

Национальная академия наук Беларуси
ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»
Институт природопользования НАН Беларуси
Республиканский центр полярных исследований
Белорусский государственный университет
Национальный парк «Нарочанский»

**МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ АНТАРКТИКИ
И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НАЦИОНАЛЬНЫХ ЭКСПЕДИЦИЙ**

Материалы
I Международной научно-практической
конференции
к.п. Нарочь, 26 – 29 мая 2014 г.

Минск
«Экоперспектива»
2014

УДК 502.175(292.3) (082)
ББК 20.18.(00)я43
М77

О р г а н и з а ц и о н н ы й к о м и т е т :

О. И. Бородин (председатель), *В. Г. Левашкевич*, *Ю. Г. Гигиняк*,
А. А. Гайдашов, *П. С. Лопух*, *В. В. Коржов* (сопредседатели),
О. Н. Снытин, *С. В. Какарека*, *Т. И. Кухарчик*, *В. Н. Драбо*,
Т. В. Жукова, *А. В. Высоченко*, *В. Е. Мямин*.

М77 Мониторинг состояния природной среды Антарктики и обеспечение деятельности национальных экспедиций: материалы I Междунар. науч.-практ. конф. (к.п. Нарочь, 26 – 29 мая 2014 г.). – Минск : Экоперспектива, 2014. – 278 с.

ISBN 978-985-469-439-9.

За содержание материалов организационный комитет ответственности не несет.

УДК 502.175(292.3) (082)
ББК 20.18.(00)я43

ISBN 978-985-469-439-9.

© Коллектив авторов
© Оформление. УП «Экоперспектива», 2014

СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПОЧВАХ РОССИЙСКИХ ПОЛЯРНЫХ СТАНЦИЙ АНТАРКТИКИ

Е.В. Абакумов¹, Е.Д. Лодыгин², Д.Н. Габов², В.А. Крыленков¹

*¹Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, e_abakumov@mail.ru*

²ФГБУН Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

Проведено изучение количественного содержания и индивидуального фракционного состава полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в почвах и грунтах ключевых полярных станций России в Антарктиде. Полициклические ароматические углеводороды принадлежат к классу бензеновых ароматических соединений. Происхождение ПАУ – природное и синтетическое, в частности, бенз(а)пирен является канцерогенным продуктом сжигания нефтепродуктов. Часть ПАУ находится в составе природного органического вещества почв. В связи с этим изучение спектров количественного состава ПАУ в почвах Антарктики поможет выявить роль отдельных ПАУ в формировании органического вещества и в формировании общего уровня загрязнения почв. Накопление и перераспределение ПАУ в ландшафте сильно зависит от свойств почв [4]. ПАУ интенсивно разлагаются под воздействием ультрафиолетовой радиации и под воздействием живых организмов. До сих пор не выяснены фоновые концентрации ПАУ в почвах Евразии. Существуют единичные работы, согласно которым, в бореальных почвах содержание ПАУ составляет от 2 нг/г в минеральных горизонтах до 500 нг/г в органогенных горизонтах [1, 2]. Качественное и количественное определение содержания ПАУ осуществляли методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии в градиентном режиме и спектрофлуориметрическом детектировании на хроматографе «Люмахром».

Проведенные исследования выявили, что в изученных почвах содержатся в основном т.н. «легкие» ПАУ – вещества природного происхождения. Содержание ПАУ в изученных почвах очень невелико. Для природных ПАУ это вполне логично, поскольку они являются составной частью природного органического вещества, а его содержание весьма невелико в изученных почвах и несколько больше в почве о-ва Кинг-Джордж. Наблюдается некоторое накопление тяжелых ПАУ в почве о-ва Кинг-Джордж в связи с антропогенным фактором, тем не менее содержание бенз[а]пирена ниже уровней ПДК, принятых как в России, так и в Германии. Повышенное содержание тяжелых ПАУ характерно для холмов Ларсеманн,

окрестностей полевой базы Дружная-4 и территории аэродрома на о-ве Кинг-Джордж.

Выявлено, что загрязнение почв Антарктиды тяжелыми ПАУ находится в самой начальной стадии, не происходит устойчивого и статистически достоверного накопления ПАУ в почвах как маритимной, так и континентальной Антарктики. Между тем, в процессе загрязнения изменяется качественный и количественный состав ПАУ в почвах. Содержание бенз(а)пирена не превышает уровня ПДК, принятого в РФ [3] для этого экотоксиканта. Суммарное содержание ПАУ в почвах Антарктики ниже, чем в арктических почвах.

Работа выполнена при поддержке РФФИ: гранты №№ 12-04-00680-а, 13-04-90411 укр-ф-а.

Литература

1. Габов Д.Н., Безносиков В.А. Закономерности формирования полициклических ароматических углеводородов в почвах северной и средней тайги // Почвоведение. 2014. № 1. С. 30-38.

2. Габов Д.Н., Безносиков В.А., Кондратенок Б.М., Яковлева Е.В. Закономерности формирования полициклических ароматических углеводородов в почвах северной и средней тайги // Почвоведение. 2008. № 11. С. 1334-1343.

3. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2006. 15 с.

4. Лодыгин Е.Д., Чуков С.Н., Безносиков В.А., Габов Д.Н. Полициклические ароматические углеводороды в почвах Васильевского острова (Санкт-Петербург) // Почвоведение. 2008. № 12. С. 1494-1500.

ЛИШАЙНИКОВЫЕ ФЛОРЫ ВНУТРЕННИХ РАЙОНОВ КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ АНТАРКТИКИ НА ПРИМЕРЕ МАССИВА КЛЕМЕНС (ЛЕДНИК ЛАМБЕРТА)

М. П. Андреев

*Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН,
Санкт-Петербург, andreevmp@yandex.ru*

Антарктическим летом 2012–2013 гг. в ходе сезонных работ 58 РАЭ впервые были проведены исследования наземной флоры и растительности горного массива Клеменс (Clemence Massif), расположенного на леднике Ламберта в центральной части гор Принс Чарльз.

Ботанические исследования здесь ранее не проводились и данные о флоре и растительности оазиса отсутствовали полностью. Впервые массив Клеменс в 1958 г. посетили австралийские геологи. В 1971–1974 гг. во время 17–19 САЭ и в 1987–1988 гг. в ходе 33 САЭ в этом районе работали советские геологи. В этот раз территорию массива исследовал геологический отряд Полярной морской геолого-разведочной экспедиции под руководством Д. М. Воробьева и А. С. Бирюкова. Полевые работы продолжались в течение двух недель с 12 по 28 января 2013 г.

Массив Клеменс расположен на широте $72^{\circ}12'$, у северо-восточного окончания ледника Ламберта в северной части южной области гор Принс Чарльз, то есть приблизительно в 340 км к югу от полевой базы Дружная-4 и в 400 км от океана в зоне шельфового ледника Эймери (рис. 1).

Массив, окруженный со всех сторон льдом, протянулся на 28 км в направлении с ССВ на ЮЮЗ. В самом широком месте его ширина достигает 8 км. Над поверхностью льда он возвышается более чем на 1200 м, а высота вершин над поверхностью моря составляет более 1300 м. Вместе с ближайшими горными образованиями, такими как горы Джонс и Изабель, массив Шо, нунатак Эли, холмы Лоуренс и др., массив составляет часть кристаллического пояса преимущественно позднепротерозойско-раннепалеозойского возраста. Сложен он гранито-гнейсами и пронизан жилами пегматитов. Выровненные поверхности выстилают покровные морены, сформировавшиеся уже в кайнозойское время, вместе с развитием покровного оледенения.

Данные о климате района отсутствуют. Ближайшие антарктические станции, где проводятся регулярные метеорологические наблюдения, расположены на расстоянии почти 400 и более километров от самого массива, в береговой зоне Антарктического материка, где климатические условия существенно отличаются. В период проведения полевых работ погодные условия в массиве были существенно мягче, чем в окрестных районах. Почти все время стояла солнечная, тихая и довольно теплая погода. Происходило интенсивное таяние ледников и снежников. Многочисленные циклоны, двигавшиеся в направлении массива, до него не доходили. Кроме того, об аномально мягких погодных условиях в этом районе, свидетельствует отсутствие форм ветровой эрозии, характерных для окрестных оазисов.

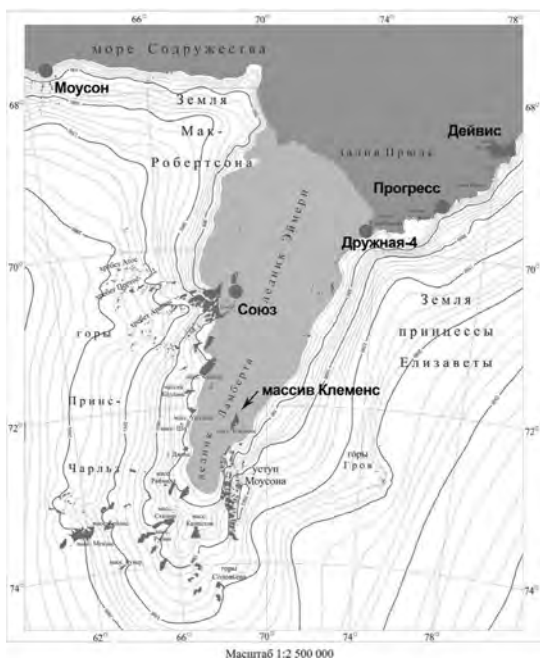


Рисунок 1 – Район ботанических исследований в 2012-2013 гг.

Отдаленность массива Клеменс от станций и полевых баз как Российской антарктической экспедиции, так и от австралийских станций Моусон и Дейвис, столь существенна, что делает его крайне труднодоступным для посещения и систематического обследования. До проведенных в 2012–2013 гг. исследований ботанические материалы с массива Клеменс отсутствовали, имелись лишь некоторые немногочисленные сборы с окрестных территорий. В частности, в Национальном гербарии в Мельбурне хранятся немногочисленные образцы лишайников, собранные в 1973–1974 гг. на ближайших к Клеменсу выходах горных пород австралийским лишенологом Рэксом Б. Филсоном. В летний сезон 2005 г. М. П. Андреев обследовал окрестности озера Рэдок в горах Принс Чарльз. Но эта территория расположена существенно севернее массива Клеменс. Кроме того, были изучены несколько образцов, доставленных геологами с соседнего с Клеменсом массива Шо. Таким образом, значение результатов проведенных летом 2012–2013 гг. детальных ботанических исследований, весьма велико, поскольку они впервые позволили получить до-

статочно подробные и разносторонние данные о растительном покрове высокоширотного района в этом секторе Антарктики.

Всего было собрано более 300 образцов наземной флоры, в результате предварительной обработки которых выявлено 7 видов мхов и 38 видов лишайников. Ботанические работы в основном проводились в восточной части массива – на восточных склонах горы Три Вершины (1026 м над ур. м.), в широкой и плоской долине, расположенной под склоном горы, на террасах, скалах, осыпях и останцах, по берегам озер на днище и на водотоках по бортам долины, а также на отвесных скальных обрывах восточной экспозиции, обращенных к леднику Ламберта и на свежих моренах под ними. В ходе однодневного авиадесанта удалось обследовать западные отроги пика Паркер, на высотах ок. 1350 м над ур. м., где тоже был собран богатый и разнообразный материал. Небольшое количество образцов поступило и от других участников отряда, проходивших маршрутами в отдаленных частях массива.

Анализ собранных коллекций позволил оценить богатство и разнообразие лишайниковой флоры в массиве Клеменс, как необыкновенно высокое. Это отчасти противоречит уже устоявшемуся мнению о постепенном снижении флористического богатства антарктических оазисов по мере продвижения к югу. На обследованных территориях массива Клеменс выявлено 38 видов лишайников из 19 родов и 10 семейств: *Acarosporaceae*, *Candelariaceae*, *Catillariaceae*, *Lecanoraceae*, *Lecideaceae*, *Parmeliaceae*, *Physciaceae*, *Rhizocarpaceae*, *Theloschistaceae* и *Umbilicariaceae*. Наиболее распространенными лишайниками в регионе являются виды: *Lecanora fuscobrunnea*, *Lecidea cancriformis*, *Carbonea vorticosa*, *Buellia frigida*, *Candelariella flava*, *Acarospora gwynnii*, *Caloplaca citrina*, *Lecidella siplei* и *Lecanora expectans*, встречающиеся наиболее часто и отмеченные в большинстве посещенных местообитаний. Виды *Lecanora fuscobrunnea*, *Lecidea cancriformis*, *Carbonea vorticosa*, *Buellia frigida*, *Acarospora gwynnii* и *Lecidella siplei* встречаются на каменистом субстрате, *Candelariella flava*, *Caloplaca citrina* и *Lecanora expectans* – на мхах, растительных остатках и цементированном мелкоземе, виды *Acarospora gwynnii* и *Lecidella siplei* могут расти и на камне и на цементированном песке.

В лишайнофлоре массива Клеменс, как и в других оазисах континента, в равной степени (по 50% видового состава) представлены антарктические и биполярные (включая космополитные) виды. Подавляющее большинство выявленных видов лишайников, распространены в Антарктике циркумполярно и, в частности, отмечались в континентальных районах ранее. Кроме них обнаружено несколько видов, известных ранее лишь в Западной Антарктике. Сходная структура флоры отмечена и для локальных флор других

территорий континентальной Антарктики, в частности – для окрестностей залива Прюдс и оазиса Ширмахера [1].

Все выявленные лишайники достаточно широко распространены в континентальных районах Антарктиды, но их обнаружение на таком удалении от побережья было довольно неожиданным. Для сравнения, в окрестностях озера Рэдок ранее было выявлено 27 видов лишайников, а для полевой базы Дружная-4, расположенной недалеко от моря, известно только 25 видов [1]. Неожиданно богатой оказалась и бриофлора массива Клеменс – здесь обнаружено 7 видов мхов из 6 родов и 4 семейств (определение Л. Е. Курбатовой). Но до тех пор, пока столь же тщательно не обследованы окрестные горные районы, особенно те, что лежат еще южнее, трудно сказать, являются ли богатая флора и растительность массива Клеменс уникальным явлением, обусловленным какой-то, например, климатической аномалией, или богатство флоры и растительности вообще характерны для гор внутренних районов этого сектора Антарктики.

Растительный покров обследованной территории крайне разрежен и его проективное покрытие не превышает в общей сложности долей процента. Этим он не выделяется среди близлежащих, да и прочих свободных ото льда территорий континентальной Антарктики. Сомкнутые растительные сообщества встречаются нечасто и лишь в наиболее укрытых местах. Обычно они небольшого размера и в оазисе занимают совсем небольшие площади. Наиболее характерны для территории лишайниково-моховые сообщества с участием водорослей. Здесь, доминируют накипные и листоватые лишайники, растущие на моховой дернине. Обычно они дают яркий и пестрый аспект. Из мхов для таких сообществ наиболее характерны антарктические эндемы *Coscinodon lawianus* и *Syntrichia sacroneurum*, образующие нередко крупные дернинки. Такие мохово-лишайниковые группировки, размером от нескольких квадратных сантиметров до 1–2 кв. м, развиваются на скоплениях мелкозема в укрытых от преобладающих ветров местах под скалами и валунами, на склонах восточной и северной экспозиции, в ложбинах водотоков и в укрытых плоских депрессиях, а также между крупными валунами в развалах камней и под скалами. Изредка встречаются лишайниковые сообщества на закрепленном песке.

Вблизи текущей воды – в прорезанных руслах ручьев и водопадов, у снежников и тающих ледников, а также в залитых тающей водой развалах камней на бортах мерзлотных полигонов, развиваются сообщества корковых наскальных лишайников. Здесь же могут встречаться и отдельные дернинки мхов. Обсыхающие берега озер, днища высохших луж и дно ручьев часто покрывают высыхающие пленки водорослей и микроорганизмов.

На поверхности скал и крупных валунов, обычно с подветренной

стороны, а также в трещинах и нишах, укрытые от ветров, встречаются разреженные группировки накипных эпилитных лишайников с плохо развитым или совсем не развитым талломом, как одновидовые, так и разнообразные сочетания немногих видов.

Вследствие крайне суровых условий обитания наиболее распространенными в массиве являются криптоталинные (т. е. – без развитого слоевища) наскальные накипные лишайники, а также напочвенные и эпибриофитные, т. е. растущие на грунте, мелкозем и мхах. Их доля во флоре составляет ок. 60–70%. Как и в других континентальных оазисах Антарктики, в лишайниковой флоре массива примерно в равной степени представлены как эндемичные антарктические, так и биполярные виды, которые вместе составляют почти 95% всей флоры.

Результаты проведенной работы убедительно свидетельствуют о необходимости продолжить ботанические и комплексные исследования в ближайших окрестностях массива Клеменс, особенно в горных районах, лежащих к югу от него – прежде всего на уступе Моусона, что позволит получить новые и еще более ценные сведения о наземной флоре и растительности Антарктиды.

Литература

1. Андреев М. П. Лишайники региона залива Прюдс (Восточная Антарктика) // *Новости систематики низших растений*. 2006. Т. 39. С. 188–198.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АТМОСФЕРЫ И ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ В ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ АНТАРКТИКИ

А.Ю. Артамонов, И.А. Репина

*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва,
repina@ifaran.ru*

Исследование проявлений глобальных климатических изменений в прибрежных областях Антарктического континента является важной фундаментальной проблемой, решение которой позволяет уточнить наши представления о механизмах формирования регионального климата, оптимизировать решение прикладных и экологических задач. Сложность проблемы заключается в том, что она требует комплексного многоуровневого подхода с изучением изменчивости характеристик океана и атмосферы на разных пространственно-временных масштабах. Ключевым вопросом является понимание особенностей перераспределения энергии крупно-

масштабных межгодовых колебаний на сезонном, синоптическом и внутрисуточных масштабах. Современные теоретические модели взаимодействия океана и атмосферы пока далеки от совершенства и в силу грубости аппроксимации и не позволяют однозначно трактовать особенности формирования региональных условий в системе океан-атмосфера. Очевидно, что без изучения реальной высокочастотной изменчивости характеристик в пограничных слоях океана и атмосферы невозможно успешное развитие как моделирования атмосферной циркуляции, так и создаваемых на его основе методов долгосрочного и сверхсрочного прогнозирования погоды и климата. К сожалению, экспериментальная база временных реализаций измерений гидрометеопараметров в Антарктике ограничена стандартной метеорологией полярных станциях, а высокочастотные измерения, направленные на изучение процессов энергообмена, изменчивости океанографических параметров в Антарктике крайне ограничены.

Исследования взаимодействия и структуры пограничных слоев атмосферы и океана выполнялись сотрудниками ИФА им. А.М. Обухова РАН на станции Беллинсгаузен и в прибрежных районах Антарктики в период 2001-2012 гг. Такие эксперименты позволяют подготовить информацию, необходимую для рассмотрения вихревой динамики и энергетики в субполярных областях, к которым принадлежит, в частности, российская антарктическая станция Беллинсгаузен. Этот район интересен тем, что расположен вблизи зоны Антарктической конвергенции и характеризуется интенсификацией процессов энергообмена, особенно в летнее время при значительном притоке солнечной энергии [1]. Данные [2] показывают, что вихревой обмен здесь настолько интенсивен, что является одним из решающих факторов в формировании осредненного энергетического режима атмосферы как в полярных областях, так и в умеренных широтах. Ст. Беллинсгаузен расположена на о. Кинг-Джордж на берегу пролива Дрейка и попадает в зону интенсивного потепления в районе Антарктического полуострова, которое обусловлено усилением западного переноса и связанной с ним адвекции относительно теплого океанического воздуха, а также с разрушением морского льда в морях [3].

Особый интерес представляет исследование влияния на теплообмен в приповерхностном слое температурных и структурных (морфометрических) неоднородностей поверхности. Корректная оценка величин теплообмена с использованием стандартной гидрометеорологической информации требует предварительного исследования особенностей турбулентного режима в приземном слое атмосферы. Таким образом, как использование старых, так и разработка новых параметрических схем расчетов должны в первую очередь опираться на данные прямых (пульсационных) измерений параметров приземного слоя атмосферы.

В процессе работы проводились исследования энергообмена атмосферы и подстилающей поверхности с помощью инструментальных измерений потоков тепла и импульса в приповерхностном слое атмосферы при различных типовых фоновых условиях. Часть исследований состоит в изучении влияния структурных и температурных неоднородностей подстилающей поверхности на энергообмен в приземном слое атмосферы и определении связи турбулентных потоков тепла и количества движения со свойствами тающей и испаряющейся поверхности снега [4].

Для измерений турбулентных потоков использовался прямой или ковариационный метод [5]. Мониторинг состояния поверхности проводился при помощи дистанционных и контактных методов [6]. Полученные экспериментальные данные позволяют улучшить понимание механизмов турбулентного обмена между атмосферой и подстилающей поверхностью в условиях полярного лета.

На основании анализа данных трех автоматических метеостанций, поставленных на различной высоте на леднике Коллинз, рассматривалась связь теплового баланса (и, соответственно, процессов таяния ледника) с крупномасштабной циркуляцией. По данным измерений и расчетов потоки тепла и влаги уменьшались с высотой. Измерения показали значительную зависимость всех характеристик энергообмена и скорости таяния ледника от крупномасштабных атмосферных процессов. Максимальная скорость таяния составила 20 мм в год и наблюдалась во время северо-западной адвекции с меридиональным переносом воздушных масс. Во время этой адвекции вклад турбулентных потоков тепла в тепло, идущее на таяние, превосходил радиационный баланс. Во время восточных и южных ветров континентального характера холодные, сухие воздушные массы подавляют приземный энергетический баланс и препятствуют таянию. Открытие связи абляции ледников с синоптической ситуацией ценно еще тем, что позволяет объяснить разницу в климате различных районов Антарктического полуострова.

Эта разница в климатических условиях предполагает, что существует и различие в формировании энергообмена между атмосферой и подстилающей поверхностью.

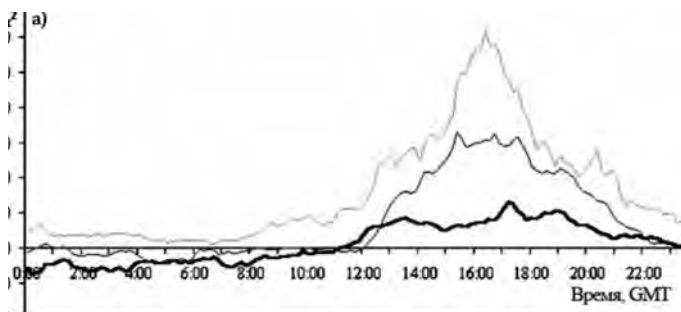


Рисунок 1 – Поток тепла над различными поверхностями в летний период

Антарктический полуостров и прилегающие к нему острова характеризуются тем, что в летний период от снега открываются поверхности, обладающие различными отражательными и теплофизическими свойствами. Это каменистый грунт, грунт, покрытый мхами и лишайниками разных типов, заболоченные участки поверхности. Наряду с этим, весь летний период сохраняются снежники и лед различных морфометрических свойств. Особый интерес представляет исследование влияния на теплообмен в приповерхностном слое температурных и структурных (морфометрических) неоднородностей поверхности [7]. Корректная оценка величин теплообмена с использованием стандартной гидрометеорологической информации требует предварительного исследования особенностей турбулентного режима в приземном слое атмосферы над различными поверхностями. Этот факт иллюстрирует рисунок 1, который показывает как происходит теплообмен над различными поверхностями в летний период. В зависимости от типа поверхности при одинаковых метеоусловиях значение потока может измениться в несколько раз.

