флоры мохообразных, лишайников и водорослей суши и моря, биологии, экологии, фитоценологии и географии таксонов и групп в комплексе с оценкой состояния окружающей среды».

Т.В. Сафронова, С.В. Смирнова (БИН РАН)

ОТКОЛ КРУПНОГО АЙСБЕРГА ОТ ШЕЛЬФОВОГО ЛЕДНИКА ЛАРСЕНА В АНТАРКТИДЕ

12 июля 2017 года произошел откол части шельфового ледника Ларсена, расположенного в море Уэдделла у юго-восточного побережья Антарктического полуострова. Откол естественным образом привел к образованию гигантского айсберга размером 156×50 км (по данным ГНЦ РФ ААНИИ). Айсбергу присвоено международное название А68 в соответствии с принятой системой наименований айсбергов Южного океана. Событие это оценивается специалистами как нормальное и, более того, вполне рядовое, что, вероятно, нуждается в некоторых разъяснениях.

Материковый ледяной покров (щит) Антарктиды находится в состоянии, близком к динамическому равновесию. Привносимая с океана влага выпадает над материком по большей части в виде снега. Снег накапливается, уплотняется под собственной тяжестью, образуя фирн, а в последующем и лед. Лед, что широко известно, обладает свойством пластичности, что с неизбежностью приводит, опять же под действием силы тяжести, к стеканию (в буквальном смысле) огромных масс

льда обратно в океан. Процесс этот протекает во временных масштабах порядка тысячелетий.

Криосфера является одним из неотъемлемых и важнейших элементов глобальной климатической системы. С началом активных исследований Антарктиды с середины прошлого века ее ледяной покров находится в одном из фокусов этих исследований. Мониторинг состояния ледяного покрова — наземного и морского — проводится как в форме полевых исследований, так и с конца 60-х годов прошлого столетия со спутников. К изучению закономерностей дрейфа морского льда и айсбергов широко привлекаются автономные буи. Одним из результатов этих исследований является получение достаточно надежных оценок как площади наземного (покровного) оледенения Антарктиды, так и общего его объема. Они составляют соответственно примерно 14 млн км² и 30 млн км³. Несложно оценить и среднюю толщину антарктического ледяного щита — несколько более 2 км.