Работы по исследованию теплового взаимодействия атмосферы с подстилающей поверхностью были проведены на станции Беллинсгаузен в летние сезоны 2002, 2003, 2007 и 2009 года (январь-март). Основная цель исследований — получение экспериментальных данных о взаимодействии атмосферы с подстилающей поверхностью на различных пространственных масштабах.

Рисунок 2 показывает результаты прямых измерений потока тепла.

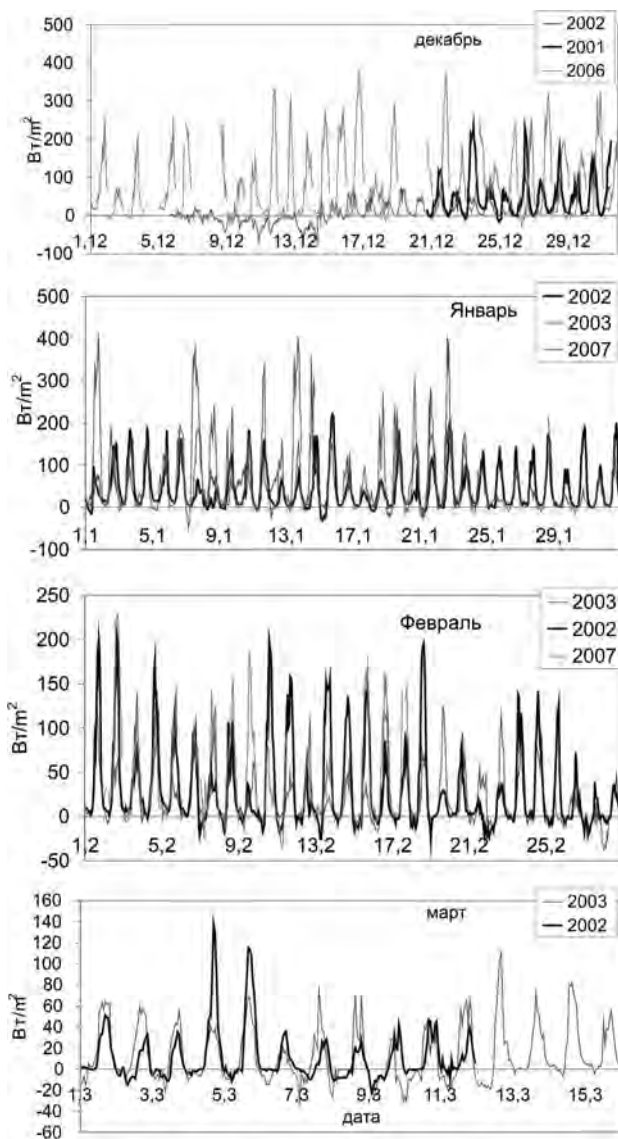


Рисунок 2 – Измеренный турбулентный поток тепла на ст. Беллинсгаузене в летние сезоны 2001-2002, 2002-2003 и 2006-2007 гг.

Наиболее интенсивный энергообмен происходит в период с 12:00 до 16:00 местного времени (с 16:00 до 20:00 GMT), потом его интенсивность идет на убыль, и к 22 часам местного времени практически замирает. Сезону 2006-2007 года характерны более высокие максимальные дневные потоки тепла. Напротив, сезону 2002-2003 года соответствуют более значительные внутрисезонные вариации потока импульса. Сильные различия в значениях потоков также характеризуют значение учета типа подстилающей поверхности.

Измерения потоков тепла выявили четкий суточный ход интенсивности теплообмена. Во всех случаях дневных измерений поток тепла положителен, то есть направлен от поверхности. Его значение изменяется от десятков до сотен Вт/м² в зависимости от метеоусловий. Ночью значения потоков небольшие. Наблюдаются и отрицательные величины. Обнаружена межгодовая изменчивость характеристик обмена. Например, в 2009 выявлены более резкие различия в значениях ночных и дневных потоков. Анализ данных показал, что при общем качественном подобии в поведении характеристик энергообмена в различные годы, наблюдаются отличия, связанные с локальной климатической изменчивостью.

Литература

1. Долганов Л.В. Атмосферные условия Южной полярной области. Л.; Гидрометеоиздат. 1986. 176 с.
2. Романов В.Ф., Арискина Н.В., Васильев В.Ф., Лагун В.Е. Энергетика атмосферы в полярных областях. Л.: Гидрометеоиздат. 1987. 296 с.
3. Kwok R., Comiso C. Spatial patterns of variability in Antarctic surface temperature: Connections to the Southern Hemisphere Annular Mode and the Southern Oscillation // *Geophys. Res. Lett.* 2002. Vol. 29. № 14. P. 501–504.
4. Репина И.А., Бучнев И.А. Исследование энергообмена атмосферы и подстилающей поверхности на станции Беллинсгаузен. В сб. «Состояние природной среды Антарктики» под ред. В.В. Лукина, СПб, 2002. Ч. 3. С. 23-28.
5. Large W.G., Pond S. Sensible and latent heat flux measurements over the ocean // *J.Phys.Oceanogr.* 1982. 12. P. 464-482.
6. Репина И.А., Бобков С.А. Теплофизические свойства льда и разных типов открытой поверхности в районе Антарктического полуостровов // *Метеорология и Гидрология*, 2007. № 9. С. 74-80.
7. Артамонов А.Ю., Бучнев И.А., Репина И.А. Взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью в летний период в зоне Антарктической конвергенции // *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2007. Вып. 76. С. 14-23.

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАЙОНЕ УКРАИНСКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «АКАДЕМИК ВЕРНАДСКИЙ»

В.Г. Бахмутов

*Национальный Антарктический научный центр
Государственного агентства по вопросам науки, инноваций
и информатизации Украины, Институт геофизики им.
С.И.Субботина НАН Украины, Киев, bakhmutovvg@gmail.com*

Государственная целевая программа проведения исследований в Антарктике на 2011-2020 гг. (далее Программа) была принята постановлением Кабинета Министров Украины № 1002 от 03.11.2010 г. Программа направлена на выполнение международных обязательств, которые следуют из участия Украины в Договоре про Антарктику, и предусматривает проведение комплексных научных исследований в Антарктике, которые поддерживаются международным Научным Комитетом по Антарктическим исследованиям (SCAR).

Программа направлена не только на проведение фундаментальных научных исследований (например, глобальные изменения климата), но и имеет важное социально-экономическое значение, поскольку также направлена на получение научно обоснованной оценки перспектив освоения биологического и минерально-ресурсного потенциала региона.

Несмотря на запрет на добычу минеральных ресурсов (Договор про Антарктику 1961 г.), Антарктический континент рассматривается многими странами как стратегический сырьевой резерв человечества. Известно, что запасы нефти и газа в недрах Антарктиды превышают запасы Аравийского полуострова, запасы рудных полезных ископаемых в Западной Антарктике сопоставимы с южноамериканским металлогеничным поясом и т.п. И если добыча полезных ископаемых до 2041 г. южнее 60° ю.ш. запрещена, то разведка ресурсов активно проводится разными странами в целях их геополитических интересов.

В соответствии с основными заданиями Программы, геолого-геофизические исследования проводятся по двум основным направлениям:

- исследования геологического строения Западной Антарктики и оценка ее минерально-ресурсного потенциала;
- создание динамических моделей состояния окружающей природной среды при воздействии природных и антропогенных факторов.

Кроме того, исследования в рамках геолого-геофизического направ-

ления тесно связаны с другими научными направлениями (заданиями) Программы, выполняемыми, в первую очередь, в рамках геокосмических, гидрометеорологических, океанографических исследований и разработки и внедрения новых технологий.

Выполнение заданий геолого-геофизических исследований осуществляется проведением:

- мониторинговых исследований окружающей среды, проводимых непрерывно (круглогодично) в районе Антарктического полуострова на всех уровнях геосфер;

- сезонных экспедиционных работ, включающих как исследования в районе, непосредственно прилегающему к станции (на акватории, островах и материковой части), так и морских работ, выполняемых на судах при следовании акваториями Западной Антарктики.

В комплекс основных мониторинговых наблюдений, выполняемых на станции «Академик Вернадский», входят:

- измерения трех компонент геомагнитного поля (магнитная обсерватория AIA, включенная в сеть INTERMAGNET);

- сейсмоакустика (трехкомпонентная сейсмическая группа);

- электромагнитный мониторинг (вертикальное ионосферное зондирование, измерения в ОНЧ-УНЧ диапазонных, исследования шумановских и альвеновских резонаторов);

- измерения эманаций радона;

- комплексные гидрометеорологические наблюдения (включая измерения всех климатических параметров, концентрации озона, приливов).

С учетом программ сезонных наблюдений можно утверждать, что сегодня район станции является комплексным геолого-геофизическим, геодезическим и тектономагнитным полигоном, на котором выполняются исследования разных геофизических явлений в районе Антарктического полуострова, в том числе наиболее опасных, связанных сейсмической активностью. Выполняется комплексная обработка сейсмических данных (диапазон 0,01-40 Hz), инфразвука (0,03-12 Hz), вариаций магнитного поля (0,01-1 Hz), ОНЧ-излучения (1-50 Hz), метеорологических параметров (5 минут), радона (85 минут). На тектономагнитном полигоне, заложенном в 1998г и включающем более 20 пунктов, вариации аномального магнитного поля вследствие пьезомагнитного (электрокинетического) эффекта на отдельных пунктах достигают 3,5 нТл/год, что указывает на преобладание горизонтальных растягивающих напряжений субширотного направления.

Результаты геолого-геофизических исследований, выполняемых во время сезонных экспедиций, позволили получить новые данные про геологическое строение Западной Антарктики и ее эволюцию в фанерозе. Антарктический полуостров (АП) представляет собой мезо-кайнозойскую

магматическую дугу юго-восточной окраины Тихого океана. Последние геофизические исследования показывают, что АП может рассматриваться как аккреционный коллаж микроплит и террейнов, сформированный в результате аккреции и субдукции океанической литосферы моря Беллингсаузена под АП. Эти составные террейны и микроплиты довольно хорошо отражаются в потенциальных полях, и, прежде всего, в магнитном поле. Пояса сильных гравитационных и магнитных аномалий, наблюдаемые вдоль шельфа АП и самого полуострова, указывают на присутствие огромного батолита АП, состоящего из серии плутонов различного возраста и состава с преобладанием пород основного состава (диориты, габбро, габбро-нориты). АП является самым изученным регионом Антарктики методом глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ). Здесь в 1970-1990 гг. Польской Академией Наук было отработано 20 профилей ГСЗ общей протяженностью около 4000 км, что позволило изучить скоростную структуру коры региона и построить карту глубин Мохо. В результате было установлено, что АП подстилается толстой (37-40 км) континентальной корой, которая утоняется к западу в направлении моря Беллингсаузена и пролива Дрейка. Для построения разреза литосферы от моря Беллингсаузена к АП мы использовали в качестве структурной основы профили ГСЗ, пересекающие как пассивный, так и активный сегменты континентальной окраины АП. Проведенная интерпретация гравитационных и магнитных аномалий показала, что кора шельфа АП насыщена телами высокой плотности и намагниченности, подчас не совпадающими между собой, которые могут представлять различные террейны аккреционного коллажа АП.

В результате были выявлены новые особенности структуры коры, отсутствовавшие в скоростных моделях, и, что особенно важно, была построена модель коры на гораздо большем протяжении, чем сам сейсмический профиль. Кратко основные результаты можно сформулировать следующим образом:

- структура литосферы по линии профиля, пересекающего Тихоокеанскую окраину от моря Беллингсаузена через остров Анверс к Антарктическому полуострову, представляет собой типичную пассивную континентальную окраину конвергентного типа;

- комплексная модель по профилю через пролив Дрейка – Южно-Шетландские острова – пролив Брансфилд – Антарктический полуостров характеризует строение активной континентальной окраины с современными тектоническими процессами (медленной субдукцией океанической литосферы пролива Дрейка под Антарктический полуостров, континентальным рифтогенезом в проливе Брансфилд с неовулканической активностью);

- три основные блока коры – океанический, континентальный и

переходный блок подстилаются верхней мантией разной плотности. Самые низкие плотности характеризуют аномальную верхнюю мантию под Южно-Шетландскими островами и проливом Брансфилд, отражая, таким образом, ее температурную активизацию и деплетированность.

Новые данные петрофизических, геохимических, геохронологических и палеомагнитных исследований позднемеловых – палеогеновых интрузивных и эффузивных комплексов свидетельствуют о непрерывном характере развития активной континентальной окраины АП, от стадии ее зарождения до коллапса. Для большинства проанализированных пород ранних ассоциаций андийского комплекса (96-88 млн. лет назад) отчетливо определяется субдукционно-обогащенный литосферный источник. Для более молодых раннекайнозойских образований (около 60 млн. лет) отмечен гетерогенный источник, возникший в результате смешения субдукционного и обогащенного астеносферного компонентов. Результаты палеомагнитных исследований свидетельствуют об отсутствии значительных (в пределах точности палеомагнитного метода) широтных перемещений блока Антарктического полуострова относительно Восточной Антарктиды за последние 100 млн. лет. Это подтверждает гипотезу, что раскрытие пролива Дрейка в олигоцене происходило за счет дрейфа Южной Америки к северу относительно стабильного по местоположению Антарктического кратона. Также подтверждается возможность значимого перемещения Южных Шетлендских островов относительно блока Антарктического полуострова в палеоцене - эоцене.

Одним из направлений морских экспедиционных исследований является проведение геоэлектрических измерений методами становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ). Новая методика, открывающая дополнительные возможности картирования залежей полезных ископаемых, основана на выделении и обработке резонансных частот электромагнитного поля, характерных для каждого реперного типа углеводорода или интегральных спектров для их соединений. Съёмками, выполненными в течение трех сезонов на антарктическом шельфе (вблизи о. Анверс) были обнаружены четыре аномалии типа «залежь углеводородов», а зондированием ВЭРЗ в их пределах (интервал глубин от 400 до 3300 м) выделены аномально поляризованные пласты (мощностью от 40 до 100 м), при этом наиболее крупные и мощные пласты залегают на глубинах 1600-1800 м. Общая площадь этих аномалий, подтвержденных также спутниковыми данными, оценена около 900 кв. км.

Для аномалий типа «залежь газогидратов» на материковом склоне Южно-Шетландских островов определены параметры двух аномально поляризованных пластов газогидратов мощностью от 100 до 500м, залегающих на глубине от 500 до 1000м ниже поверхности дна. По комплексу

данных (сейсморазведка, новые технологии геоэлектрических и дистанционных зондирований) определены основные параметры толщи газогидратов, включая положение в разрезе, мощность и протяженность отдельных скоплений. Наличие вблизи Южных Шетлендских островов целого ряда «спутниковых» аномальных зон, выходящих за пределы сейсмических BSR-зон, показывает, что запасы газогидратов на данном участке континентальной окраины АП значительно (на 25-30%) превышают подсчитанные ранее. Эти результаты подтверждают высокие перспективы нефтегазоносности континентальной окраины Антарктического полуострова.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ОКРЕСТНОСТЕЙ ПОЛЕВОЙ БАЗЫ «ГОРА ВЕЧЕРНЯЯ» (ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА)

О.И. Бородин¹, В.Е. Мямин², Ю.Г. Гигиняк¹, А.А. Гайдашов³

*¹ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», Минск,
borodinoi_zoo@mail.ru*

*²Белорусский государственный университет, Минск,
vladmiamin@mail.ru*

*³Республиканский центр полярных исследований, Минск,
alexis_33@inbox.ru*

Целенаправленные исследования биологического разнообразия восточной части оазиса Молодежный, регионе расположения полевой базы «Гора Вечерняя», проводятся белорусскими специалистами начиная с 2007 года [3]. Первые фрагментарные данные, касающиеся главным образом водных объектов, были получены уже при проведении I Белорусской антарктической экспедиции (БАЭ) (2006-2007 гг.).

Большой массив данных был получен в результате исследований проведенных во время полевых сезонов II БАЭ (2008-2009 гг.) и V БАЭ (2012-2013 гг.). За время работы экспедиции были проведены рекогносцировочные исследования на территории всей восточной части оазиса от мыса Рог на западе до основания ледника Хейса на востоке (рис. 1). Первоочередное внимание при этом уделялось всем обитающим в регионе таксонам животных и низших растений. А во время прохождения V БАЭ – также и прокариотическим микроорганизмам.



Рисунок 1 – Фрагмент оазиса Молодежный, охваченный биологическими исследованиями Белорусских антарктических экспедиций

В частности, в течение всего периода работы осуществлялась фото- и видеосъемка птиц и млекопитающих, обитающих в регионе. Наиболее обширные материалы получены для южнополярного поморника (*Stercorarius skua*) и пингвина Адели (*Pygoscelis adelia*). Всего в результате проведенных исследований в регионе зарегистрированы представители 7 видов птиц из 3 отрядов: *Pygoscelis adeliae*, *Aptenodytes forsteri* (Sphenisciformes), *Stercorarius skua* (Charadriiformes), *Pagodroma nivea*, *Daption capensis*, *Oceanites oceanicus* и *Fulmarus glacioides* (Procellariiformes), а также 2 вида млекопитающих: *Leptonychotes weddelli* и *Lobodon cancellatus* (Pinnipedia).

Сбор информации осуществлялся как во время проведения стационарных учетных наблюдений, так и при прохождении маршрутов. Основная масса регистраций относится к трем видам птиц: южнополярный поморник, пингвин Адели и качурка Вильсона, а также одному виду тюленей – тюлень Уэдделла. Указанные три вида птиц гнездятся в регионе исследования, для них зафиксированы географические координаты мест гнездований. Кроме того, в процессе наблюдений были выявлены особенности распределения ластоногих, как на ледовой поверхности бухт, так и на скальных обнажениях. С использованием GPS-технологий нанесена на карту колония пингвина Адели, расположенная на мысу Гнездовом.

В процессе работы, при обнаружении брошенных яиц, главным образом пингинов, осуществлялся их сбор, также коллектировались погибшие птенцы пингинов и поморника. Следует отметить, что на трупе суточного птенца *S. skua* были обнаружены пухоеды (Ectognatha: Mallophaga), которые пока являются единственными представителями высших насекомых (Класс Открыточелюстные) в регионе исследований. Предварительное изучение линочных перьев пингинов Адели и помор-

ников, а также поверхностный осмотр разновозрастных птенцов и взрослых птиц не дал положительных результатов на предмет обнаружения паразитических членистоногих.

Кроме того, в различных частях оазиса коллектированы костные фрагменты пингвинов Адели, а также многочисленные элементы скелета других видов птиц и млекопитающих. Выявлены места скоплений данных фрагментов, не связанные с гнездовыми территориями поморников. Отмечены точки, где регулярно происходит гибель отдельных особей императорских пингвинов, вероятно случайно попадающих в этот регион во время миграций.

Также в течение полевого сезона в выбранных для мониторинга станциях, выполнен тотальный сбор зоо- и фитопланктона при помощи рачковой сети и сети Апштейна либо путем непосредственной фиксации пробы воды из таялок. В результате, в регионе зарегистрировано не менее 100-110 видов водорослей, относящихся к 10 отделам и не менее 10-15 видов коловраток, ракообразных (преимущественно Anomopoda) и тихоходок развивающихся в таялках и озерах.

С использованием сконструированных приманочных ловушек, а также с помощью драг получены первичные данные по бентосным живым организмам, обитающим в бухте Лазурная. В результате коллектированы и зафиксированы представители типов Spongia, Coelenterata, Annelida (Polychaeta), Mollusca (главным образом, Gastropoda), Arthropoda (преимущественно Pantopoda, Crustacea), Echinoidea (Asteroidea, Echinoidea и Ophiuroidea). Материал в подавляющем своем большинстве передан на определение специалистам из Зоологического института РАН. Согласно выполненному нами ранее анализу таксономического разнообразия бентосных морских беспозвоночных, зарегистрированных в прошлом веке в заливе Алашеева [1] и дополненному оригинальными данными, в регионе обитает не менее 150 видов бентосных беспозвоночных животных. На наш взгляд, при более детальном обследовании бухт, примыкающих к восточной части оазиса Молодежный, таксономический список животных, как и морских видов растений, будет существенно расширен. Особый интерес с этой точки зрения представляют банка Креветка в бухте Лазурная и банка Тревожная в бухте Вечерняя. Вполне возможно, что эти подводные возвышенности, по всей видимости, представляют собой своеобразные точки разнообразия бентосных животных, из которых вероятно восстанавливаются сообщества на участках дна испытывающих регулярное механическое воздействие со стороны формирующихся здесь айсбергов. Это особенно актуально для бухты Лазурная, где практически ежегодно отмечается формирование большого количества разноразмерных айсбергов за счет разрушения части ледника Хейса.

В процессе работы с различных глубин помимо животных были из-

влечены фрагменты бурых водорослей. На иглах морских ежей в массе обнаружены фрагменты талломов красных водорослей *Phyllophora antarctica*. В свою очередь на водорослях были обнаружены эпибионтные животные, часть из которых также передана на обработку в ЗИН РАН.

Учитывая особенности ледовой обстановки в районе исследования, сбор ихтиологического материала проводился нами только с использованием крючковой снасти. В течение полевых сезонов II и V БАЭ было добыто около 400 экземпляров нототениевых рыб, относящихся к 5 видам: *Nototenia neglecta*, *Trematomus bernachi*, *T. hansonii*, *T. newnesi* (Nototheniidae) и *Gymnodraco acuticeps* (Bathydraconidae). Сбор материала осуществлялся с разных глубин в диапазоне от 12 до 60 м. В процессе работы отмечено 100% заражение собранных рыб нематодами, и плероцеркоидами цестод, скребнями. В частности, к настоящему времени установлена видовая принадлежность *Ascarophis nototheniae*, *Contracecum osculatum* (Nematoda), *Metacanthocephala campbelli*, *M. johnstoni* (Acanthocephala) и др.

Кроме того, наружный осмотр рыб позволил собрать 26 экземпляров пиявок и около 20 экземпляров паразитических веслоногих рачков (Copepoda, Cyclopoidea). На отдельных экземплярах пиявок зарегистрированы сверхпаразитические черви.

Сбор гербарного материала осуществлялся в трех направлениях: сбор лишайников, мхов и наземных водорослей. Суммарно, за весь период исследований было отобрано более 1500 образцов лишайников, 50 образцов мха, 60 образцов наземных водорослей из более 200 точек. Кроме того, отмечены смешанные пробы, в которых одновременно присутствуют представители трех групп. В частности, речь идет о бриофитных лишайниках, коллектируемых совместно с мхами, а также о эпи- и эндолитических водорослях, коллектируемых совместно с субстратами на которых произрастают лишайники. В течение полевого сезона V БАЭ были собраны данные по проективному покрытию наземными растениями скальных обнажений. Часть полученных данных уже нашла отражение в печати [2].

Параллельно в лабораторных условиях проводилось обследование собранного материала на предмет наличия микроартропод. Отдельные образцы мхов и лишайников помещались в фотоэксектор либо подвергались флотационной обработке с последующим детальным обследованием образцов при помощи бинокулярного микроскопа. В результате в 26 точках обнаружено около 300 экземпляров не менее чем 15 видов Asagi, 3 видов Collembola. Материал передан на определение коллегам из Киевского национального университета.

Также в течение полевого сезона 2012-2013 гг. был проведен мо-

иторинг количества санитарно-показательных микроорганизмов в местах проживания, водозабора и на прилегающих к станции территориях в начале и конце сезона. В исследуемых пробах определялось общее количество микроорганизмов, количество бактерий кишечной группы, анаэробных микроорганизмов, термофильных микроорганизмов. Особое внимание уделялось микробиологическому контролю мест водозабора. В результате проведенного мониторинга установлено, что наиболее оптимальным с микробиологической точки зрения является водозабор из озера Нижнее.

Кроме того, была создана коллекция чистых культур микроорганизмов, выделенных из 11 пресноводных водоемов, расположенных на мысу бухты Лазурная. Всего было выделено 89 чистых культур, различающихся по физиолого-биохимическим свойствам. Часть из выделенных микроорганизмов относится к психрофилам. Чистые культуры бактерий выделены из некоторых районов прибрежного снега, характеризующихся цветением в силу развития диатомовых водорослей.

Таким образом, можно констатировать, что первичными исследованиями охвачены многие группы живых организмов, обитающих в окрестностях полевой базы «Гора Вечерняя». При этом таксономическое разнообразие различных групп изучено далеко не равномерно. По многим таксонам, особенно включающим виды, обитающие в морской среде, данные, безусловно, носят фрагментарный характер. По некоторым группам, например, по протозойным протистам, данных пока нет вообще. Все эти нюансы должны быть в перспективе учтены при подготовке и обосновании планов научно-исследовательских работ в регионе.

Литература

1. Гигиняк Ю.Г., Бородин О.И. Современное состояние изученности таксономического разнообразия беспозвоночных животных шельфовой зоны залива Алашеева (море Космонавтов, Восточная Антарктида)// Природные ресурсы, 2011. 2. С. 119-126.
2. Гигиняк Ю.Г., Яцына А.П., Бородин О.И. Новые данные о лишайниках Земли Эндерби (Восточная Антарктида)// Доклады Национальной академии наук Беларуси, 2012. 56 (3). С. 249-252.
3. Giginyak Y.G., Borodin O.I., Miamin V.E. Potential biological resources of Antarctic coast ecosystems in the region of activity of Belarusian Antarctic expedition// International Antarctic conference IAC2013, Kiev, Ukraine, 2013. P. 131-132.

МОНИТОРИНГ ОЗОНА И ДВУОКИСИ АЗОТА НА СТАНЦИИ «ПРОГРЕСС», ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА

И.И. Бручковский, А.Н. Красовский, В.С. Демин
*Национальный научно-исследовательский центр мониторинга
озоносферы БГУ, Минск, nomrec@bsu.by*

На российской антарктической станции Прогресс проводились параллельные измерения при помощи прибора МАХ-DOAS и спектро-радиометра ПИОН-УФ с 5 янв. 2014 г. по 28 фев. 2014 г. Оба прибора располагались на открытом воздухе.

Целью проведения измерений было восстановление вертикального распределения двуокиси азота и озона в атмосфере и исследование их изменчивости за период измерений.

Прибор МАХ-DOAS был разработан в БГУ, в 2013 году участвовал в процедуре международных сравнений MAD-CAT 2013 в г. Майнц, Германия. Этот прибор способен регистрировать спектры рассеянного солнечного света на различных углах возвышения в пределах максимальной апертуры 1.3 градуса. В данном исследовании использовалась апертура 0.3 градуса и 12 углов возвышения, включая зенитное направление. В сутки регистрировалось около 7000 спектров в диапазонах 351-434 нм или 403-486 нм, которые обрабатывались методом DOAS в результате чего получались дифференциальные наклонные содержания озона, двуокиси азота и димера кислорода. Далее, с использованием модели переноса излучения Libradtran, из полученных наклонных содержаний восстанавливались вертикальные содержания озона и двуокиси азота.

Прибор спектро-радиометр ПИОН-УФ был разработан в НИИЦ МО БГУ, способен регистрировать спектры рассеянного солнечного света со всей полусферы в диапазоне 280-430 нм.

Используя метод Стамнеса из полученных спектров восстанавливалось ОСО. В данной работе представлен ряд полученных данных и его анализ.

ЗАМЕТКИ ПО СОСТАВУ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕР В РАЙОНАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БЕЛОРУССКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ ЭКСПЕДИЦИЙ

В.В. Вежновец

Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам», Минск

Обработано 2 количественные и 23 качественные пробы из различных местообитаний пресноводных озер и «таялок» на станциях и полевых базах «Гора Вечерняя», Дружная-4, Мирный, Новолазаревская, Прогресс и Русская. В таблице 1 приведены краткие сведения о станциях, где были встречены водные беспозвоночные животные.

Таблица 1 – Краткое описание станций отбора проб

№	Описание станции
1	ст. Прогресс, оз. Степетт, проба № 103, 6.02 2011, Гигиняк Ю.Г.
2	п/б «гора Вечерняя», оз. Верхнее, проба № 104, донные отложения, Гигиняк Ю.Г.
3	ст. Русская, 24.01. 2010, вскрытое озеро, гл. около 1 м
4	ст. Новолазаревская, оз. Поморник, у протоки в оз. Глубокое, поверхность, 14.01. 2010, Андреев М.П.
5	ст. Мирный, о-в Хасуэл, таялка, проба № 7, 6.01.2011, Гигиняк Ю.Г.
6	ст. Мирный, о-в Хасуэл, таялка, проба № 8, 6.01.2011, Гигиняк Ю.Г.
7	ст. Мирный, о-в Хасуэл, таялка, водорослево-бактериальные маты, проба №11, 6.01.2011, Гигиняк Ю.Г.
8	ст. Мирный, о-в Хасуэл, таялка, водорослево-бактериальные маты, проба № 12, 6.01.2011, Гигиняк Ю.Г.
9	ст. Дружная-4, озеро у берега, проба № 36, 29.01.2011, 50 л ч/з 45 мк, Гигиняк Ю.Г.
10	ст. Прогресс, проба № 1 51-1, тотальный, планктонный сачек, 01.2011, Гайдашев А.А.
11	ст. Прогресс, проба № 2 52-2, тотальный, планктонный сачек, 01.2011, Гайдашев А.А.
12	ст. Прогресс, проба № 3 55-3, тотальный, планктонный сачек, 01.2011, Гайдашев А.А.

№	Описание станции
13	ст. Прогресс, проба № 4 54-4, тотальный, планктонный сачек, 01.2011, Гайдашев А.А.
14	ст. Прогресс, проба № 5 55-5, тотальный, планктонный сачек, 01.2011, Гайдашев А.А.
15	ст. Прогресс, проба № 6 56-6, тотальный, планктонный сачек, 01.2011, Гайдашев А.А.
16	ст. Прогресс, проба № 7 57-7, тотальный, планктонный сачек, 01.2011, Гайдашев А.А.
17	ст. Прогресс, проба № 8 58-8, тотальный, планктонный сачек, 01.2011, Гайдашев А.А.
18	ст. Прогресс, проба № 9 59-9, тотальный, планктонный сачек, 01.2011, Гайдашев А.А.
19	ст. Прогресс, проба № 10 60-10, тотальный, планктонный сачек, 01.2011, Гайдашев А.А.
20	ст. Прогресс, проба № 11 61-11, тотальный, планктонный сачек, 01.2011, Гайдашев А.А.
21	ст. Прогресс, проба № 12 62-12, тотальный, планктонный сачек, 01.2011, Гайдашев А.А.

Таблица 2 – Видовой состав зоопланктона исследованных пресноводных водоемов

№ станции	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Rotifera																						
<i>Encentrum saundersidae</i>											×											
<i>Bdelloidea sp.</i>	×		×	×			×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
<i>Lepadella patella</i>		×									×											
<i>Philodina alata</i>			×	×				×					×									
<i>Eriphanes senta</i>									×	×		×			×							×
<i>Collotheca sp.</i>								×														
<i>Notholca verae</i>															×	×						×
Crustacea																						
<i>Soropoda sp.</i>							×				×	×	×									
<i>Daphnia stuederi</i>															×							×
Всего в пробе	1	1	2	2	0	0	1	2	2	2	4	3	1	3	4	2	1	1	1	1	1	4
Прочие																						
<i>Tardigrada sp.</i>	×							×	×	×	×		×	×	×		×			×	×	×
<i>Infusoria sp.</i>					×		×	×	×					×								

В результате обработки идентифицировано 7 видов и форм коловраток (таблица 2). Из ракообразных в двух водоемах обнаружена *Daphnia studei*. Кроме молоди и нескольких половозрелых особей впервые найден 1 экземпляр самца этого вида.

Найдены единичные особи копепод младших стадий развития, которые не поддаются определению. Исследованные водоемы не отличались богатством фауны. В большинстве из них встречались 1-2 таксономические единицы. В основном это прибрежные и придонные формы. Однако в некоторых (11; 15 и 21) число видов доходило до 4. Наиболее часто встречаются виды подкласса Bdelloidea, которые сжимаются при воздействии консервантов и установить их видовую принадлежность возможно лишь на живых особях.

Для некоторых станций, где было достаточно изученного материала, по качественным сборам удалось установить относительную плотность (таблица 3). Как видно из представленной таблицы основу численности составляют бделлоидные коловратки, остальные животные только в некоторых водоемах достигают значительной плотности.

Таблица 3 – Относительная плотность (%) животных в изученных водоемах на ст. Прогресс

№ водоема	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rotifera												
Bdelloidea sp.	54	94	57	100	86	4	98	100	100	100	100	81
<i>Philodina alata</i>					2							
<i>Epiphanes senta</i>	46		14			81						2
<i>Lepadella patella</i>		2										
<i>Notholca verae</i>						14	2					2
<i>Encentrum saundersidae</i>		2										
Crustacea												
Copepoda sp.		2	29		1							
<i>Daphnia studei</i>						2						15

Установлены размерные характеристики некоторых видов, которые встретились в пробах в достаточном количестве. Прежде всего, это касается дафнии. Измерено 15 экземпляров самок неповрежденных особей

этого вида. Минимальные размеры самок составили 1,16 мм при максимальных 2,16 и средних 1,76 мм. Встреченный единственный экземпляр самца составил 1,08 мм. Предельные размеры самок совпадают с приведенными в литературе сведениями (2,1-2,5 мм), а встреченный экземпляр самца немного ниже приводимых данных (1,4-1,8мм) [1]. Фото самки и самца приводим ниже (рис. 1).

Установлено двуполое размножение у одного из наиболее часто встречаемых в пробах вида коловраток *Eriphanes senta* (рис. 2). Самки этого вида крупнее самцов и достигали размеров в наших сборах 550 мк, самцы отличались меньшими максимальными размерами 210 мк.

Как и у других коловраток самцы не имели мастакса, особи выглядели более прозрачными (рис. 3). Процент самцов в популяциях на станции 10 составлял 43%, на станции 15 -19%.

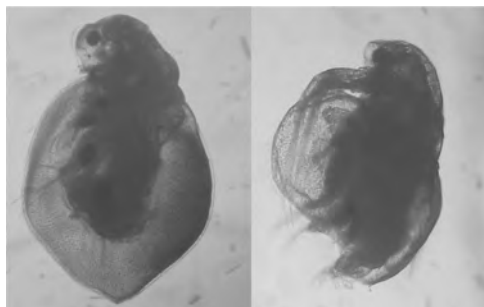


Рисунок 1 – Фото самки (слева) и самца ветвистоусого рачка *Daphnia stuederi*



Рисунок 2 – Самец коловратки *Eriphanes senta*

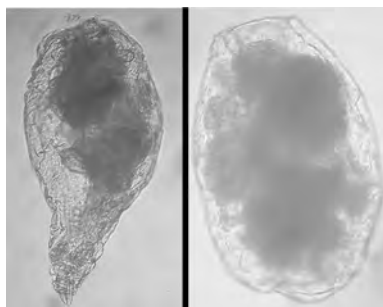


Рисунок 3 – Самки *Eriphanes senta* при разной степени сжатия тела после консервации

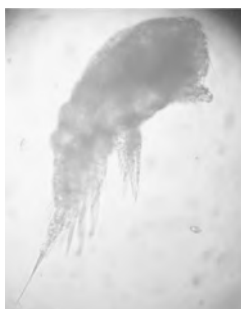


Рисунок 4 – Циклопоидная копепода (старшая копеподитная стадия развития)

Литература

1. Benzie J.A.H. The genus *Daphnia* (including *Daphniopsis*) (Anomopoda: Daphniidae). Guides to the identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. 2005. Vol.21. 376 p.

БЕЛАРУСЬ В АНТАРКТИКЕ: 2006-2014 ГГ. СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

А.А. Гайдашов

*ГУ «Республиканский центр полярных исследований», Минск
alexix_33@inbox.ru*

1.1. Краткий исторический обзор

Более 100 белорусских специалистов с 1956 по 1991 год принимали

участие в исследовании и освоении Антарктики в составе Комплексных и Советских антарктических экспедиций.

2006 г. Президентом Республики Беларусь Александром Лукашенко подписан Закон Республики Беларусь «О присоединении Республики Беларусь к Договору об Антарктике».

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь утверждена Государственная целевая программа «Мониторинг полярных районов Земли и обеспечение деятельности арктических и антарктических экспедиций на 2007-2010 годы и на период до 2015 года».

2007 г. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь создан рабочий орган управления Государственной программой: государственное учреждение «Республиканский центр полярных исследований».

2008 г. Президентом Республики Беларусь Александром Лукашенко подписан Указ «О присоединении Республики Беларусь к Протоколу по охране окружающей среды к Договору об Антарктике».

2011 г. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 10 мая 2011 года № 587 «О некоторых вопросах организации исследований полярных районов Земли и обеспечение деятельности арктических и антарктических экспедиций на 2011-2015 годы» (далее – Государственная программа).

2012 г. По поручению Совета Министров Республики Беларусь Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Национальной академией наук Беларуси разработан перспективный план поэтапного создания в период 2014-2018 годов Белорусской антарктической станции.

2013 г. 28 марта 2013 года для координации деятельности по исполнению международных обязательств Республики Беларусь в рамках Договора об Антарктике и Протокола по охране окружающей среды к указанному Договору в Республике Беларусь создана Межведомственная комиссия Республики Беларусь по вопросам Антарктики, в которую вошли представители 10 министерств и организаций Республики Беларусь, участвующих в реализации мероприятий Государственной программы.

1.2. Цели и задачи Государственной программы

Главной целью выполнения Государственной программы является развертывание научных исследований и мониторинга состояния природной среды полярных регионов Земли, направленных на получение Республикой Беларусь статуса равноправного участника мирового процесса по исследованию и использованию высокоширотных районов планеты, обеспечение ее долгосрочных политических, экономических и научных интересов в полярных областях, выполнение международных обязательств

в рамках Договора об Антарктике и Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике.

Для достижения этой цели, с учетом результатов работ, выполненных на первом этапе Государственной целевой программы в 2007-2010 годах, задачами Государственной программы на период 2011-2015 годы являются:

- проведение комплексных научных исследований и технических разработок для изучения состояния и мониторинга окружающей среды Антарктики, развитие современной системы комплексного мониторинга окружающей среды в районе работы Белорусской антарктической экспедиции с использованием дистанционных систем наблюдений;
- проведение научных экспедиций и формирование инфраструктуры белорусской антарктической базы, оснащение современным технологическим оборудованием, внедрение в практику разработанных в рамках Государственной программы новых методов, технологий и приборов путем апробирования в полярных экспедициях;
- развитие международного сотрудничества в сфере изучения полярных районов Земли, интеграция систем наблюдений в международные сети мониторинга окружающей среды, выполнение мероприятий, направленных на получение Республикой Беларусь статуса Консультативной стороны Договора об Антарктике.

2. Реализация Государственной программы на современном этапе

2.1. Проведение комплексных научных исследований и технических разработок для изучения состояния и мониторинга окружающей среды Антарктики

Научное обеспечение Государственной программы организуется по следующим направлениям:

- комплексный наземный и спутниковый мониторинг тропосферного аэрозоля, облаков и подстилающей поверхности в Антарктиде, разработка дополнительных каналов зондирования тропосферного озона и стратосферных полярных облаков и создание приборного, методического и программного обеспечения для калибровки спутниковых оптических инструментов на полигоне в Антарктиде;
- организация и проведение комплексных исследований состояния озоносферы и ультрафиолетовой радиации в Антарктике, гидрометеорологическое обеспечение деятельности белорусской антарктической экспедиции и проведение климатических исследований;
- разработка радиотехнических средств для мониторинга снежно-ледяного покрова и атмосферы в полярных районах;
- геофизические и геохимические исследования земной коры в Антарктиде в районах базирования белорусских антарктических экспедиций;

- оценка перспектив использования возобновляемых живых ресурсов прибрежных экосистем Антарктики и воздействия на окружающую среду деятельности, связанной с организацией и функционированием белорусской антарктической базы.

Все пять научных направлений по согласованию с российской стороной ежегодно реализуются в полевых условиях Антарктиды в рамках проведения очередных Белорусских антарктических экспедиций (далее – БАЭ) в составе Российской антарктической экспедиции.

2.2. Проведение научных экспедиций и формирование инфраструктуры белорусской антарктической станции

В период с 2006 по 2014 гг. в рамках реализации мероприятий Государственной программы организовано шесть Белорусских антарктических экспедиций в составе Российской антарктической экспедиции, в которых, в общей сложности, приняли участие 22 белорусских специалиста.

2.2.1. Места базирования белорусских специалистов в Антарктике

Местами базирования белорусских специалистов в период с 2006 по 2014 годы на антарктическом континенте и в зоне действия Договора об Антарктике являлись:

- 2006-2009 гг. – российская антарктическая полевая база Молодежная и полевой лагерь БАЭ, развернутый в месте расположения инфраструктуры российской полевой базы «Гора Вечерняя»;

- 2010-2011 гг. – борт НЭС «Академик Федоров», а также (кратковременно) российские антарктические станции Мирный и Прогресс;

- 2011-2013 гг. – российская антарктическая полевая база Молодежная и полевой лагерь БАЭ, развернутый в месте расположения инфраструктуры российской полевой базы Гора Вечерняя, а также (кратковременно) российские антарктические станции Новолазаревская и Беллинсгаузен;

- 2013-2014 гг. – российская антарктическая станция Прогресс.

Для размещения белорусских специалистов в месте расположения инфраструктуры российской полевой базы «Гора Вечерняя» использовался комплекс цельнометаллических унифицированных блоков (ЦУБ), предоставленный российской стороной во временное безвозмездное пользование.

Жизнедеятельность полевого лагеря БАЭ у горы Вечерняя обеспечивается двумя дизельными генераторами, оснащенными двигателями немецкой фирмы DEUTZ, мощностью 20 и 60 кВт. Указанные генераторы смонтированы в специально оборудованных, экологически безопасных контейнерах и оснащены дистанционной автоматической системой запуска и контроля параметров работы двигателя. Помимо этого, в распоряжении участников БАЭ имеются две аварийные генераторные установ-

ки немецкой фирмы GEKO мощностью 7 и 6 кВт, которые размещены в сооружениях контейнерного типа на удалении 50-150 м от основного лагеря БАЭ.

Для передачи информации и контактов с внешним миром в распоряжении участников БАЭ имеются две станции спутниковой связи системы ИНМАРСАТ и два спутниковых телефона ИРИДИУМ.

Для производства сезонных работ и проведения наземных транспортных операций в распоряжении участников БАЭ имеются три снегохода финского производства LYNX, гусеничный квадроцикл канадского производства QUTLANDER «APACHE» и гусеничный снегоболотоход российского производства «БОБР».

За период функционирования в 2006-2013 гг. в полевом лагере БАЭ у горы Вечерняя создана надежная система жизнеобеспечения для проведения сезонных работ и исследований экспедиционного персонала в количестве до 6 человек.

2.2.2. Белорусская антарктическая станция

Создание Белорусской антарктической станции предусмотрено заданиями Государственной программы, а также планом создания белорусской антарктической станции, утвержденным в 2012 году Минприроды Республики Беларусь и НАН Беларуси и согласованным с Министерством финансов Республики Беларусь.

При разработке задания на разработку концептуального проекта Белорусской антарктической станции учитывался современный зарубежный (включая российский) опыт строительства аналогичных объектов полярной инфраструктуры, а также использован практический опыт, накопленный белорусскими полярниками в период их работы в антарктических экспедициях. Проектирование производственно-жилых и специальных модулей для создания белорусской антарктической станции осуществлялось с учетом положений Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике.

В соответствии с планом создания белорусской антарктической станции в 2014-2018 гг. в ее состав поэтапно планируется включить от 6 до 8 производственно-жилых модулей и специальных павильонов, предназначенных для обеспечения жизнедеятельности коллектива до 12 человек при проведении сезонных (на срок до 6 месяцев) и зимовочных (на срок до 18 месяцев) белорусских антарктических экспедиций в экстремальных климатических условиях Антарктиды.

2.2.3. Природоохранная деятельность

В соответствии с требованиями Протокола по охране окружающей среды в 2012 году в Республике Беларусь была подготовлена Первоначальная оценка окружающей среды в районе предполагаемого строительства Белорусской

антарктической станции (далее – БАС) на Холмах Тала у горы Вечерняя в Восточной Антарктиде. В рамках подготовки первоначальной оценки воздействия разработан предварительный вариант предложений по снижению воздействия на окружающую среду, которым предусмотрены меры по снижению выбросов загрязняющих веществ, сбросов сточных вод, образования и утилизации отходов, предотвращения утечек топлива, планирования маршрутов исследований, а также подготовлены предложения по программам мониторинга, ориентированным на оценку точности прогнозов воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и на выявление непредвиденных последствий.

В настоящее время в Республике Беларусь проведена подготовка проекта Всесторонней оценки окружающей среды, который в установленном порядке направлен для замечаний всем Сторонам Договора об Антарктике, а также представлен в адрес Комитета по охране окружающей среды с целью рассмотрения на XXXVII Консультативном Совещании по Договору об Антарктике.

Проведенная первоначальная оценка воздействия показала, что строительство и дальнейшее функционирование БАС в районе полевой базы РАЭ «Гора Вечерняя» оценивается в основном как «менее чем незначительное» либо «незначительное или ограниченное во времени».

2.3. Развитие международного сотрудничества в сфере изучения полярных районов Земли

15 марта 2013 года между Правительством Республики Беларусь и Правительством Российской Федерации было подписано «Соглашение о сотрудничестве в Антарктике» (далее – межправительственное Соглашение).

В июне 2013 года в адрес Секретариата Договора об Антарктике и Совета управляющих национальных антарктических программ представлен ежегодный отчет о выполнении программы научных исследований и логистических мероприятий в период 5 БАЭ 2012-2013 гг.

В июле 2013 года создана двухсторонняя рабочая группа по реализации положений Соглашения в составе 8 человек по 4 человека от каждой из сторон. В октябре 2013 года в Санкт-Петербурге состоялось первое заседание вышеназванной рабочей группы.

Представители Минприроды Республики Беларусь и НАН Беларуси в мае 2013 года приняли участие в 36-ом Консультативном Совещании по Договору об Антарктике (далее – КСДА) и в пленарном заседании 16-ой встречи Комитета по охране окружающей среды в Брюсселе. Участие в 36-ом КСДА позволило информировать страны-участников Договора об Антарктике, о деятельности Республики Беларусь в Антарктике за период с 2007 по 2012 года, а также о плане строительства Белорусской антарктической станции в 2014-2018 гг.

Представитель НАН Беларуси в июле 2013 года принял участие в

25-ом заседании Совета управляющих национальных антарктических программ (КОМНАП) в Сеуле (Южная Корея). На пленарном заседании КОМНАП представлен доклад о деятельности Республики Беларусь в Антарктике на современном этапе, а также о планах строительства Белорусской антарктической станции в 2014-2018 гг.

В Санкт-Петербурге 10 октября 2013 года подписано «Соглашение об оказании поддержки работ БАЭ при проведении совместных антарктических операций в рамках 59 РАЭ» между ФГБУ «ААНИИ», РАЭ и ГУ «РЦПИ» и утверждены программы совместных работ по исследованию атмосферного аэрозоля, озоносферы, а также живых морских, пресноводных и наземных биологических ресурсов Антарктики в течение полевых сезонов 6 БАЭ и 59 РАЭ 2013-14 гг.

В целях выполнения поручений Премьер-министра Республики Беларусь М.В. Мясниковича об организации работы по изучению недр Антарктической зоны, между Федеральным государственным научно-производственным предприятием «Полярная морская геологоразведочная экспедиция» (Российская Федерация) и Государственным учреждением «Республиканский центр полярных исследований» (Республика Беларусь) 19 сентября 2013 года подписано «Соглашение о сотрудничестве и совместной деятельности». В рамках указанного Соглашения Стороны договорились о совместной реализации научных программ и проектов по комплексному исследованию Антарктики.

В рамках выполнения поручения Межведомственной комиссии 24 октября 2013 года в Минске, с участием руководства НАН Беларуси и Минприроды Республики Беларусь, организована встреча с Почетным консулом Республики Беларусь в Новой Зеландии Стюартом Праером по актуальным проблемам Антарктики.

3. Заключительные положения

В 2014 году и в последующие годы в рамках реализации мероприятий (заданий) Государственной программы и выполнения международных обязательств Республики Беларусь по Договору об Антарктике и требований Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике планируется развивать следующие, приоритетные направления деятельности:

- ежегодная организация сезонных научных экспедиций;
- расширение функциональных возможностей и улучшение эксплуатационных показателей аппаратных комплексов для дистанционного мониторинга атмосферы и подстилающей (снежной) поверхности;
- получение новых данных о состоянии природной среды Антарктики на основе результатов дистанционного зондирования атмосферы и подстилающей поверхности стационарными и космическими системами наблюдения;

- разработка новых методов, алгоритмов обработки данных и программного обеспечения для измерения параметров природной среды Антарктики;
- мониторинг ключевых параметров окружающей среды Антарктики в месте действия БАЭ;
- получение новых данных для определения прошлых, текущих и прогнозирования будущих изменений антарктической природной среды, исследования морских, пресноводных и наземных экосистем в районах базирования (деятельности) белорусской экспедиции;
- разработка национальной разрешительной системы на деятельность белорусских юридических и физических лиц в Антарктике;
- поэтапное создание в береговой зоне Восточной Антарктиды, начиная с 2014 года, сезонной научно-исследовательской инфраструктуры (станции) оснащенной современным научным, технологическим и природоохранным оборудованием;
- опытное применение возобновляемых источников энергии (ветро- и гелиоэнергетических устройств);
- внедрение современных природоохранных технологий для повышения уровня экологической безопасности и минимизации воздействия деятельности БАЭ на окружающую среду Антарктики в месте постоянного базирования на Земле Эндерби, Холмы Тала, у горы Вечерняя;
- укрепление взаимодействия со странами-участниками Договора об Антарктике, расширение международного сотрудничества в сфере научной, природоохранной и логистической деятельности в Антарктике;
- интеграция исследований в международные научные программы изучения Антарктиды и сети мониторинга атмосферы (AERONET, CIS-LiNet, EARLINET, GALION, GAW, IGACO-O3/UV, GIANT и другие).

СТРАТЕГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И РАЗВИТИЯ БЕЛОРУССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В 2014-2018 ГГ.

А.А. Гайдашов

*ГУ «Республиканский центр полярных исследований», Минск
alexis_33@inbox.ru*

В связи с тем обстоятельством, что Республика Беларусь не располагает собственными средствами доставки в Антарктиду личного состава и грузов национальных антарктических экспедиций, планирование реализации меро-

приятий Государственной программы в части создания белорусской антарктической базы (станции) осуществляется с учетом перспектив двустороннего взаимодействия на основе межправительственного Соглашения о сотрудничестве в Антарктике между Республикой Беларусь и Российской Федерацией. В период проведения сезонных антарктических экспедиций 2006-2013 гг. белорусские специалисты размещались во временно предоставленном российской стороной служебно-жилым сооружением на полевой базе российской антарктической экспедиции «Гора Вечерняя».

За период реализации мероприятий (заданий) Государственной программы в 2007-2013 гг. Республикой Беларусь были выполнены значительные объемы работ в сфере энергетического и транспортного обеспечения деятельности, оснащения средствами спутниковой и УКВ связи белорусской антарктической экспедиции (далее – БАЭ). В результате проведения вышеуказанного комплекса работ в настоящее время в Восточной Антарктиде (Земля Эндерби, Холмы Тала, оазис Молодежный) в районе горы Вечерняя заложена основа для дальнейшего развития национальной антарктической инфраструктуры.

Наличие собственной инфраструктуры в Антарктиде является важным правовым фактором, определяющим присутствие нашего государства на антарктическом континенте в рамках выполнения международных обязательств Республики Беларусь по Договору об Антарктике.

На следующем этапе реализации программных мероприятий (заданий) Государственной программы в 2014-2018 гг. вопросы организации и дальнейшего поддержания национальной инфраструктуры Республики Беларусь в Антарктиде должны рассматриваться в порядке приоритета. Основными требованиями, предъявляемыми к ее созданию, должны стать универсальность и компактность большинства применяемого в полярных условиях технологического и научного оборудования, что позволит использовать объекты белорусской антарктической инфраструктуры в случае необходимости в других регионах Антарктиды.

На этом этапе реализации Государственной программы предлагается использовать следующий подход к организации белорусской антарктической инфраструктуры. Он будет предусматривать создание на ранее обследованной скальной террасе, расположенной в непосредственной близости от полевой базы Российской антарктической экспедиции Гора Вечерняя (150-200 м), собственной сезонной базы (станции), включающей комплекс всех необходимых производственно-технологических и служебно-жилых малогабаритных сооружений модульного (контейнерного) типа.

По предварительным оценкам для организации белорусской сезонной антарктической станции, включающей минимально необходимое количество единиц объектов инфраструктуры, потребуется от 4 до 6 лет

(при условии ежегодной доставки не менее 1-2 единиц функциональных сооружений модульного типа).

Помимо модульных сооружений производственно-бытового назначения, обязательных к первоочередному включению в состав инфраструктуры, создаваемой белорусской антарктической базы (станции), в зависимости от выделенных объемов финансирования и транспортных возможностей российской стороны (использование судов ледового класса), в период 2014-2018 гг. возможна доставка и монтаж других производственно-технологических сооружений модульного типа. К ним относятся: санитарно-гигиенический блок, геофизический (немагнитный) павильон, мусоросжигательная печь, 2-3 гаражно-консервационных бокса для снегоходной техники, складской (продуктовый) отапливаемый павильон и некоторые другие.

Таким образом, в случае наличия у белорусской стороны финансовых возможностей для оплаты транспортно-логистических расходов и при достижении соответствующих договоренностей с российской стороной о попутной доставке готовых конструкций на борту российских судов ледового класса и их монтаже с использованием палубной вертолетной авиации, организация современной национальной сезонной антарктической инфраструктуры займет от 4 до 6 лет.

Указанный вариант создания белорусской сезонной антарктической инфраструктуры позволяет создать необходимые условия для научно-производственной деятельности и размещения персонала в количестве до 12 человек. В виду компактности используемых конструкций и при условии ограничения веса каждой функциональной единицы (модуля) сезонной инфраструктуры до 4-4,5 т. рассматриваемый вариант в должной мере обеспечивает возможность ежегодной попутной доставки на борту российских или иных иностранных судов одного-двух элементов комплекса сезонной инфраструктуры. Поэтапная доставка, начиная с 2014 года, в Антарктиду в район горы Вечерняя необходимого количества служебно-жилых и производственно-технологических модулей, изготовленных в Беларуси и оснащенных необходимым оборудованием и инвентарем жизнеобеспечения, позволит при всех обстоятельствах уже в ближайшие годы заявить о создании сезонной белорусской станции в Антарктиде.

Помимо этого, использование готовых сооружений модульного типа позволит многократно снизить затраты белорусской стороны на создание собственной сезонной антарктической инфраструктуры. Это может реализовываться за счет того, что их разгрузка может производиться с борта корабля с использованием вертолетной авиации с одновременным производством монтажа элементов белорусской сезонной антарктической инфраструктуры в условиях, не требующих производства подготовительных мероприятий и применения специальной техники.

Наличие у Республики Беларусь собственной антарктической станции будет являться одним из определяющих факторов при рассмотрении мировым антарктическим сообществом вопроса о получении Республикой Беларусь статуса Консультативной стороны Договора об Антарктике.

Следует отметить, что предлагаемый вариант организации национальной сезонной антарктической станции полностью отвечает требованиям Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике, так как предлагаемая сезонная научно-практическая деятельность Республики Беларусь с незначительной численностью персонала (10-12 человек) и ограниченным по времени антропогенным воздействием (3-4 месяца в году), в соответствии со Всесторонней оценкой окружающей среды, выполненной белорусскими специалистами в 2013-2014 гг., определяется как имеющая менее чем незначительное или ограниченное во времени воздействие на окружающую среду Антарктики. В соответствии с п. 2, ст. 2, Приложения 1 к Протоколу по охране окружающей среды к Договору об Антарктике указанная сезонная научно-практическая деятельность может осуществляться Республикой Беларусь при условии проведения регулярного мониторинга состояния природной среды.

Возможная передача Российской Федерацией Республике Беларусь на договорной основе отдельных объектов инфраструктуры Российской антарктической экспедиции (далее – РАЭ), расположенных в оазисе Молодежный в Восточной Антарктиде, с целью их дальнейшей модернизации и использования в комплексе с уже имеющимися объектами антарктической инфраструктуры отечественного производства, может рассматриваться как синтезированный или дополнительный путь развития инфраструктуры станции.

Дальнейшее проведение научных исследований и создание национальной инфраструктуры в Антарктике являются важными элементами общегосударственной политики, ориентированной на закрепление позиций Республики Беларусь в южном полярном регионе и реализацию ее геополитических интересов.

В настоящее время Республиканский центр полярных исследований приступил к разработке проекта концепции Государственной программы на 2016-2020 гг.

В соответствии с проектом предлагаемой концепции при финансировании мероприятий (заданий) очередного этапа Государственной программы в 2016-2020 гг. приоритетными будут являться вопросы организации национальной антарктической инфраструктуры, расчеты за предоставленные российской стороной транспортные и логистические услуги, материально-техническое обеспечение деятельности экспедиций, доставка, установка и ввод в действие оборудования для утилизации отходов экспедиционной дея-

тельности и выполнение природоохранных мероприятий. Также планируется проведение комплексных научных исследований и технических разработок для изучения состояния и мониторинга окружающей среды Антарктики, развитие современной системы комплексного мониторинга окружающей среды в районе работы белорусской антарктической экспедиции с использованием дистанционных систем наблюдений.

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ И ТЕКТОНИКА ЗЕМЛИ ЭНДЕРБИ (ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА)

Р.Г. Гарецкий, Г.И. Каратаев

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, nature@ecology.basnet.by

В процессе геолого-геофизического исследования территории Земли Эндерби было установлено, что в геологическом отношении Земля Эндерби аналогична Восточно-Европейской платформе и Восточно-Гатской докембрийской структуре Индостана. В связи с этим при изучении глубинного строения и развития Земли Эндерби широко использовались в качестве аналогов геологические и геофизические закономерности, характерные для этих двух структур.

Так, тектоническое районирование территории Земли Эндерби и прилегающих областей выполнено по гравитационному и магнитному полям в соответствии с критериями, разработанными геологом А.Д. Архангельским и геофизиком В.В. Федынским при изучении тектоники фундамента докембрийской Русской платформы (плиты) в 30-ых годах прошлого века [1].

В геолого-тектоническом плане собственно для Восточно-Антарктической платформы в качестве основных положений примем также результаты исследований Е.В. Михальского [3-6], выделяющего в составе фундамента Восточно-Антарктической платформы блоки, сложенные: а) земной корой архейского возраста; б) архейской корой, интенсивно переработанной протерозойскими тектономагматическими процессами, и включающие некоторую долю протерозойского вещества мантийного происхождения; в) корой протерозойского возраста, причем в территориальном плане палеопротерозойская кора преобладает.

На основании этих закономерностей по аномальному полю силы тяжести в редукции Буге и магнитному полю для территории Земли Эндерби построена карта тектонического районирования (рис. 1). В целом для всего региона выделена субширотная дугообразная система аномальных зон: на севере Вечернегорско-Нейпирскую, южнее прослеживается Улафско-

Североэндербийская и далее Щукинско-Южноэндербийская дуги. Эти дуги секутся Красинско-Вернадской зоной. Следуя в целом представлениям Е.В. Михальского [4-6] о характере формирования фундамента Восточной Антарктиды, тектонические события на территории Земли Эндерби развивались в следующей последовательности. Вдоль северо-восточной окраины Антарктического материка расположена древнейшая архейская дугообразная Вечернегорско-Нейпирская структура, стабилизировавшаяся 2,8-2,5 млрд. лет назад. В протерозое тектонические события активно развивались вглубь континента подчиненно этой структуре: последовательно сформировались две параллельные складчатые системы – сначала в палеопротерозое к 1,8-1,6 млрд. лет Улафско-Североэндербийская, а затем в мезопротерозое к 1,15-0,95 млрд. лет и Щукинско-Южноэндербийская. В последующем в неопротерозое направления тектонических явлений сменились на северо-восточные, в связи с чем к 0,7 млрд. лет образовалась Красинско-Вернадская складчатая система, секущая все три субширотные дугообразные структуры.

Такое последовательно дугообразное развитие тектонических событий хорошо согласуется с циркумполярной структурой Антарктиды, ее округлой формой и с характером расположения сейсмического пояса [2].

Геодинамическая модель формирования тектонической структуры Земли Эндерби представляется в следующем виде. К началу среднего архея в результате магматизма основного-ультраосновного ряда, гранитизации и метаморфизма в гранулитовой фации на объединенной территории Восточной Антарктиды и Индостана сформировался Восточно-Гатско-Вечернегорско-Нейпирский гранито-гнейсовый кратон. Дальнейшее наращивание вокруг него континентальной коры и позднейшие преобразования вещества под влиянием ультраметаморфизма, гранитизации и последующей активизации коры к концу архея завершилось становление зрелой континентальной коры.

При этом в среднем протерозое вокруг Восточно-Гатско-Вечернегорско-Нейпирского кратона сформировался Улафско-Североэндербийско-Куддапахский подвижный пояс – прогиб. В позднем протерозое, характерном формированием подвижных поясов, возник Индо-Антарктический субширотный вулcano-плутонический пояс рифтогенного происхождения, разделивший Восточно-Гатско-Вечернегорско-Нейпирский гранито-гнейсовый кратон на две части: Восточно-Гатскую и Вечернегорско-Нейпирскую. В последующем этот пояс, в силу активных горизонтальных движений перерос в спрединг, в конечном итоге разорвавший Антарктический и Индийский континенты. Реликты этого спрединга сегодня мы видим в виде сейсмического пояса [2]. По всей вероятности, и надвиг Восточно-Гатской системы на Куддапахскую впадину произошел по этой же причине. Следуя аналогии, можно ожидать, что такого рода надвиг имеет место и между Вечернегорско-Нейпирской и Улафско-Североэндербийской структурами Восточной Антарктиды.

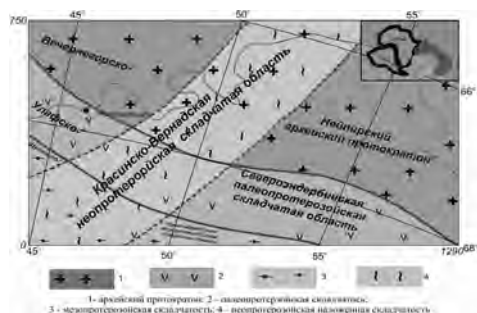


Рисунок 1 – Карта тектонического районирования Земли Эндерби

Первые исследования глубинного строения земной коры Восточной Антарктиды были выполнены советскими геофизиками из МГУ П.А. Строевым, С.А. Ушаковым и А.И. Фроловым в шестидесятых годах XX века [7,8]. По их оценкам в районе Земли Эндерби мощность земной коры изменяется плавно и незначительно и составляет примерно 33-38 км, при этом непрерывно возрастающая с севера на юг. Это позволяет предполагать, что образование гор Земли Эндерби произошло без компенсационного увеличения мощности коры. Этот факт подтверждается изостатическими аномалиями, которые в горах достигают +55 мГал, а с учетом поправки за высоту геоида - до +85 мГал.

К настоящему времени в Восточной Антарктиде отработано и находится в камеральной обработке семь профилей глубинных сейсмических зондирований (ГСЗ). Кроме того, поскольку в докембрии территория Земли Эндерби составляла единое целое с Восточногатыским массивом Индостана, то для изучения глубинного строения Земли Эндерби можно к этим данным добавить материалы ГСЗ, выполненных в Восточных Гатах [9, 10].

Используя эти материалы, нами построено корреляционное поле взаимосвязи данных ГСЗ о мощности земной коры и регионального поля силы тяжести в редукции Буге для территории Земли Эндерби (рис. 2).

На основании этой корреляции построена карта мощности земной коры Земли Эндерби (рис. 3).

Обобщая геолого-геофизические материалы, структура земной коры в континентальной части Земли Эндерби принимается трехслойной со стандартными значениями скоростей сейсмических волн и им соответствующими плотностями: верхний (5,7-6,3 км/с и 2,6-2,8 г/см³), средний (6,4-6,7 км/с и 2,8-2,9 г/см³) и нижний (6,8-7,4 км/с и 2,9-3,1 г/см³); плотность подкорového вещества - 3,24-3,32 г/см³. Мощность земной коры в районе Земли Эндерби уменьшается в сторону моря Космонавтов примерно от 45 км на широте 72° до 30 км в районе станции Молодежная (широта около 68°) и далее на север,

с более резким градиентом, до 10 км непосредственно в море Космонавтов. Океаническая принимается двухслойной: верхний – 6,6 км/с и 2,84 г/см³, нижний – 7,1 км/с и 3,01 г/см³; плотность верхней мантии – 3,36-3,46 г/см³. Мощность литосферы принимается равной 150-180 км, астеносферы не более 30 км, а глубина изостатической компенсации - 70 км.

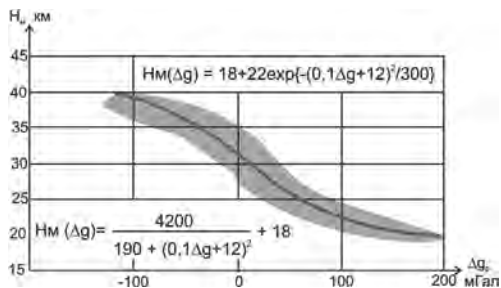


Рисунок 2 – Корреляционная связь мощности земной коры и регионального поля силы тяжести в редукции Буге для территории Земли Эндерби

Непосредственно для выделенных тектонических структур Земли Эндерби – Вечернегорско-Нейпирской, Улафско-Северозендербийской, Щукинско-Южноэндербийской и Красинско-Вернадской – по аналогии со структурой земной коры Запада Восточно-Европейской платформы (Белорусский регион) разработаны модели типов земной коры.

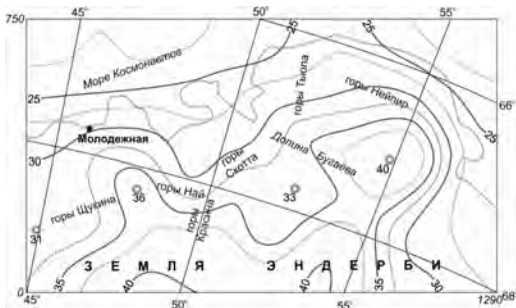


Рисунок 3 – Карта мощности земной коры территории Земли Эндерби, в км.

Используя все эти данные по ряду профилей, секущих Землю Эндерби в широтном и меридиональном направлении, выполнено физико-геологическое моделирование глубинного строения земной коры. На рис. 4 приведен пример глубинного разреза земной коры вдоль меридионального профиля, проходящего через ст. Молодежная.

В Вечернегорско-Нейпирской и Улафско-Североэндербийской структурах на контакте гранитного и диоритового слоев земной коры выявлены крупные тела с отрицательной аномальной плотностью до $-0,55 \text{ г/см}^3$. Красинско-Вернадская зона характеризуется отрицательными локальными телами в верхней коре. Четко прослеживается тенденция уменьшения мощности коры в субмеридиональном направлении – аномальность подкорового слоя характеризуется величиной $+0,3 \text{ г/см}^3$. Тем самым подтверждается ранее установленное блоковое строение земной коры региона – каждый блок обладает своей специфической структурой.

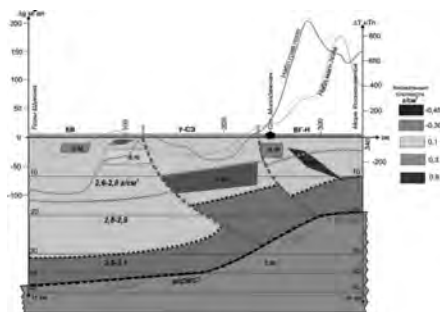


Рисунок 4 – Разрез земной коры вдоль меридионального профиля, секущего Красинско-Вернадскую (КВ), Улафско-Северо-Эндербийскую (У-СЭ) и Вечернегорско-Нейпирскую (ВГ-Н) структурно-тектонические зоны

Сопоставляя модели разреза литосферы Земли Эндерби с данными глубинных сейсмических зондирований Гатского кратона Индостана, находим, что глубинные разломы этих структур носят листрический характер и отражают тектоническую «ванну» формирования геологической структуры Земли Эндерби как части структуры, единой в палеопротерозое с Гатским кратоном.

В заключение заметим, что геологической наукой доказано, что формирование минерально-сырьевого потенциала того или иного района обусловлено особенностями и спецификой протекания в земной коре и верхней мантии глубинных палеотектонофизических и палеогеохимических процессов и разломной тектоникой. Имея в виду перспективу для Республики Беларусь принять участие в поисках и разведке месторождений полезных ископаемых на Земле Эндерби, целесообразно продолжить исследования глубинного строения земной коры этого региона Восточной Антарктиды.

Литература

1. Архангельский А.Д. Геологическое строение СССР и его отношение к строению остальной поверхности Земли. 1947. Том 1. М.-Л. Госиздат геоло. лит. 415 с.

2. Атлас Океанов. Антарктика // Гл. управления навигации и океанографии Министерства обороны Российской Федерации, Государственный научный центр РФ, Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, СПб. 2005. Плакаты 92-111.

3. Грикуров Г.Э., Михальский Е.В. Некоторые черты тектонического строения и эволюции Восточной Антарктиды в свете представлений о суперконтинентах // Росс. журн. Наук о Земле. 2002. Т. 4, № 4. С. 247-257.

4. Михальский Е.В. Тектоника Антарктиды во взглядах Российских исследователей // Бюлл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. 2007. Т. 82, Вып. 5. С. 56-63.

5. Михальский Е.В. Тектонические провинции Антарктического щита в свете формирования суперконтинентов докембрия // Материалы XL Тектонического совещания «Фундаментальные проблемы геотектоники», М.: ГЕОС. 2007. Т. 2. С. 29-32.

6. Михальский Е.П. Тектонические провинции Антарктического щита в свете формирования суперконтинентов докембрия. В кн.: Фундаментальные проблемы геотектоники. Матер. совещ. М. 2007. Т. 2. С. 29-32.

7. Строев П.А., Ушаков С.А., Фролов А.И. Земная кора краевой зоны Антарктиды // Гравиметрия. 1967. № 6. 68 с.

8. Ушаков С.А. Геофизические исследования строения земной коры в Восточной Антарктиде. Гравиметрия. 1963. № 4. 95 с.

9. Харченко Г.Е. Глубинное строение земной коры Индийского щита // Киев. Наукова думка. 1985.

10. Kaila K.L., Murty P.R.K., Rao N.M. et al. Structure of the crystalline basement in the West Bengal basin, India, as determined from DSS studies // Geoph. J. Int., 1996. Vol. 124, № 1. P. 75-188.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БИОТЫ СУБЛИТОРАЛИ ВЫСОКОШИРОТНОГО МОРЯ АНТАРКТИКИ

Ю.Г. Гигиняк

*НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, Минск,
belantarct2014@mail.ru*

В современной экологии широко используются принципы энергетического подхода к изучению зоологических систем. В рамках этого подхода важным показателем является величина энергетической ценности или калорийности вещества исследуемых организмов, а также их биохимический состав.

Калорийность живых организмов является важным термодинамическим показателем, необходимым для расчета энергетических превращений в любой биологической системе. Так, при выражении массы вещества тела гидробионтов в калориях, мы получаем сведения о заключенной в этих организмах энергии, т.е. их энергетической ценности или энергетический эквивалент особи.

Знание энергетической ценности животных необходимо и при сравнении калорийности различных экологических групп – обитателей тропиков, субтропиков, умеренных широт, холодных вод и т.д.

Калорийность не является константной величиной для каждого вида и особи. Ее изменения хорошо прослеживаются в процессе онтогенеза, начиная уже с начальной стадии развития яйца и вплоть до дефинитивных размеров.

Энергия, заключенная в яйцах и теле гидробионтов используется на процессы дыхания, формирования зародыша, на все виды роста – соматический, генеративный, экзувиальный. Таким образом, в результате потребления этой энергии в период онтогенеза калорийность постоянно изменяется.

В морях Антарктики, при отрицательных температурах вод, обитают сотни видов гидробионтов, многих из которых можно употреблять в пищу – рыбы, моллюски, ракообразные, водоросли.

Особое значение в морях Антарктики имеют рыбы и ракообразные. Значительную долю мирового вылова ракообразных составляют эвфазии, которые в огромном количестве водятся в антарктических водах, где составляют основную пищу усатых китов. Эвфазии поступают в продажу под названием криля.

Определение калорийности проводили у представителей 1) ледового сообщества, 2) подледного сообщества, как часть криопелагического, 3) бентоса.

Проведено определение калорийности типичных и наиболее многочисленных представителей трех выделенных в сублиторальной зоне моря Дейвиса (Восточная Антарктика), сообществ: криопелагического, подледного и донного.

Кроме того, было прослежено изменение калорийности в течение сезонов, а также в процессе онтогенеза. Всего было проведено измерение энергетической ценности представителей 11 типов беспозвоночных, а также определена калорийность фитопланктона (диатомовых), сестона, рыб – всего более 60 видов.

Представителем криопелагического биоценоза являются рачки-бокoplавы *Orchomene cavimanus*, которые входят в пищевой рацион как рыб, в частности, *Pagothenia borchgrevinki*, так и птиц – пингвинов Аде-

ли. Калорийность их яиц достигает 6 кал/мг сухого вещества. В постэмбриональный период максимальной калорийностью обладают яйценосные самки 4,6-4,8 кал/мг сухого вещества.

К представителям отряда бокоплавов относится *Paramoera walkeri*. Как и орхомена, этот рачок играет большую роль в питании как рыб, так и птиц, в частности пингвинов Адели. Максимальной калорийностью обладают яйца рачков - до 5,3 кал/мг сухого вещества, при содержании в них органического вещества около 92%. Калорийность яйценосных самок *Paramoera walkeri* достигает 4,4 кал/мг сухого вещества при содержании в них органического вещества 75-77%. У бокоплава *Cheirimedon fougneri* – 4,5-4,8 кал/мг сухого вещества при 23-24% золы. К представителям ледовой фауны относится и амфипода *Eusirus antarcticus*, имеющая калорийность 4,0 кал/мг сухого вещества.

Таким образом, обитатели криопелагического биоценоза в целом имеют высокую калорийность вещества тела – около 4-5 кал/мг сухого вещества.

К подледному комплексу относится весь планктон, а также рыбы, чья жизнь связана с нижней поверхностью льда и с толщей воды.

Среди ракообразных основными видами, входящими в состав планктона являются *Calanus propinquus*, *C. acutus*, *Pareuchaeta antarctica*, *Mysidacea* и некоторые другие, менее значимые по численности и биомассе виды. Сюда же отнесен и фитопланктон.

Калорийность зимнего планктона морей Антарктики превышает калорийность весенне-летнего. Эта разница в калорийности может превышать 2,5 калории на единицу веса. Максимальные величины калорийности наблюдаются в конце июля – середине августа, т.е. когда в море, по нашим данным, минимальное количество как растворенного в воде кислорода 6,7 мл O₂/л, так и минимальное количество сестона – 0,4 мг/л сухого вещества. В этот момент калорийность достигает величины 5,6 кал/мг сухого вещества. Затем энергетическая ценность планктона постепенно снижается до минимума – около 3 кал/мг сухого вещества в январе-феврале, т.е., самая низкая калорийность сетного планктона приходится практически на период чистой воды, когда море свободно ото льда.

Содержание органического вещества в сетном планктоне находится в пределах 60-80%, что косвенно указывает на преобладание в нем организмов зоопланктона с высокой калорийностью.

Калорийность диатомовых водорослей составила всего 0,8 кал/мг сухого вещества, при содержании золы около 75%. В целом, средняя калорийность сетного планктона оказалась равной 5,6 кал/мг органического вещества (4,5-7,9) при содержании золы около 30% (10,4-69,0%). Кроме определения энергетической ценности сетного планктона была определена калорийность в течение года одного из представителей доминирующего в составе зоопланктона прибрежных районов Антарктики *Calanus*

propinquus. Его калорийность достигает 7,0-7,3 кал/мг сухого вещества или около 8,5 кал/мг органического вещества.

Таким образом, планктон Антарктики и отдельные его представители, а также рачки из криопелагического биоценоза имеют максимум калорийности или к моменту становления льда на море или в середине антарктической зимы.

К представителям подледной фауны относится криль – *Euphausia* sp. (*E. superba*) имеющий калорийность 4,4-5,3 кал/мг сухого вещества, при содержании органического вещества 85-92%.

Число видов бентоса в сублиторали моря может превышать несколько сотен. К одному из массовых видов донной фауны относится *Antarcturus polaris* (Isopoda).

Калорийность органического вещества этих рачков находится в пределах 4,0-4,5 калорий. Представителем донной фауны из отряда Isopoda является *Cymodocella tubicauda* – 4-5 кал/мг орг. вещества. Из представителей Isopoda была определена калорийность рачка *Aega* sp. – 3,95 кал/мг сухого вещества. Калорийность представителей морских пауков (кл. Pantopoda) в среднем равна 3,6 кал/мг сух. в-ва. Из морских звезд (кл. Asteroidea), определена калорийность вещества тела у пяти представителей этого класса – *Odontaster validus*, *Podasterias* sp., *Lafaster* sp., *Acodonaster* sp., *Leptichaster* sp., их калорийность не превышала 3 калорий. У офиур (кл. Ophiuroidea) калорийность около 3 калорий.

Морские ежи (кл. Echinodermata) являются одними из самых низкокалорийных животных обитающих в море. Калорийность тела морских ежей не превышает 1-2 калорий. Из класса голотурий (кл. Holothuroidea) была определена энергетическая ценность *Cucumaria sparta* и *Psolus* – 4,0 калорий.

Калорийность морских лилий (кл. Crinoidea) всего 1,3–1,4 кал/мг сухого вещества. Представитель класса Nemertini – *Lineus corrygatus*, имеет калорийность около 4,0 калорий. Среди представителей класса Polychaeta по своей биомассе основное место занимает *Potamilla antarctica* – до 240 г/м², при калорийности около 4 кал/мг орг. в-ва.

Из других представителей класса многощетинковых червей *Eusyllis kerquelensis* имеет калорийность 2,8 кал/мг сух. в-ва, *Afroditidae* – 3,2 кал/мг. Из моллюсков наибольшее распространение получил *Antimargarita dulcis* (кл. Gastropoda) – в пределах 4,1 кал/мг сухого вещества. Голожаберные моллюски Антарктики – 3,4-3,7 кал/мг. Представитель крылоногих моллюсков – *Clione* – 3,7 кал/мг. Один из представителей двустворчатых (кл. Bivalvia) Антарктики *Hochstetteria sublaevis* имеет калорийность тела 3,7 кал/мг сухого вещества. Таким образом, калорийность тела моллюсков сублиторали Антарктики находится в пределах 3,5-4,2 кал/мг сухого вещества или 4,1-4,8 кал/мг органического вещества.

Из остальных представителей животного мира обитающих в литорали моря обследует отметить паразита, из отряда Ascothoracida морских ежей *Abatus*, имеющих калорийность 3,3 кал/мг, *Nototanais antarcticus* (клешненосные ослики из отряда Tanaidacea) – 3,4 кал/мг, амфипод Caprellidae – яйценосные самки – 3,2 кал/мг.

Кроме беспозвоночных большое распространение в морях Антарктики получили рыбы, которые также могут быть отнесены в подледную группу животных.

Определена энергетическая ценность двух, одних из самых распространенных в сублиторали рыб *Pagothenia borchgrevinki* и *Trematomus bernacchii*. Энергетическая ценность мышц взрослых рыб достигает 4,6 кал/мг сухого вещества. При этом калорийность икры довольно низка – всего 3,8-3,9 кал/мг сухого вещества при содержании органического вещества около 85%. Мальки более калорийны – 4,1-4,3 кал/мг сухого вещества, т.к. высококалорийный зоопланктон составляет их основную пищу.

Полученные результаты показали, что содержание органического вещества у антарктических видов изменяется от 16,8 до 98%, а калорийность от 0,5 до 8,3 кал/мг сухого вещества.

Низкокалорийным представителям фауны и флоры Антарктики соответствуют высокие величины зольности вещества их тела.

К числу таких организмов, калорийность сухого вещества которых не превышает 1,0-1,5 калорий, относятся такие представители донного комплекса как гидроиды, губки, мшанки, роговые кораллы, некоторые сильно минерализованные офиуры, моллюски, а также фитопланктон.

К группе животных, калорийность сухого вещества которых находится в пределах 1,5-3,5 калорий, относятся медузы, мягкие кораллы, гребневики, большинство равноногих раков, некоторые из представителей бокоплавов, танаидацеи, асцидии, морские звёзды, офиуры и голотурии. Содержание органического вещества у представителей этой группы не превышает 60-70%. Животные, относящиеся к этой группе, по своей численности и биомассе являются доминирующими и составляют основную массу ледового, планктонного и бентосного населения сублиторали Антарктики.

Животные, калорийность вещества тела которых находится в пределах 3,5-5,0 калорий, можно отнести к группе высококалорийных. Содержание органического у них обычно выше 80% (в % от сухого веса). К этой группе относятся актинии, различные нематоды, немертины, моллюски (тело, без раковины), некоторые голожаберные и крылоногие моллюски, большинство нематод, некоторые изоподы, эвфаузиевые раки, представители рода калянус, морские пауки, некоторые голотурии. К этой же группе относятся и рыбы.

Представители криопелагического биоценоза, а это в основном различные амфиподы, также относятся к группе высококалорийных организмов.

Особое место занимают животные, у которых калорийность вещества тела выше 5 кал/мг сухого вещества. Обычно это представители зоопланктона, относящиеся к классу ракообразных. Такие виды, как *Calanus propinquus*, *C. fcutus* и другие каляниды, эвфаузиевые раки содержат около 90% органического вещества с высоким содержанием жира. В отдельные сезоны калорийность калянид может превышать 7 кал/мг сухого вещества.

Наиболее энергоёмким оказывается зообентос на горизонте 30-40 метров, где энергетический эквивалент его биомассы на 1 м² в среднем равен 2100 килокалорий.

Энергетическая ценность гидробионтов в большой степени зависит от содержания липидов. Одним из факторов обуславливающая накопление липидов является температура. Например, если в тропических тёплых водах содержание липидов в организмах планктона составляет всего 2-6% от сухого веса, то в высокоширотных морях Антарктики эта величина достигает 60-65%.

Одним из самых жирных представителем зоопланктона, да и в целом всех гидробионтов, является *Calanus propinquus*, содержание жира у этих рачков в отдельные сезоны достигает 73% (в начале апреля). Калорийность, зависящая от содержания органического вещества, которое у полярных видов включает большое количество липидов (до 70%), неодинакова у представителей ледовой, подлёдной и донной фауны, т.е влияние эколого-физиологических факторов, в условиях однородного температурного воздействия, оказывается решающим.

Гидробионты Антарктики проявляют значительную пластичность, эволюционно приспособились к тем условиям, в которые попали в прошлом. Они перестроили свой метаболизм таким образом, что данная водная среда, с постоянной минусовой температурой, стала для них безвредной.

В целом, средняя калорийность органического вещества гидробионтов имеет значение близкое 5,6 калорий, что идентично калорийности чистого белка, основного компонента живых систем.

МОРСКИЕ ГИДРОБИОНТЫ КАК ИСТОЧНИК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТРИПСИНОПОДОБНЫХ ФЕРМЕНТОВ

Д.В. Гладун, А.Н. Савчук

Учебно-научный центр “Институт биологии” Киевского
национального университета имени Тараса Шевченко, Киев
E-mail: gladunk91@gmail.com

Введение. Большинство современных биотехнологических разработок сосредоточено на поиске разнообразных альтернативных источников сырья для получения биологически активных молекул направленного действия, в том числе и морских гидробионтов. Особенно остро встает проблема в области разработки методов получения биологически активных веществ с целью использования их при создании оригинальных эффективных фармакологических препаратов с наиболее перспективным и существенным для академической науки и практической биотехнологии действием. Решающим фактором, который мотивирует необходимость поиска целевых молекул среди метаболитов морских гидробионтов, является постоянно растущая цена на новые фармакологические препараты, основу которых составляют весьма ценные биологически активные вещества растительного и животного происхождения. Определенный интерес представляет разработка оптимальных методологических подходов для получения, а также тестирования белков из антарктических организмов с целью дальнейшего их изучения и применения в биотехнологической практике.

Материалы и методы. Идентификацию трипсиноподобных ферментов проводили методом энзим-электрофореза в 10% полиакриламидном геле с добавлением желатина в качестве субстрата.

Фракцию трипсиноподобных ферментов получали хроматографически на колонке с бензамидин-сефарозой. Для избавления растворов белков от небелковых примесей и замены одного буфера на другой применялась гель-фильтрационная хроматография с использованием в качестве носителя сефадекса G 25, свойства которого позволяют получать фракцию белков лишенную всех небелковых примесей. Разделение белковых фракций проводили методом диск-электрофореза в 10 % полиакриламидном геле с додецилсульфатом-Na.

Результаты и обсуждение. В работе использовались образцы морских антарктических гидробионтов – криля (*Euphasia superba*), морской звезды (*Odontaster validus*) и немертины (*Parborlasia corrugata*).

Ткани животных гомогенизировались в жидком азоте с последую-

щим добавлением экстрагирующего буфера и центрифугированием со скоростью 10000 g при температуре 4°C на протяжении 20 мин. Супернатант отбирался и лиофилизировался для оптимизации условий хранения. Лиофилизированные образцы растворяли в дистиллированной воде и проводили осаждение белков с помощью трихлороцетовой кислоты.

Выявление активных гидролаз в исследуемых образцах проводилось с помощью метода энзим-электрофореза.

Полученные данные свидетельствуют о наличии в тканях исследуемых гидробионтов активных гидролаз с разными молекулярными массами. Немертина – 94, 75, 63, 57, 50, 38, 26 кДа, криль – 97, 81, 66, 54, 31, 26, 24, 23 кДа, морская звезда – 21 кДа.

Для анализа количества трипсиноподобных ферментов в исследуемых тканях проводилось хроматографическое разделение образцов гидробионтов с помощью афинной хроматографии на бензамидин-сефарозе.

Для данной хроматографии лиофильно высушенный исходный материал растворялся в 2 мл дистиллированной воды и переводился в 50 мМ Na-фосфатный буфер, рН 7,4 с помощью гель-фильтрации на сефадексе G 25.

В результате хроматографического разделения было получено 3 фракции. Проведение анализа показало присутствие трипсиноподобной активности во фракции 2 и полное отсутствие данной активности во фракциях 1 и 3.

Для получения информации о качественном составе фракции трипсиноподобных ферментов в исследуемых образцах проводилось электрофоретическое разделение фракции 2 с помощью диск-электрофореза.

Фракция трипсиноподобных ферментов имела 9 белковых полос разной молекулярной массы. Белковые полосы с молекулярной массой ниже 14-10 кДа могут быть фрагментами трипсиноподобных ферментов, которые поддались процессу автолиза.

Измерение общего белка в образцах показало следующие результаты: криль – $2,9 \pm 0,3$ мг/г образца, немертина – $1,7 \pm 0,1$ мг/г, морская звезда – $0,8 \pm 0,3$ мг/г.

Выводы. Полученные данные свидетельствуют о перспективности более глубокого изучения и очищения отдельных трипсиноподобных ферментов с целью поиска потенциальных целевых молекул для дальнейшего внедрения в биотехнологическую практику.

ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ВОДОРΟΣЛЕЙ ОЗЕРНЫХ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЙОНАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БЕЛОРУССКИХ АНТАРКТИЧЕСКИХ ЭКСПЕДИЦИЙ

З.И. Горелышева, Ю.Г. Гигиняк¹, В.Е. Мямин², О.И. Бородин¹

¹ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», Минск,
borodinoi_zoo@mail.ru

²Белорусский государственный университет, Минск,
vladmiamin@mail.ru, gorelyshevaz@mail.ru

Водоросли являются неотъемлемой частью многих экосистем, особенно водных. Нередко они характеризуются массовыми кратковременными вспышками численности, вызывая т.н. цветение воды. Экологическая значимость данной группы организмов в качестве продуцентов и элементов трофических цепей не вызывает сомнений и общеизвестна. Особенно актуальна их роль в функционировании сообществ, находящихся в экстремальных условиях, в частности в Антарктиде. Сведений о водорослях, развивающихся в различных наземных антарктических экосистемах не много и они крайне фрагментарны. В частности, практически нет никаких данных относительно альгофлоры восточной части оазиса Молодежный, на территории которой регулярно осуществляется сбор фактического материала по данной группе организмов.

В связи с этим, мы поставили перед собой цель – обобщить накопленные к настоящему времени данные по таксономическому разнообразию водорослей в регионах деятельности Белорусских антарктических экспедиций.

В основу работы положены материалы, полученные в течение полевых сезонов 2006-2013 годов. Сбор материала осуществлялся в озерах, таялках, на поверхности снега, льда и на скальных породах в различных регионах Антарктиды. Основной массив данных получен из оазиса Молодежный.

Суммарно к настоящему времени зарегистрировано около 150 видов водорослей относящихся к 8 типам, 15 классам, 35 отрядам, 51 семейству и 72 родам.

Наиболее разнообразным в таксономическом отношении является тип Ochrophyta, включающий 72 вида из 6 классов. Класс Bacillariophyceae представлен 6 отрядами, 37 семействами. Наибольшее число видов (16) из 8 родов отмечено в отряде Naviculales. В пределах которого виды распределены на 5 семейств: Amphipleuraceae (2 рода) – *Amphipleura* Kützing,

1844 (1 вид) и *Amphora* Ehrenberg ex Kützing, 1844 (4 вида); Naviculaceae (1 род) – *Navicula* Bory de Saint-Vincent, 1822 (3 вида); Pinnulariaceae (1 род) – *Pinnularia* Ehrenberg, 1843 (4 вида); Pleurosigmataceae (2 рода) – *Gyrosigma* Hassall, 1845 (1 вид) и *Pleurosigma* W.Smith, 1852 (1 вид); Stauroneidaceae (2 рода) – *Craticula* Grunow, 1867 (1 вид) и *Stauroneis* Ehrenberg, 1843 (1 вид).

В остальных отрядах отмечено значительно меньше видов. Отряд Achnanthales представлен 6 видами из 2 семейств: Achnanthaceae (1 род) – *Achnanthes* Bory de Saint-Vincent, 1822 (4 вида); Cocconeidaceae (1 род) – *Cocconeis* Ehrenberg, 1837 (2 вида). Отряд Bacillariales включает 7 видов семейства Bacillariaceae (3 рода) – *Fragilariopsis* Hustedt in Schmidt, 1913 (2 вида), *Hantzschia* Grunow, 1877 (1 вид) и *Nitzschia* Hassall, 1845 (4 вида). Отряд Cymbellales представлен 4 видами из 2 семейств: Cymbellaceae (1 род) – *Cymbella* C.Agardh, 1830 (2 вида) и Gomphonemataceae (1 род) – *Gomphonema* Ehrenberg, 1832 (2 вида). Отряд Eunotiales представлен одним видом рода *Eunotia* Ehrenberg, 1837 семейства Eunotiaceae. Наконец, три вида семейства Rhopalodiaceae из 2 родов, представляют отряд Rhopalodiales – *Epithemia* Kützing, 1844 (2 вида) и *Rhopalodia* Otto Müller, 1895 (1 вид).

Класс Chrysophyceae представлен двумя родами *Kephyrion* Pascher, 1911 и *Pseudokephyrion* Pascher, 1913, включающими в рассматриваемой выборке по одному виду отряда Chromulinales, семейства Dinobryaceae. Класс Coscinodiscophyceae содержит 10 видов из 4 отрядов, каждый из которых представлен единственным семейством. Отряд Aulacoseirales, семейство Aulacoseiraceae (1 род) – *Aulacoseira* Thwaites, 1848 (3 вида); отряд Coscinodiscales, семейство Coscinodiscaceae (1 род) – *Coscinodiscus* Ehrenberg, 1839 (2 вида); отряд Melosirales, семейство Melosiraceae (1 род) – *Melosira* C.Agardh, 1824 (3 вида); отряд Thalassiosirales, семейство Stephanodiscaceae (2 рода) – *Cyclotella* (Kützing) Brébisson, 1838 (1 вид) и *Stephanodiscus* Ehrenberg, 1845 (1 вид). Класс Dictyochophyceae включает единственный вид рода *Distephanus* E.Stöhr, 1880 семейства Dictyochaceae, отряда Dictyochales.

В пределах класса Fragilariophyceae зарегистрировано 20 видов из 9 родов, относящихся к 3 семействам из 3 отрядов: Fragilariales, семейство Fragilariaceae (7 родов) – *Ceratoneis* Ehrenberg, 1839 (1 вид), *Diatoma* Bory de St-Vincent, 1824 (2), *Fragilaria* Lyngbye, 1819 (6), *Martyana* Round in F.E. Round, R.M. Crawford & D.G. Mann, 1990 (1), *Staurosira* Ehrenberg, 1843 (1), *Staurosirella* D.M.Williams & Round, 1988 (1), *Synedra* Ehrenberg, 1830 (6 видов); отряд Licmophorales, семейство Licmophoraceae (1 род) – *Licmophora* C.Agardh, 1827 (1 вид); отряд Tabellariales, семейство Tabellariaceae (1 род) – *Tabellaria* Ehrenberg ex Kützing, 1844 (1 вид). Последний класс типа

– Xanthophyceae содержит 2 вида семейства Pleurochloridaceae, отряда Mischococcales, относящиеся к двум родам – *Acanthochloris* Pascher, 1930 и *Trachychloron* Pascher, 1939.

Вторым по разнообразию типом водорослей зарегистрированных в регионах исследования является тип Cyanobacteria. К настоящему времени здесь отмечено около 40–45 видов относящихся к 15 родам, 10 семействам, 5 отрядам и 3 подклассам. Подкласс Nostocophycidae представлен 10 видами отряда Nostocales, распределенным по 3 семействам: Microchaetaceae (1 род) – *Tolypothrix* Kützing ex Bornet & Flahault, 1886 (1 вид); Nostocaceae (3 рода) – *Anabaena* Bory de Saint-Vincent ex Bornet & Flahault, 1886–1888 (4–6 вида), *Nodularia* Mertens ex Bornet & Flahault, 1886 (1) и *Nostoc* Vaucher ex Bornet & Flahault, 1886 (2–3 вида); Rivulariaceae (1 род) – *Calothrix* C. Agardh ex Bornet & Flahault, 1886 (2 вида).

В подклассе Oscillatoriophyceae отмечено 23 вида из 2 отрядов. Отряд Chroococcales включает 11 видов из 2 семейств: Chroococcaceae (1 род) – *Chroococcus* Nägeli, 1849 (1 вид); Microcystaceae (2 рода) – *Gloeocapsa* Kützing, 1843 (7–9 видов), *Microcystis* Kützing ex Lemmermann, 1907 (3 вида). Отряд Oscillatoriales содержит 12 видов из 2 семейств: Oscillatoriaceae (1 род) – *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont, 1892 (9–10 видов); Phormidiaceae (1 род) – *Phormidium* Kützing ex Gomont, 1892 (3 вида). Последний подкласс – Synechococophycidae включает 6 видов из 2 отрядов и 3 семейств. Отряд Pseudanabaenales, семейство Pseudanabaenaceae (1 род) – *Pseudanabaena* Lauterborn, 1915 (1 вид). Отряд Synechococcales содержит 2 семейства: Merismopediaceae (2 рода) – *Merismopedia* Meyen, 1839 (1 вид) и *Synechocystis* Sauvageau, 1892 (1 вид); Synechococcaceae (2 рода) – *Rhabdoderma* Schmidle & Lauterborn, 1900 (1 вид) и *Synechococcus* Nägeli, 1849 (2 вида).

В остальных типах отмечено существенно меньше видов. В частности, тип Charophyta представлен 4 видами из класса Conjugatophyceae, распределенных по 2 отрядам: Desmidiiales, семейство Desmidiaceae (2 рода) – *Cosmarium* Corda ex Ralfs, 1848 (1 вид) и *Staurastrum* Meyen ex Ralfs, 1848 (2 вида); Zygnematales, семейство Zygnemataceae (1 род) – *Mougeotia* C. Agardh, 1824 (1 вид).

Тип Chlorophyta включает 17 видов из 3 классов. Класс Chlorophyceae представлен 14 видами из 2 отрядов и 7 семейств. Отряд Chlamydomonadales включает 3 семейства: Chlamydomonadaceae (1 род) – *Chlamydomonas* Ehrenberg, 1833 (4 вида); Chlorococcaceae (1 род) – *Chlorococcum* Meneghini, 1842 (1 вид); Sphaerocystidaceae (1 род) – *Sphaerocystis* R.Chodat, 1897 (2 вида). Отряд Sphaeropleales представлен 4 семействами: Characiaceae (1 род) – *Characium* A. Braun in Kützing, 1849 (1 вид); Hydrodictyaceae (1 род) – *Pediastrum* Meyen, 1829 (1 вид); Scenedesmaceae (1 род) – *Scenedesmus*

Meyen, 1829 (4 вида); Selenastraceae (1 род) – *Monoraphidium* Komárková-Legnerová, 1969 (1 вид). Второй класс – Trebouxiophyceae, включает 2 вида из 2 отрядов и соответственно 2 семейств: отряд Chlorellales, семейство Oocystaceae (1 род) – *Trochiscia* Kützing, 1834 (1 вид) и отряд Prasiolales, семейство Prasiolaceae (1 род) – *Prasiola* Meneghini, 1838 (1 вид). Последний класс – Ulvophyceae, включает единственный вид рода *Ulothrix* Kützing, 1833 семейства Ulotrichaceae отряда Ulotrichales.

Единственный вид рода *Cryptomonas* Ehrenberg, 1831 семейства Cryptomonadaceae, отряда Cryptomonadales и класса Cryptophyceae, представляет тип Cryptophyta. Два вида класса Dinophyceae отмечено в типе Dinophyta. Каждый из видов представляет отдельный отряд: Dinotrichales, семейство Dinotrichaceae (1 род) – *Gymnodinium* Stein, 1878 (1 вид); отряд Peridinales, семейство Peridiniaceae (1 род) – *Peridinium* Ehrenberg, 1830 (1 вид). Четыре вида отмечено в пределах типа Euglenozoa класса Euglenophyceae. Они распределены на 2 отряда: Euglenales, семейство Euglenaceae (1 род) – *Trachelomonas* Ehrenberg, 1835 (3 вида) и отряд Eutreptiales, семейство Astasiaceae (1 род) – *Astasia* Dujardin, 1841 (1 вид).

Последний тип – Haptophyta, представлен в рассматриваемой выборке 2 видами класса Coccolithophyceae, подкласса Prymnesiophycidae, каждый из этих видов представляет отдельный отряд: Phaeocystales, семейство Phaeocystaceae (1 род) – *Phaeocystis* Lagerheim, 1893 и Syracosphaerales, семейство Rhabdosphaeraceae (1 род) – *Anacanthoica* Deflandre in Grassé, 1952.

ПОЧВЕННО-ЛАНДШАФТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В АНТАРКТИДЕ: РЕЗУЛЬТАТЫ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

С.В. Горячкин

Институт географии РАН, Москва, goryachkin@igras.ru

Исследования почв Антарктики имеют менее чем вековую историю. Первые химические анализы образцов антарктической почвы были выполнены Х. Йенсенем в 1916 г. [4]. Однако масштабные почвенные исследования стартовали существенно позже – в конце 1950-х гг., во время Международного геофизического года. В рамках первых советских антарктических экспедиций К.К. Марковым была собрана обширная коллекция образцов пород и почвоподобных тел в оазисах Восточной Антарктиды, что позволило в 1958 г. М.А. Глазовской [1] провести исследование почвообразования и первичного выветривания на гранитах и долеритах, ставшее

классическим в мировой литературе. Для понимания современных представлений о почвах Антарктиды принципиально важно, что подавляющая часть определяющих почвенно-генетических работ выполнялась зарубежными коллегами в районе Сухих долин, станции Мак-Мёрдо и Трансантарктических гор, а также на Антарктическом полуострове и прилегающих островах. Лишь недавно началось серьезное исследование – уже российскими специалистами – новых объектов – почв и почвоподобных тел в береговой части Восточной Антарктики и на труднодоступных участках Западной Антарктики, расположенных в области российских антарктических станций. Это сильно расширило представления о почвах, полученных немецкими почвоведомы по континентальному оазису Гирсона. Начиная с 2008-2009 гг. почвенные и мерзлотные исследования в районах расположения российских антарктических станций и полевых баз ведутся систематически коллективом, созданным Д.А. Гиличинским из сотрудников Института проблем почвоведения в Пущино, Института географии и Почвенного института (А. Абрамов, С. Горячкин, Н. Демидов, А. Долгих, Э. Зазовская, Е. Караевская, Д. Конюшков, К. Кривушин, А. Лупачев, Н. Мергелов, В. Миронов, Д. Федоров-Давыдов, В. Шишков, Д. Шмелев). В данном сообщении приводятся некоторые итоги, прежде всего, этого коллектива, а также рассматриваются проблемы и перспективы почвенно-ландшафтных исследований в Антарктиде.

Подводя итоги нашей работы по имеющимся на сегодняшний день данным о почвах Антарктиды, мы можем констатировать, что работы М.А. Глазовской по этому поводу вполне отвечают и сегодняшним представлениям о характере почвообразования и выветривания на ледовом континенте. Что касается почвенно-географических предположений, то так случилось, что основные объекты исследований в оазисе Бангера оказались не совсем типичными для почвенных покровов оазисов Антарктиды, поэтому общие представления о географии почв континента претерпевают очень серьезные изменения, которые можно выразить кратко – «почвы Антарктиды не так сухи и примитивны, как считалось ранее».

Почвенного покрова континента как целого не существует, можно говорить об «островах педосферы» на Антарктическом материке, более зависящих от окружающих их ледников и от собственных размеров, чем от широтного положения. Почвенные покровы этих «островов» можно отнести к трем основным почвенно-климатическим выделам – высокоантарктическим холодным пустыням, среднеантарктическим снежниковым криптогамным пустошам и низкоантарктическим тундропустошам. Между ними существуют и переходные варианты. Центральными образами высоко-антарктических холодных пустынь являются почвенные покровы с преобладанием очень холодных и сухих почв с тысячными долями про-

цента содержания органического вещества и щелочными значениями рН; влажных почв в почвенном покрове очень мало, и они отличаются повышенным засолением [3].

Центральный образ средне-антарктических снежниковых криптогамных пустошей мы описали в этой работе – контрастный почвенный покров слабокислых почв, сильно различающихся по влажности и содержанию органического вещества в зависимости от влияния талых вод снежников. Названы так потому, что именно снежники являются здесь важнейшим фактором, обуславливающими почвообразование, а источником органического вещества являются криптогамные растения – мхи, лишайники, водоросли. И наконец, центральный образ низко-антарктических тундропустошей (здесь на фоне преобладания криптогамных, появляются и цветковые растения) – разреженный почвенный покров, развивающийся в условиях гумидного климата, в том числе и выпадающих жидких осадков, где возможны местообитания со 100% почвенно-растительным покровом, развитием торфообразования, гумусообразования и иллювиирования органо-минеральных соединений [2].

Переходные варианты между этими тремя центральными образами также не единичны. Прежде всего, это холодные горные массивы в Средней по широтам Антарктиде. Здесь отмечается континентальное соленакопление [1], температуры слишком низки для деятельности талой воды снежников, но все-таки слишком мало данных, чтобы уверенно представлять почвообразование в этих условиях. Другой вариант – это крупные зашельфовые оазисы Бангера и Джетти (Emegu). Именно здесь, в оазисе Бангера, был основной полигон К.К. Маркова, а потом и М.А. Глазковской, по первоначальному изучению почв Антарктиды. Теперь, после изучения почв практически во всех районах российских станций, стало ясно, что этот район оказывается очень специфичным по отношению к другим многочисленным береговым оазисам. По-видимому, эти крупные оазисы имеют переходный характер между снежниковыми криптогамными пустошами и холодными пустынями, но это требует дальнейших подтверждений. Переходным, но уже между снежниковыми пустошами и тундропустошами является оазис Грирсона, где есть определенная доля жидких осадков, а среди почв отмечены Подзолы и Гистосоли [2].

В Антарктиде преобладают почвы с микропрофилями, «безгумусовые» почвы, которые имеют слабокислую и нейтральную реакцию среды, а также эндолитные почвы. Почвы с макропрофилями формируются только при дополнительном привносе органического вещества птицами из моря или при периодическом обсыхании озерных органосодержащих отложений.

Почвенный покров прибрежных континентальных оазисов характеризуется чередованием почв «влажных долин» межпочочных пространств и

сухих водоразделов и склонов с эндолитными и «безгумусовыми» почвами, откуда сдуваются выпадающие исключительно в твердом виде осадки. Органо-минеральные микрогоризонты почв «влажных долин» представляют собой смесь минеральных зерен и органического вещества разной степени разложенности, образованного из остатков мхов, лишайников, водорослей и грибов. Повышенная увлажненность почв тальми снежниковыми водами не приводит к уменьшению окислительно-восстановительного потенциала почвенных вод и проявлению оглеения. В почвах наблюдаются иллювирирование пылевато-песчаных частиц и криотурбации, а также повсеместное формирование каменных мостовых.

В случае дополнительного привноса органического вещества со стороны в почвах может накапливаться большое количество органического вещества, но также слабо связанного с минеральной составляющей - в этом случае может наблюдаться яркое проявление оглеения и отрицательные значения окислительно-восстановительного потенциала почвенных вод.

Первые данные об эндолитных почвах и скальных «загарах» Антарктиды свидетельствуют о многообразии этих образований, требующих современных микроскопических и микроколичественных подходов к их изучению.

Проблемы, которые стоят перед почвоведом – исследователем Антарктиды – во многом сродни тем, которые возникали многие десятилетия назад у почвоведов-географов, изучавших почвы средних широт. Это, прежде всего, инвентаризация почв и почвенного покрова, их типизация и классификация, поиск почвенно-географических закономерностей на разных уровнях организации почвенного покрова. Уже сейчас часть этих задач решена, но все еще неясен целый ряд вопросов, например соотношение почв в почвенных покровах различных «островов педосферы». К крупным задачам относится почвенно-географическое районирование оазисов Антарктиды. Как было сказано выше, для этого не хватает целого ряда данных по различным областям – оазисы Бангера, Молодежный, Джетти, Вестфоль и горные массивы различных районов Восточной Антарктиды.

Необходимо выработать набор климатических параметров, определяющих почвообразование в высоких широтах, так как обычные средние характеристики климата для этого зачастую не подходят. Нужно давать реальные температуры поверхности почвы, а не среднемесячные воздуха, показывать перепад температур и т.д. Очень не хватает микроклиматических данных по различным экспозициям. Ну и, конечно, сумма осадков – очень опосредованная характеристика климата Антарктиды. Ответы на вопросы, сколько реально воды попадает в почвы разных геоморфологических позиций и каков водный баланс и как он распределен – очень важны для понимания почвообразования. Нужна классификация почв Антарктиды и расширение обычных

классификаций с учетом антарктического опыта – в настоящее время они, как было показано выше, не совсем подходят. Для изучения почв шестого континента нужно применять нестандартные подходы анализа вещества, так как, например, традиционный анализ качественного состава органического вещества не совсем адекватно отражает суть процессов.

Почти ничего неизвестно о таких объектах, которые явно имеют отношение к почвоведению, как поверхностные «загары», «почво-пленки», эндолитные почвы, абиогенные почвоподобные тела. Их разнообразие в мире, по-видимому, сопоставимо с разнообразием полнопрофильных почв, но их почти везде, кроме ультрааридных пустынь и Антарктиды, просто не замечают. Для глубокого понимания органо-минеральных взаимодействий знания о них, безусловно, очень важны. Кроме того, именно они могут быть источником органического вещества почв, в которых нет признаков макрожизни.

Представляется, что камеральный анализ уже собранного материала даст возможность решить некоторые из тех проблем, которые были поставлены выше. Кроме того, предполагается использование новых технологий – электронной микроскопии и микрозондирования, измерения стабильных и радиоизотопов, рентген-флюоресцентный анализ в малых количествах образца, что очень важно именно для почв с микропрофилями, характерными для Антарктиды.

Однако только лишь обработка уже полученных материалов не позволит решить имеющиеся проблемы. Нужен очередной этап сбора полевой информации по тем районам, которые представляют собой самую большую загадку для почвенно-географического исследования «островов педосферы» Антарктиды.

В перспективе Антарктида должна занять достойное место в почвенной картине мира. Будучи изначально названной в XX в. как «континент мира», Антарктида достойна совместных международных усилий в систематическом изучении ее почв, написании общих монографий и создании атласа почв.

Литература

1. Глазовская М.А. Выветривание и первичное почвообразование в Антарктиде // Науч. докл. высш. школы геол.-геогр. науки. 1958. №1. С. 63-76.
2. Beyer L., Boelter M. (eds) Geocology of Antarctic ice-free coastal landscapes. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2002. 427 p.
3. Fountain A.G., Hoffman M., Levy J.S., Nylen T.H., Lyons W.B. The Hydrology of the McMurdo Dry Valleys, Antarctica, an Energy-Dominated System // 11th International Symposium on Antarctic Earth Sciences. Abstracts. Edinburgh 10-15 July 2011. P. 119.

4. Jensen H.I. Report on Antarctic soils // Repts. Sci. Invest. Brit. Antarct. Exped. 1907–1909. Part IV. Geology 2. 1916. P. 89–92.

ПРЕКРАЩЕНИЕ СДВИГА НА ВОСТОК МИНИМУМА В ЗОНАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ АНТАРКТИЧЕСКОГО ОЗОНА КАК СЛЕДСТВИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОЗОНОВОГО СЛОЯ

А.В. Грицай¹, Г.П. Милиневский¹, А. Клекочук²

*¹Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,
физический факультет, кафедра астрономии и физики космоса,
лаборатория физики космоса, Киев*

*²Австралийская антарктическая служба, Хобарт, Тасмания,
Ia.grytsai@gmail.com*

Озон, молекула которого состоит из трех атомов кислорода, является одной из важнейших малых составляющих атмосферы Земли. Он имеет исключительное значение для биосферы, поглощая коротковолновое излучение Солнца в диапазоне УФ-Б (280–320 нм) [1]. Количество озона в атмосфере над некоторой точкой характеризуется его общим содержанием в вертикальном столбе. Обычно общее содержание озона (ОСО) измеряют в единицах Добсона (ЕД), при этом 1 ЕД отвечает 0,01 мм газа при температуре 0°C и давлении 1013 гПа [7]. Основная часть атмосферного озона вследствие особенностей его образования и переноса расположена в стратосфере [12], которая, собственно, и обязана своим существованием нагреву, производимому при поглощении озоном солнечного ультрафиолета. Соответственно, ОСО главным образом отображает именно вариации в содержании стратосферного озона.

Сезонный цикл в общем содержании озона в высоких широтах южного полушария претерпел значительные изменения в 1980–1990-х гг. (WMO, 2007 г.). На протяжении весны (сентябрь – ноябрь) наблюдается существенное понижение ОСО до значений порядка 100 ЕД, при том что ранее значения составляли около 300 ЕД [12]. Главной причиной наблюдаемого явления считается разрушение молекул озона вследствие гетерогенных реакций на частицах полярных стратосферных облаков, образующихся при низких температурах в стратосфере (по крайней мере, ниже –78°C). Такие температуры достигаются внутри полярного стратосферного вихря – крупномасштабной циклонической структуры, существующей над Антарктикой в зимне-весенний период [6]. Реакции разрушения молекул озона происходят при участии свободных атомов хлора, возникающих при фотохимических

процессах под действием солнечного излучения [12]. Поэтому собственно развитие озоновой дыры начинается в конце зимы с появлением Солнца над горизонтом в приполярной области [10]. Следует отметить, что долговременное изменение ОСО в летне-осенний сезон является незначительным, его значения близки к наблюдающимся в умеренных широтах северного полушария.

Первые измерения ОСО были проведены в 1920-е гг. [2]. Наиболее длинный из существующих рядов наблюдений получен на высокогорной швейцарской станции Ароза [12, 14]. В Антарктике измерения ОСО начаты британскими исследователями на базе Фарадей в 1956 г. Позднее, основываясь на наблюдениях на антарктических станциях Халли и Фарадей, они открыли озоновую дыру [3]. Однако, наземные наблюдения в труднодоступном регионе выполняются в очень ограниченном количестве станций, поэтому могут дать только локальную характеристику уровня ОСО. В свою очередь, мониторинг состояния озонового слоя в масштабе, близком к глобальному, осуществляется с конца 1978 г. с помощью спутниковых средств. В данной работе для анализа процессов, происходящих в озоновом слое южной полярной области, проведена обработка следующих рядов данных (<http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/>):

- а) Total ozone mapping spectrometer (TOMS) / Nimbus-7, 1979-1992 гг.;
- б) TOMS / Earth Probe, 1996-2005 гг.;
- в) Ozone monitoring instrument (OMI) / Aura, 2006-2013 гг.

Для промежутка 1993-1995 гг., когда надежные глобальные измерения не проводились, были использованы данные мультисенсорного реанализа (<http://www.temis.nl/protocols/O3global.html>).

Проведенный анализ охватывает широтную область $50-80^{\circ}\text{S}$, рассматриваются данные с шагом 5° по широте (50°S , 55°S , ...). Анализ ограничивается весенним сезоном, охватывающим сентябрь, октябрь и ноябрь. Используются среднесуточные данные. Отметим, что крупномасштабные зональные вариации ОСО в Антарктике обусловлены главным образом квазистационарной волной с зональным числом 1 и бегущей на восток волной с зональным числом 2. В данной работе исследуются параметры квазистационарного возмущения. Для их вычисления проводится временное усреднение на указанном интервале в три месяца, поскольку такой подход позволяет минимизировать влияние бегущих волн с периодом около 10 дней. Максимум и минимум квазистационарного распределения находятся методом скользящего среднего на промежутке в 50° долготы, что дает возможность ограничиться крупномасштабными возмущениями.

Для оценки изменений в тенденции можно использовать аппроксимацию методом наименьших квадратов с помощью, например, двух прямых

линий или же полиномиального представления. В данном случае, предпочтение было отдано полиномиальной функции. Рассмотрение многочленов разных порядков для нашей задачи демонстрирует, что полином третьей степени отображает главные долговременные особенности вариаций положения квазистационарного минимума. Переход к большим степеням (4-6) не обнаруживает новых существенных деталей такого рода.

Наши предыдущие исследования дали основания утверждать, что на протяжении около тридцати лет наблюдалось смещение квазистационарного минимума в восточном направлении, охватывающее весь рассмотренный широтный интервал [4, 5, 9]. Однако, последние оценки демонстрируют возможную остановку этого процесса. Не исключено даже, что смещение минимума начинается в обратном направлении – на запад. Существенно, что обработка данных указывает на соответствующий процесс во всем широтном интервале 50-80°S (рис. 1). Вызывают интерес оценки наибольшего сдвига, которые тоже дают возможность установить, когда произошли описанные изменения. Они указывают на то, что сдвиг был максимальным для промежутка времени с 1979 г. (начало ряда данных) по середину 2000-х гг. (табл. 1).

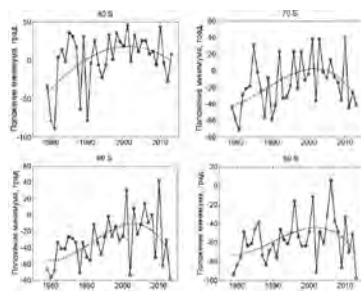


Рисунок 1 – Положение квазистационарного минимума в распределении озона в Антарктике. Используются данные ОСО за сентябрь – ноябрь

В свою очередь, долготное положение квазистационарного минимума не претерпело особых изменений.

Дрейф квазистационарного минимума, конечно, не следует рассматривать изолированно от других процессов, наблюдающихся в антарктической стратосфере [8]. По существующим оценкам, как модельным, так и основанным на наблюдательных данных, дальнейшего развития явления озоновой дыры сейчас не наблюдается. На протяжении последних 10-15 лет регистрируется, по крайней мере, стабилизация и экстремально малых значений ОСО, и площади, занятой озоновой дырой. При этом, существуют значи-

тельные межгодовые вариации, вызванные динамическими процессами в стратосфере, несколько усложняющие оценку долговременной тенденции. Однако, наблюдаемая ситуация указывает на достижение пика развития озоновой дыры в конце 1990-х гг. В дальнейшем прогнозируется относительно медленное восстановление содержания O_3 , которое может занять все XXI столетие. Разумеется, данный сценарий остается гипотетическим, однако, он не противоречит реальной картине последнего десятилетия.

Таблица 1 – Максимальный сдвиг положения квазистационарного минимума в распределении озона относительно его среднеквадратического отклонения. Указаны год и соответствующее отношение максимального сдвига в градусах долготы к среднеквадратическому отклонению

80°S	75°S	70°S	65°S	60°S	55°S	50°S
2006	2007	2006	2008	2008	2008	2007
23,0°/7,8°	19,4°/6,0°	19,4°/6,2°	15,3°/4,2°	17,0°/4,4°	17,5°/4,3°	14,0°/4,4°

Ранее уже отмечалось существование взаимозависимости между размером (дефицитом массы) озоновой дыры в данном сезоне и долготным положением квазистационарного минимума в распределении озона. Так, снижение ОСО сопровождалось смещением минимума в восточном направлении, в то же время, стратосферные потепления, приведшие к существенному увеличению содержания озона в 1988 и 2002 гг., были связаны со сдвигом указанной области на запад [4]. Соответственно, проведенное исследование и демонстрирует данную связь: показанная стабилизация в положении минимума в последние годы закономерно сочетается с уже неоднократно подтвержденным аналогичным процессом в значениях ОСО, а именно, со стабилизацией и даже с восстановлением озонового слоя.

Модельные исследования также указывают на возможность смещения в будущем квазистационарного минимума в западном направлении [9]. Соответствующий анализ проведен с помощью химико-климатических моделей CCMVal-2. Его реалистичность подтверждается тем, что модель правильно отображает смещение минимума в распределении озона в восточном направлении, существующее в конце XX – начале XXI ст. В дальнейшем модель предсказывает прекращение указанного процесса.

Есть основания судить, как минимум, о стабилизации положения квазистационарного минимума ОСО в последние годы. Данный процесс связан с другими изменениями, отмечаемыми в распределении озона весной, а именно, с прекращением увеличения площади антарктической озоновой дыры и уменьшения абсолютных значений ОСО. Модельные исследования указывают на постепенное восстановление озонового слоя в

будущем, которое должно сопровождаться остановкой сдвига минимума и, вероятно, его смещением в обратную сторону, к позициям, характерным для конца 1970-х – начала 1980-х гг. Подобная картина уже регистрировалась в годы с малой площадью озоновой дыры (1988 и 2002 гг.).

Исследования поддержаны Киевским национальным университетом имени Тараса Шевченко, тема 11БФ051-01, и проектом FORCeS № 4012 Австралийской антарктической службы.

Литература

1. Bogumil K., Orphal J., Homann T., Voigt S., Spietz P., Fleischmann O.C., Vogel A., Hartmann M., Bovensmann H., Frerick J., Burrows J.P. Measurements of molecular absorption spectra with the SCIAMACHY pre-flight model: instrument characterization and reference data for atmospheric remote sensing in the 230–2380 nm region // *J. Photochem. Photobiol. A*. 2003. Vol. 157. P. 157-167.
2. Dobson G.M.B. Forty Years' Research on Atmospheric Ozone at Oxford: a History // *Appl. Opt.* 1968. Vol. 7, No. 3. P. 387-405.
3. Farman J.C., Gardiner B.G., Shanklin J.D. Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO_x/NO_x interaction // *Nature*. 1985. Vol. 315. P. 207-210.
4. Grytsai A. Planetary wave peculiarities in Antarctic ozone distribution during 1979–2008 // *Int. J. Remote Sens.* 2011. Vol. 32, No. 11. P. 3139-3152.
5. Grytsai A., Grytsai Z., Evtushevsky A., Milinevsky G. Interannual variability of planetary waves in the ozone layer // *Int. J. Remote Sens.* 2005. Vol. 26, No. 16. P. 3377-3387.
6. Hassler B., Bodeker G.E., Solomon S., Young P.J. Changes in the polar vortex: Effects on Antarctic total ozone observations at various stations // *Geophys. Res. Lett.* 2011. Vol. 38 L01805, doi:10.1029/2010GL045542.
7. Komhyr W.D., Evans R.D. Operations Handbook – Ozone Observations with a Dobson Spectrophotometer. – Geneva: World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project, NOAA/ESRL Global Monitoring Division, 2006. 91 p.
8. Kuttippurath J., Lefèvre F., Pommereau J.-P., Roscoe H.K., Goutail F., Pazmiño A., Shanklin J.D. Antarctic ozone loss in 1979–2010: first sign of ozone recovery // *Atmos. Chem. Phys.* 2013. Vol. 13. P. 1625-1635.
9. Milinevsky G., Grytsai A., Klekociuk A., Evtushevsky O. Backward movement of ozone minimum position as a possible consequence of ozone recovery over Antarctica // AGU Fall Meeting, 9-13 December 2013, San Francisco, USA. Abstract, 2013, A43E-0317.
10. Parrondo M.C., Gil M., Yela M., Johnson B.J., Ochoa H.A. Antarctic ozone variability inside the polar vortex estimated from balloon measurements. *Atmos. Chem. Phys.* 2014. Vol. 14. P. 217-229.
11. Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006. – Geneva: World

Meteorological Organization, 2007. Report No. 50.

12. Solomon S. Stratospheric ozone depletion: a review of concepts and history // Rev. Geophys. 1999. Vol. 37, No. 3. P. 275-316.

13. Solomon S., Portmann R.W., Sasaki T., Hofmann D.J., Thompson D.W.J. Four decades of ozonesonde measurements over Antarctica // J. Geophys. Res. – 2005. Vol. 110. D21311, doi:10.1029/2005JD005917.

14. Staehelin J., Mäder J., Weiss A.K., Appenzeller C. Long-term ozone trends in Northern mid-latitudes with special emphasis on the contribution of changes in dynamics // Phys. Chem. Earth. 2002. Vol. 27. P. 461-469.

КРИЛЬ КАК ОСНОВНОЙ КОМПОНЕНТ ПИТАНИЯ ЛАСТОНОГИХ В РАЙОНЕ АРХИПЕЛАГА АРГЕНТИНСКИХ ОСТРОВОВ

И. Дикий¹, А. Березкина², Т. Калюжная², Е. Моисеенко²

¹*Львовский национальный университет им. И. Франко, Львов,
i.dykyu@gmail.com*

²*Национальный антарктический научный центр, Киев,
uac@uac.gov.ua*

Исследования питания ластоногих в районе архипелага Аргентинских островов проводились в рамках проекта «Млекопитающие Аргентинских островов и их роль в Антарктической экосистеме» во время 11-й (2006-2007 гг.) и 14-й (2009-2010 гг.) Украинских антарктических экспедиций, организованных Национальным антарктическим научным центром, в соответствии с заданиями государственной программы исследований Украины в Антарктике на 2002-2010 гг.

Один из аспектов исследований включал сбор и анализ экскрементов всех видов ластоногих данного региона согласно общепринятой методики. Благодаря проведенному анализу, определялись трофические связи и выяснялись особенности пищевой конкуренции морских млекопитающих исследуемого региона. К этому времени териофауна Аргентинских о-вов и прилегающих территорий практически оставалась неисследованной. Вместе с тем был осуществлен анализ всех существующих фрагментарных данных, собранных дополнительно предварительным биологами-зимовщиками с 3 по 9 антарктические экспедиции, на данной территории.

Архипелаг Аргентинские острова расположен в тихоокеанском секторе Антарктики в западной части Антарктического полуострова между 65°13'-65°16' ю.ш. и 64°10'-64°20' зах.д., в 142 км севернее южного поляр-

ного круга, проходит по 66°33' ю.ш. Цепь островов тянется с юго-востока на северо-запад в 5-7,5 км от земли Грейама Антарктического полуострова. От полуострова он отделен проливом Пенола. Общая площадь архипелага занимает всего около 3,5 км². Благодаря удачному размещению архипелага служит своеобразным рефугиумом для ластоногих.

Всего было собрано 131 экскременты пяти видов тюленей (*A. gazella* – 66; *L. weddellii* – 23; *L. carcinophagus* – 15; *H. leptonyx* – 24; *M. leonina* – 3) с января 2006 по март 2007 гг., соответственно. Сбор материала проводился у групп молодых и взрослых особей обоих полов, отдыхающих на берегах архипелага Аргентинских островов и Антарктического полуострова. Учитывая это, участки постоянных скоплений тюленей были заранее расчищены от старых экскрементов. Все проанализированные образцы были созданные животными собственно течение периода исследований. Отобранные образцы отдельно промывались с помощью сита (мин. размер отверстия 0.54 мм) и полученные таким образом остатки добычи, позволяли определять его принадлежность к низкого таксона.

Результаты исследований.

Проведенные исследования показали, что с 6-ти видов ластоногих Антарктики, в пределах архипелага Аргентинских островов распространено 5 видов – семейство ушастых тюленей (Otariidae) представлена одним видом – южный морской котик (*Arctocephalus gazella* Peters, 1875). Четыре вида тюленей являются представителями семейства настоящие тюлени (Phocidae), из которых три вида принадлежит к подсемейству тюленей-монахов (Monachinae) – тюлень-крабод (*Lobodon carcinophagus* Hombron & Jacquinot, 1842), тюлень Уэдделла (*Leptonychotes weddellii* Lesson, 1826) и морской леопард (*Hydrurga leptonyx* Blainville, 1820). Четвертый вид – южный морской слон (*Mirounga leonina* Linnaeus, 1758), относится к подсемейству шестирицевых тюленей (Cystophorinae). Проведенный анализ копрологическое материала позволил выявить особенности питания антарктических видов тюленей в районе архипелага Аргентинские острова.

Южный морской котик – основным объектом питания морского котика в пределах архипелага является криль *E. superba*. В частности, после размножения и в течение лактационного периода самки кормятся исключительно крилем. Молодые особи и взрослые самцы питаются крилем, а также рыбой, кроме того в их рацион входят и головоногие моллюски (кальмары). В течение периода исследований было обработано более пол-сотни экскрементов животных. Проведенные сезонные исследования экскрементов южного морского котика показали, что в летний период в отличие от осени, к его рациона чаще входит рыба семейства Nototheniidae наряду с крилем, который на протяжении всего периода пребывания котиков на территории Аргентинских островов, доминирует *E. superba* и составляет

97,2% содержания его экскрементов. В одном образце насчитывали от 100 до 796 фрагментов отдельных экземпляров криля. На основании копрологического анализа, следует отметить, что остатки головоногих моллюсков в экскрементах котика не встречались. Однако вид потребляет антарктический лимпет *Nacella concinna*, хотя и не в большом количестве. Поэтому предполагаем, что лимпет котики поедают скорее для того, чтобы раковины моллюска играли роль камней гастролитов, которые в большом количестве животные заглатывают со дна океана. В общем, в одном образце насчитывалось от 10 до 40 таких мелких камешков гастролитов.

По литературным данным морские котики охотятся преимущественно в верхнем слое воды до 50 м, и кроме вышеперечисленного рациона, иногда молодые самцы могут убивать пингвинов, но их не едят (Lea et al, 2002). Однако наши наблюдения и анализ экскрементов животных показал, что дважды морские котики с территории о. Галиндез и о. Блэк потребляли в пищу пингвинов. Аналогичные данные приводит в своем годовом отчете Манило Л., указывая на то, что в марте 2004 и 2005 гг. он неоднократно находил в экскрементах котиков фрагменты кожи и перьев пингвинов (Манило, 2005). Вероятно жертвами котиков становятся молодые и раненые пингвины. Итак, пингвины *P. papua* и *P. adeliae* входят также в рацион южного морского котика на территории Архипелага Аргентинских островов. Активные животные и днем и ночью. Однако, пищевая активность животных преимущественно приходится на вечерние часы дня.

Тюлень Уеддела – анализ экскрементов тюленя Уеддела с территории архипелага показал, что в рационе животных первое место в зимне-весенний период занимает криль *E. superba*, около 70%. Наибольший процент криля в исследованных образцах отмечался у кормящих самок в период лактации. Мелкие виды рыб составляют всего 15-20% рациона животного. Среди рыб тюлень предпочитает представителям рода *Trematomus*, среди которых в образцах преобладает *Trematomus scotti* – 45%. Также зимой в образцах нередко встречаются фрагменты равноногих раков – *Glyptonotus antarcticus* и раковины двустворчатых моллюсков (мелкие виды). Последние вероятно попадают в пищеварительный тракт тюленя из желудков пойманных им рыб. В летний период в его рационе преобладают головоногие моллюски и рыба, с небольшим количеством водорослей. Среди головоногих моллюсков в рацион *L. weddelli* входят два вида кальмаров. В частности, *Brachioteuthis picta*, хитиновые клювики которого часто встречаются в его испражнениях в весенне-летний периоды. Также впервые нами было выделено и идентифицировано из экскрементов нескольких особей тюленя Уеддела *L. weddelli* с о. Крулс, находящегося на расстоянии 15 км от о. Галиндез, клювики крупного вида кальмара *Psychroteuthis glacialis*, который достигает до 44 см длины. Его ареал захватывает район Антарктического полуострова, а сам вид предпочитает

глубинам от 200 до 700 м. Это новый промысловый вид крупного кальмара, распространение которого было подтверждено для акватории Аргентинских о-вов с помощью копрологического анализа.

Тюлень-крабод – около 90% рациона крабод составляет антарктический криль *E. superba*. Наибольший процент криль в рационе крабод составляет в весенне-летний период в районе архипелага. Однако, в рацион данного вида тюленя также входит рыба, кальмары и другие беспозвоночные. В частности, в зимние месяцы, когда количество криля уменьшается в районе архипелага, тюлень чаще потребляет головоногих моллюсков вида *B. picta*, содержание которых в образцах может достигать 40% и мелкие прибрежные виды рыб. Это подтверждают и литературные данные, по исследованию питания крабод в районе Антарктического полуострова. Однако, распространение вида тесно связано с распределением запасов криля в биотопах. Поэтому зимой, когда *E. superba* встречается спорадически в районе архипелага, численность крабод уменьшается в десять раз. Об этом свидетельствует обстоятельный анализ сезонной динамики численности крабод на территории архипелага Аргентинские о-ва.

Морской леопард – морской леопард является хищником, который питается теплокровными животными (морскими птицами и молодыми тюленями). Единственным естественным врагом морского леопарда является косатки. Собственные наблюдения показали, что в ранне-весенний период вид предпочитает морским птицам и питается без особого предпочтения любыми легкодоступными видами – доминиканским Мартином *Larus dominicanus*, поморники *Catharacta maccormicki*, голубоглазым бакланом *Phalacrocorax atriceps*. Однако, основу рациона в районе Аргентинских островов в летний период составляет пингвин *Pygoscelis papua* – 61%, криль находится на 2-м месте (рис. 2). Обычно в это время особи вида постоянно держатся вблизи колоний пингвинов *P. papua* и *P. adeliae* (о-ва Галиндез, Питерман, Ялур). Во время исследований в октябре 2006 г. была замечена и отснята на видео успешная охота морского леопарда на молодого крабод *L. carcinophagus*. При этом леопард обездвигил животное, перекусив шею жертве. Остатки туши убитого животного хищник спрятал под фрагмент Гроулера. Довольно часто в пределах о. Галиндез наблюдались охоты отдельных особей вида на водоплавающих птиц, которые вместе составляют – 77% от рациона вида в районе архипелага. Наряду с тем животное потребляет и крупные экземпляры рыб семейства *Nototheniidae*.

Южный морской слон – питание данного вида исследовано слабо. Известно, что состав рациона вида зависит от региона распространения. Основу питания составляют прибрежные виды рыб и головоногие моллюски. Молодежь также питается крупными амфипод и изопод. Согласно литературы, животные данного вида могут нырять до глубины 1500 м,

оставаясь под водой около 2-х часов (Fisher, Hureau, 1985b). Однако обычно при питании ныряют до 200–400 м. Анализ экскрементов двух молодых самок с о. Расмуссен показал, что в рацион на исследуемой территории входят головоногие моллюски – *Brachioteuthis picta*, мелкие представители рыбы рода *Trematomus*, антарктический лимпет *N. concinna* и около 50% рациона составляли остатки водорослей.

Проведенный копрологический анализ питания антарктических видов тюленей в районе архипелага Аргентинские острова, показал, что у большинства видов тюленей региона в рационе преобладает криль *E. superba*. В течение летнего периода криль составляет 97,2% рациона морских котиков (*A. gazella*) и 90% рациона крабоеда (*L. carcinophagus*). Наибольший процент криля (80%) в исследованных экскрементах тюленя Уэддэла отмечался у кормящих самок в период лактации. Криль является основным компонентом питания 4-х видов ластоногих в весенне-летний период на территории архипелага Аргентинских островов.

Принимая во внимание то, что из 5-ти видов учтенных в пределах архипелага тюленей, наиболее многочисленными являются тюлень-крабоед и южный морской котик – эти виды могут быть использованы как «виды индикаторы» распространения и численности криля в данном регионе, при установке его запасов.

СОЗДАНИЕ НОВЫХ МОРСКИХ ОХРАННЫХ РАЙОНОВ (МОР) В РАЙОНЕ АРХИПЕЛАГА АРГЕНТИНСКИЕ ОСТРОВА

**И. Дикий¹, А. Утевский², А. Березкина³, Т. Калужная³,
Е. Моисеенко³**

¹Львовский национальный университет им. И. Франко, Львов,
i.dykyu@gmail.com

²Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина,
Харьков

³Национальный антарктический научный центр, Киев,
uac@uac.gov.ua

Аргентинские о-ва (Argentine Is.) (65°13' - 65° 16' S, 64° 12' - 64° 21' W) расположены на западном шельфе Антарктического п-ова Антарктиды в 6-12 км (Smith, Corner, 1973) к западу от берега Земли Грейама (Graham Land). От материка Антарктиды острова отделены довольно глубоким (более 300 м) и достаточно широким (Гожик и др., 2002) проливом Пенола (Penola Strait), а от о. Питерман (Petermann Is.) (65° 11' S, 64° 10' W) на северо-востоке – Француз-

ским проливом (French Passage). Архипелаг занимает площадь около 20 км² и состоит более чем из 40 сравнительно небольших островов и скал (Пекло, 2007), которые образуют 4 группы, разделенные межостровными акваториями, глубины которых редко достигают 50 м (Гожик и др., 2002). К первой группе относится основная часть островов архипелага, простирающаяся вдоль шва трога пролива Пенола с северо-востока на юго-запад и трассирующая его северо-западный борт (Гожик и др., 2002). Ко второй и третьей группам относятся о-ва Барханы (The Barchans Is.) и о-ва Фордж (Forge Is.), большей частью безымянные, расположенные несколько западнее первой группы и имеющие общую площадь не более 3 км² (первые) и около 2 км² (вторые) (Говоруха, 1997). Четвертую группу образуют о-ва Анаграмм (Anagram Is.), выдвинутые еще дальше к северо-западу. В пределах групп острова отделены друг от друга проливами разной ширины и глубины. В северо-западной части о. Галиндез (Galindez Is.), принадлежащего к первой группе островов, с февраля 1996 г. находится Украинская антарктическая станция «Академик Вернадский» (бывшая Британская антарктическая станция «Фарадей»).

Благодаря удачному размещению архипелаг Аргентинские о-ва служит своеобразным рефугиумом для морских птиц и ластоногих. Орнитофауна Аргентинских о-вов и близлежащих районов (сопредельные акватории, острова: Ялур, Питерман и др.) на сегодняшний день складывается из 27 видов морских птиц (Пекло, 2007; Пекло, Дикий, 2010). Два из них пингвин папуа (*Pygoscelis papua*) и Адели (*Pygoscelis adelia*), есть обычными гнездовыми видами данной территории.

Самая многочисленная гнездовая колония пингвина папуа размещена на о. Питерман. В течение 2003-2007 гг. здесь насчитывали от 2119 до 2293 гнезд этой птицы (Heather et al, 2008; Chesalin et al, 2009). В начале 21 в. произошло существенное расширение гнездового ареала *P. papua* на юг. В частности, регистрируются новые гнездовые колонии на о. Муд, островах Ялур, о. Галиндез и мыса Туксен. Первая неудачная попытка создать гнездовую колонию на о. Галиндез была в 2005 г. В 2007 г. птицы создали здесь две жизнеспособные колонии с 21 и 5 гнезд (метеоплощадка и мыс Пингвин Пойнт соответственно). Всего вывелось 17 птенцов. В летний сезон 2008-2009 гг. на острове вместе было зарегистрировано 140 гнезд (212 птенцов) (Александров, 2009). В летний сезон 2009-2010 гг. количество гнезд в двух колониях на о. Галиндез заметно возросла до 255 гнезд и соответственно 209 птенцов.

Исходя из данных многолетнего мониторинга колоний данного вида, их его численности, учитывая, что пингвин папуа есть одним из главных индикаторов криля, авторами было оформлено обоснование для включения в систему МОР двух участков (колоний пингвинов) - о. Питерман и о. Галиндез.

Авторы приняли во внимание то, что среди стран-членов Научного комитета имеются разные мнения о том, как могут выполняться задачи в

предлагаемых районах, надо ли ограничивать промысел и исследования во всех районах, предлагаемых для включения в систему МОР. Авторы согласны с тем, что охрана может быть не нужна для отдельных видов в каждом из предлагаемых МОР этой системы. Однако для того, чтобы выполнить задачи системы МОР и тем самым в соответствующих случаях охватить задачи в отношении всех видов, было решено, что задачи системы МОР будут лучше всего выполняться с использованием предлагаемой системы с многоцелевым подходом. Это позволит проводить промысел и исследования в районах, где ничто не будет мешать выполнению задач.

Что касается размеров отдельных МОР, то авторы отметили, что размеры районов основываются на научных данных по биорегионам и на биологических потребностях бентических и пелагических экосистемных процессов. Размер также определялся в соответствии с необходимостью в научных контрольных районах.

На заседании 32-го совещания в Хобарте (Австралия) Научный комитет АНТКОМ отметил проходившие в WG-ЕММ дискуссии относительно данных СЕМР и выделения участков СЕМР Украиной, особенно относительно выделения участков СЕМР в рамках МС 91-01 с целью дополнительной охраны этих участков. Научный комитет поблагодарил Украину за предоставление данных по мониторингу для базы данных СЕМР и отметил, что в рамках МС 91-01 Украина представила предварительный план управления новыми участками СЕМР на Аргентинских о-вах. Основываясь на рекомендациях WG-ЕММ, это предложение теперь включает два участка, и Украина начала представлять данные в Секретариат АНТКОМ.

КОНЦЕПЦИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО ЦЕНТРА ПОДГОТОВКИ ПОЛЯРНИКОВ (МЦПП)

И.А. Дмитрук

Журнал «Геосфера», Киев, Украина, editorgeo2013@mail.ru

Антарктида многому научила, заставила приспособиться к суровому своему нраву. Теперь существуют жесткие правила жизни и поведения человека на континенте: как одеваться, дышать, питаться, как строить жилища, ходить, на чем ездить, в какое время летать, как преодолевать трещины, что можно и что нельзя делать при здешних ветрах и морозах. Но возможно ли предусмотреть все? Сколько возникает непредвиденных ситуаций? И снисхождения от Антарктиды не жди.

Василий Песков

Освоение южных и северных полярных широт ни в 19, ни в 20 веке, ни разу не претерпело дефицита смысла как в плане научных, так и в плане стратегических завоеваний. Но если до 1917 года эти смыслы формировались по большей части в академических кругах отечественной научной и инженерной элиты, то после октября 1917 г. забота по изучению и использованию крайних широт нашей планеты в равной мере распределилось между руководством страны и ее научно-техническими кадрами. Именно этим и объясняется небывалый успех наших завоеваний в Арктике и Антарктике. Весь опыт освоения Заполярья был сполна использован и по настоящее время остается востребованным при работе в Антарктике. Отдавать предпочтение одной в ущерб вниманию второй полярной области – значит совершить непростительную ошибку, которую придется затем исправлять десятилетиями в жесткой конкурентной борьбе за полярные области Земли, которая в настоящее время как никогда набирает обороты.

Ярким и поучительным примером борьбы академических умов с госбюрократией 19 века является история с Докладом князя Петра Кропоткина Русскому Географическому обществу по организации полярной экспедиции (1871 г.). Его программа океанографических, геофизических, ботанических и зоологических наблюдений, анализа взаимодействия теплых и холодных течений, гипотеза о существовании неоткрытой земли не вызвали у Общества возражений. Выдающемуся географу было предложено возглавить полярную экспедицию.

Однако интересы подлинной науки не совпали тогда с «интересами» царского правительства. Министерство финансов отказалось финансировать экспедицию. А два года спустя земля, которую Кропоткин увидел сквозь полярную мглу, была открыта Юлиусом Пайером и Карлом Вейпрехтом – австрийскими путешественниками – и названа ими Землей Франца-Иосифа. Этот пример приведен в доказательство тому, что нерешительность в вопросах освоения крайних широт Земли дает изрядную фору тем странам, которые не жалеют на эти важнейшие геополитические рубежи ни средств, ни особого внимания.

Бесценен опыт, накопленный первой украинской антарктической экспедицией. Впрочем, и все последующие экспедиции станут учебным пособием для новых поколений полярников, тех стран, которые решаться осваивать «последнюю часть необъятного белого света». И в полной мере поделиться опытом в этом могут лишь свои – те, кто видит в Антарктике не плацдарм для конкуренции, как это стало, к сожалению, в Арктике, а пространство для взаимовыручки в совместных исследованиях этого уникального континента. Подумать только, дух захватывает только от того что здесь «ни господ, ни рабов, ни царей, ни республик, ни древних империй. Никаких базилик, алтарей, стародавних легенд и поверий...». И кажется, что команда, высадившаяся

ся на гигантский ледовый щит – одна на всей планете. И те 12 зимовщиков, словно команда подводной лодки, которая впредь должна сама обеспечивать жизнедеятельность и свою, и станции. Они стали для себя и пожарниками, и поварами, и скорой помощью и т.д и т.п. Все друг от друга зависят, все могут надеяться только друг на друга. И уже в первые дни экспедиции приходит осознание самого важного в подготовке к полярной миссии – психологической совместимости. Ее надо обкатывать еще на Большой земле. И как здесь не вспомнить замечательные советские кинофильмы «Красная палатка» (1969 г.), «Обыкновенная Арктика» (1976 г.), «Антарктическая повесть» (1979 г.). Борьба характеров, сомнений, честолюбий нередко оттеняет специфические профессиональные задачи полярников. Порой это может привести не только к критическим ситуациям, но и к трагическим последствиям.

Какие же требования можно было предъявить к планируемому к созданию центру подготовки полярников?

Во-первых, местоположением центра должно быть место у озера или реки. Температурный режим и роза ветров должны быть максимально приближены к условиям Крайнего Севера.

Во-вторых, желательным является круглогодичный режим работы центра. Учитывая, что в высокие широты Земли отправляются лучшие в своих областях специалисты, то здесь будущие зимовщики могли бы взаимодействовать между собой в межсезонье между экспедициями, а задом и проводить научные исследования.

В-третьих, центр может стать не только тренировочной базой, но и постоянно действующий – атмосферной, метеорологической, гидробиологической, гляциологической станцией. Здесь полярники научат погружаться под воду, проводить гидробиологические и гидрологические измерения. Такая станция вполне может стать высококлассным научным и обучающим центром, работающим по принципу вахты и круглосуточного дежурства. А если придется, то и в усиленном режиме. Аппаратура на станции должна работать в автоматическом режиме, чтобы при каждом приборе не приходилось держать отдельного специалиста.

Перечень требований можно продолжать и продолжать. Тем более что условия освоения полярных широт в 21 веке предъявляют к человеку все новые и новые требования. Здесь и новые научные направления, и вмешательство техногенного характера.

В условиях обостривших противоречий на политической карте мира, в том числе и крайних северных и южных широтах, на важное место выходит международная кооперация и интеграция не только в научном, но и в правовом поле. Роль центра, как влиятельного международного института с привлечением опытных зарубежных специалистов с охватом студенческой среды (опять же из разных стран) может стать важным дипломати-

ческим инструментом, предупреждающим прежде всего экологические катастрофы, которые вызваны где недопониманием, а где и скрытым умыслом различных политических центров влияния. Общеизвестно, что мониторинг экологического состояния Земли невозможен без многолетних исследований как в Арктике, так и Антарктике. На то положили многие усилия и жизни поколения первопроходцев полярных широт. Знаменитые имена Шмидта, Макарова, Папанина и сотен и тысяч других героев и тружеников полярников золотыми буквами вписаны в историю человечества. Где научное дело шло рядом с военным, там всегда было место подвигу. Защита рубежей нашего Заполярья как в годы Великой Отечественной, так и в годы Холодной войны, ценнейший опыт, которые следовало бы передать тем будущим полярникам, оказавшимся в стенах Центра, чтобы привить им исключительно созидательный, а не потребительский взгляд на белые безмолвия нашей Земли – арктическое и антарктическое.

Важнейшим из направлений работы Центра должна стать популяризация отечественных достижений в изучении и освоении Арктики и Антарктики. Создание научной полярной библиотеки при центре и сети детских клубов «юный полярник» создало бы основательную базу для работы отечественных полярников на десятилетия вперед, своевременной подготовки достойной смены. Не за горами то время когда начнется промышленное освоение Антарктики. Вот здесь и могут таиться опасности для последнего пристанища ученых – ныне заповедного Шестого континента. К этому времени должно вырасти то поколение полярников, для которых загадочная и прекрасная Антарктика не территория, разделенная на сектора влияния и сектора раздора, а общий дом для всех ученых мира, без деления на сильнейшие двадцатки, восьмерки, блоки и союзы. Это идеологическая задача должна быть поставлена в основание Центра.

И еще раз, чтобы подчеркнуть важность создания Центра, не лишне будет повторить, что для абсолютно всех области науки и техники полярные широты являются и будут являться уникальным полигоном для испытаний и исследований. Но только лишь в том случае, если удастся предотвратить разграбление последнего естественного заповедника Земли – Антарктику, колоссальные запасы ископаемых и биоресурсов которого будут храниться как неприкосновенный запас, а не как очередной повод к войнам, грабегам и разорениям.

Изучение и освоение полярных районов Земли по сложности можно сравнить разве что с космической отраслью. К слову сказать, все знают белорусских и украинских космонавтов Климука и Ковалёнка, Поповича и Берегового. Престиж и вклад в историю современной истории собственно и определяется ее учеными и исследователями. Их немало было рождено на просторах от Белого до Черного морей, от Бреста до Камчатки.

Портретная галерея покорителей и защитников полярных широт насчитывает сотни и тысячи имен: немало среди них кроме уроженцев Великой России, выходцев из белорусских и украинских деревень и городков. Имя каждого из них будет опорой и надежным оберегом для предлагаемого к созданию Центра – Центра Дружбы, Центра Сотрудничества на нивах естественных и технических наук.

Поучителен в плане международной полярной кооперации опыт наших зарубежных коллег. Разумеется, впереди планы всей шествует Китайская Народная Республика, которая с 1985 года провела пять арктических и 28 антарктических экспедиций.

В декабре 2013 г. по инициативе Пекина в Шанхае открылся Китайско-Североевропейский центр арктических исследований.

На официальной инаугурации нового центра были представлены шесть институтов из Норвегии, Финляндии, Исландии, Дании и Швеции. Изменение климата, экономическое развитие Арктики и судоходство – основные темы совместных исследований североевропейских и китайских институтов – членов центра.

Пользуясь академическим обменом и общей исследовательской платформой, работа в центре будет вестись над вопросами содействия освоению Арктики и устойчивому развитию уже в глобальном смысле.

Вот второй пример. В октябре 2013 г. в Главном управлении МЧС по Архангельской области состоялась презентация совместного проекта по координации служб спасения Северной Норвегии и Архангельской области для оказания помощи судам, терпящим бедствие в Арктике. Норвежской стороной предложено создать международную площадку, посредством которой спасатели двух стран могли бы обмениваться опытом, налаживать контакты, чтобы впоследствии создать среду «Спасение без границ». Идея сотрудничества – создание международной системы спасательных станций, вертолетных баз и диспетчерских пунктов в северных морях, что позволило бы направлять к месту бедствия спасателей с максимально близкой к месту бедствия точки, независимо от их национальной принадлежности.

И третий пример. В декабре 2013 г. двумя российскими вузами Государственного университета морского и речного флота имени Макарова и Арктического федерального университета было объявлено об объединении для подготовки специалистов-полярников нового поколения. Будущих специалистов – инженеров, нефтяников, гидрометеорологов, программистов – будут обучать особенностям работы в полярных и заполярных регионах. По словам ректоров университетов, потребность в новых кадрах особенно возросла с укреплением интересов России в Арктике.

Предлагаемая концепция Международного центра подготовки по-

лярников имеет под собой давнюю историю и лишь аккумулирует те разработки, над которыми не первый год трудятся ученые и инженеры Беларуси, России и Украины.

РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВ И ПОЧВОПОДОБНЫХ ТЕЛ В ОАЗИСЕ ХОЛМЫ ТАЛА (ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА)

А.В. Долгих¹, Н.С. Мергелов, А.В. Лупачев², С.В. Горячкин¹

¹Институт географии РАН, Москва

²Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пуццино, dolgikh@igras.ru

Почвенные исследования в Восточной Антарктиде начались еще в 50-е годы [3]. Отдельные почвенно-ландшафтные исследования на территории оазиса Холмы Тала (Молодежный) проводились в 60-70 гг. [2, 5, 10]. Комплексные российские исследования в оазисе начаты в 2008 году и до сих пор продолжаются.

Оазис Холмы Тала расположен в западной части Земли Эндерби. Данный оазис состоит из двух участков: Молодежный (S67°40' E45°51') и Вечерний (S67°39' E46°10'), общей площадью около 20 км². Участок Молодежный представляет собой холмисто-рядовый мелкосопочник с высотами до 109 м, сложенный гнейсами, эндрбитами, кристаллическими сланцами, интрузивами гранитоидного состава; вытянут в субширотном направлении, общая площадь участка - 13,2 км². Здесь располагается российская станция «Молодежная», функционирующая с 1962 г. На расстоянии 4 км по прямой расположен другой участок оазиса Холмы Тала – Вечерний. Он также субширотно вытянут, общая площадь составляет 6,7 км². Основная часть территории – низкогорье горы Вечерней (272 м). На данном участке располагается полевая база «Вечерняя» [2].

Климат оазиса Холмы Тала более суров по сравнению с наиболее теплыми прибрежными оазисами Восточной Антарктиды Вестфоль, Ларсеманн. Это связано с его небольшой площадью, вытянутостью в субширотном направлении, близком расположении к леднику. Район исследований относится к переходной семигумидной зоне среднеантарктических снежниковых криптогамных пустошей [6, 8].

1. Почвы скалистых холмистых и низкогорных территорий.

Большая часть территории оазиса Холмы Тала занимают скалистые гряды и холмы, в том числе и низкие горы (до 280 м). Мощность отложений крупнообломочного материала не более 50 см. Поверхность часто покры-

та кустистыми, листоватыми и накипными лишайниками. Здесь распространены *Lithic Haploorthels*. Плащи моренных отложений располагаются между грядами и отдельными холмами. Мощность мелкообломочного пылевато-песчаного материала отложений здесь уже составляет более 1 м, сезонно-талый слой – до 90 см. Эти территории имеют наиболее тяжелый гранулометрический состав, формируются структурные грунты. Они могут быть безжизненными или покрыты фрагментарной растительностью (мхи и водоросли) на краях сортированных полигонов. Здесь распространены *Typic Haploturbels*. На участках со скальными породами летом температура на глубине 1 м поднимается выше 0°C, а поверхность прогревается до 41°C [10, 12]. Для скальных обнажений характерны стратифицированные корки выветривания, эндолитные и эпи-эндолитные почвоподобные тела. Большие площади скальных обнажений гранитоидов покрыты бурыми и красновато-бурыми пластинами, под которыми в десквамационных трещинах под действием в том числе различных микроорганизмов происходит разрушение первичных минералов и образование специфических эндолитных горизонтов. Здесь важным продуктом биогеохимического выветривания являются органо-минеральные биопленки внутри эндолитной системы [4]. Совместное протекание физико-химического и биогеохимического выветривания создает современную красновато-бурю окраску скал горы Вечерняя. Встречаемость эндолитных сообществ на территории участка Молодежный выше по сравнению с участком Вечерний.

2. Почвы влажных долин. Межгрядовые долины с тающими летом снежниками являются важными объектами биоразнообразия и органо-минеральных взаимодействий. Важнейшим фактором почвообразования в долинах является дополнительное поверхностное увлажнение за счет активного таяния снежников в теплый период года. В результате этого, приповерхностные горизонты почв, не смотря на сильное иссушение ветром, продолжают удерживать влагу. Большинство почв лишено легкорастворимых солей и карбонатов, отмечаются признаки гидроморфизма, связанные с латеральными потоками талых вод снежника и перераспределения их в рельефе. Структура почвенного покрова таких влажных долин сходна с таковой во влажных долинах оазиса Ларсеманн (Земля Принцессы Елизаветы, Восточная Антарктида) [6, 8]. В днище долины под водными потоками на мелкоземистых отложениях аллювиального генезиса широко развиты водорослевые покровы. Водоросли могут образовывать сплошные черные пленки. Здесь формируется почвы типа I (*(Oxy)Aquic u Fluventic Haploturbels, Fluventic Haploorthels*; по [11]). Для них характерны оливковые горизонты с водорослями мощностью 1-3 см с поверхности, под ними находятся серо-бурые органо-минеральные горизонты мощностью 2-5 см с частично разложив-

шимся органическим веществом. Ниже могут быть погребенные горизонты. В днище долин могут встречаться структурные грунты. На выходе из зоны водотоков растительность меняется. Появляются мхи (*Bryum and Ceratodon*), которые развиваются под каменной мостовой. Под моховыми подушками располагается минеральный горизонт с грубым органическим веществом. Ниже располагается минеральный горизонт с активным развитием микромицетов, выраженным в обильном распространении грибного мицелия на зернах крупного песка. Криотрубаии выражены слабо. Здесь распространены почвы типа II (*Typic Haploturbels u Typic Haploorthels*). Выше по склону долины растительность с поверхности не встречается. Под каменной мостовой формируются оливковый органо-минеральный горизонт мощностью 1-2 см с водорослями. Привнос влаги здесь связан здесь с таянием снега весной, а также летними снегопадами. Летом верхняя часть часто бывает сухой. Здесь формируются почвы типа III (*Typic Haploorthels u Typic Haploturbels*). Выше по склону количество влаги в верхней части профиля резко падает. Здесь доминируют «безгумусовые» почвы (тип IV, *Typic Haploturbels/Haploorthels*). Данные почвы являются наиболее распространенными не только в долинах, но и в других территориях с гравелисто-песчаными отложениями. Структурные грунты и криотрубаии проявляются на участках моренных пылевато-супесчаных отложений.

Несмотря на одинаковые названия почв по Soil Taxonomy типов II-IV, имеются важнейшие отличия во влажности верхних горизонтов на глубине 0-20 см, прямо влияющие на растительный покрове (наличие водорослей, мхов и микромицетов, а также отсутствие видимой невооруженным взглядом биоты). Скалистые борта долин заняты эндолитными почвами. Данные почвы сходны с почвами скалистых гряд (см. 1).

3. Почвы ветровых убежищ. Максимум растительности в оазисе приурочен к ветровым убежищам на элюво-делювии и наскальных ваннах. Орография оазиса способствует широкому распространению таких убежищ. Здесь формируются мощные моховые покровы с лишайниками, а под ними органо-минеральные почвы с торфяно-перегнойными горизонтами до 15 см. Радиоуглеродный возраст нижней части органогенного горизонта 360 ± 60 лет (Ki-17840, ТОС) позволяет предположить, что такие убежища с моховыми покровами функционируют не менее 500 лет. Ранее было датировано органическое вещество торфяного горизонта мощностью 18 см почвы, сформированной под мхом *Ceratodon purpureus* (Hedw.). Сохранившаяся куртина имела площадь $2,5 \text{ м}^2$, полученная дата – $1220 \pm 80 \text{ BP}$ [2]. Эти почвы встречаются в оазисе повсеместно, однако площадь их незначительна. почвы имеют различную мощность органо-минерального горизонта от 2-3 см под мхами до 15 см. Ниже расположен срединный горизонт аккумуляции железа Vf. Эти почвы (в настоящий момент данные о

содержании оксалатов растворимых форм Fe и Al) можно классифицировать как *Lithic Psammorthels*, *Spodic Psammorthels* и *Typic Haplorthels* (при содержании крупных обломков пород > 35%). Близкими аналогами таких почв являются *Spodorthels* в оазисе Грирсона, Земля Уилкса [7].

4. Специфические почвы.

4.1. Почвы дна озер с пульсирующим режимом уровня. Береговая линия небольших озер в теплый летний период отступает. Подводные организмы (альго-бактериальные маты, мхи) в такие периоды оказываются на поверхности. Данные почвы названы амфибиями [1]. Поверхность таких исследованных почв в оазисе Холмы Тала покрыта альго-бактериальными матами мощностью до 5 см. Под ним располагается органо-минеральный горизонт мощностью до 10 см. Органическое вещество здесь озерного генезиса. Гранулометрический состав здесь более тяжелый по сравнению с другими почвами оазиса. В холодные многоснежные летние периоды береговая линия таких водоемов может слабо изменяться. Эти почвы следует классифицировать как *Typic Aquorthel*.

Некоторые из почв дна озер имеют высокое содержание серы, в основном из-за их прежней связи с морем. Альго-бактериальные маты почти полностью покрывают дно таких периодически иссушаемых водоемов. Супесчано-суглинистые отложения имеют темный цвет из-за высокого содержания сульфидов. В профиле отмечаются ярко-рыжие зоны окисления на темно-сером фоне основного материала. Эти почвы имеют восстановительные значения Eh и значения pH менее 4,5. Данные почвы классифицированы как *Sulphuric Aquorthel*.

4.2. Орнитогенные и пост-орнитогенные почвы. На участке Вечерний в колонии пингвинов *Pygoscelis adeliae* обнаружены орнитогенные почвы, типичны для колоний пингвинов Адели, расположенных на скальных обнажениях. Мощность гуано в этих почвах не превышает 35 см. В этих почвах хорошо сохраняется тела мертвых птиц, перья и яичная скорлупа. Данные почвы подстилаются скалой на глубине 30-50 см. Данные почвы можно классифицировать как *Lithic Historthels*. Площадь распространения таких почв тесно связана с границами колоний. Местами поверхность покрыта водорослями *Prasiola Crispa*. С местами линьки пингвинов и гнездами поморников также связано распространение *Prasiola Crispa*. Здесь формируются *Typic Haplorturbels* и *Typic Haplorthels* с повышенным содержанием С, Р, N в верхней части профиля.

Во влажных долинах на расстояниях в первые сотни метров от колоний пингвинов моховой покров имеет больше площади, что связано с дополнительным привнесом органики. Здесь, под моховым покровом площадью более 60 м², обнаружена пост-орнитогенная почва с мощным органогенным слоистым горизонтами до 20 см со среднеразложившим-

ся органическим веществом. Ниже располагается срединный горизонт с аккумуляцией железа и нижний криотурбированный глеевый горизонт. Данная почва является близкой к почвам ветровых убежищ. Однако формирование верхних горизонтов безусловно связано с привнесом органического материала. Данные почвы можно классифицировать как *Typic Histoturbels* или *Typic Haploturbels*.

4.3. Антропогенные воздействия. В окрестностях российской антарктической станции «Молодежная» отмечаются антропогенные нарушения почв и грунтов. Длительность хозяйственного освоения здесь составляет более 50 лет. Среди них стихийные свалки мусора, разливы нефтепродуктов, переотложенный техникой рыхлый субстрат. Широко распространены линейные нарушения почвенного покрова, связанные с использованием гусеничной техники. В данном случае часто отмечается обогащение верхних горизонтов мелкоземом (<1 мм) за счет антропогенной физической дезинтеграции пород. Верхние 5 см содержат до 40-45% мелкозема, тогда как поверхностные горизонты фоновых почв – не более 15-20%. В материале почв, подвергнутых антропогенному воздействию, зафиксированы относительные превышения по содержанию мышьяка, свинца, кадмия [9].

Таким образом, в оазисе Холмы Тала широко представлены органо-минеральные почвы с микропрофилями под водорослевыми, лишайниковыми и моховыми покровами. Наиболее распространенными являются «безгумусовые» разновидности *Typic Haplothels* и *Typic Haploturbel*.

Благодарности. Авторы выражают благодарность руководителям и сотрудникам Российской антарктической экспедиции, и лично В.В. Лукину, В.Л. Мартъянову, В.В. Киселеву, а также руководителю Белорусской антарктической экспедиции А.А. Гайдашову за материально-техническое обеспечение полевых исследований. Мы глубоко чтим память о вдохновителе российских почвенных исследований в Антарктиде – Д.А. Гиличинского.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №12-04-01815.

Литература

1. Абакумов Е.В., Крыленков В.А. Почвы Антарктиды // Природа. 2011. № 3. стр. 58-62.
2. Александров М.В. Ландшафтная структура и картирование оазисов Земли Эндерби. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 152 с.
3. Глазовская М.А. Выветривание и первичное почвообразование в Антарктиде // Науч. докл. высш. школы геол.-геогр. науки. 1958. №1. С. 63-76.
4. Мергелов Н.С., Горячкин С.В., Шоркунов И.Г., Зазовская Э.П., Черкинский А.Е. Эндолитное почвообразование и скальный “загар” на массивнокристаллических породах в восточной Антарктике // Почвоведение. 2012. № 10. С. 1027–1044.

5. Симонов И.М. Оазисы Восточной Антарктиды. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 180 с.

6. Balks M.R., López-Martínez J., Goryachkin S.V., Mergelov N.S. Schaefer C.E.G. R., Simas F.N.B., Almond P.C., Claridge G.G.C., McLeod M., Scarrow J. 2013. Windows on Antarctic soil–landscape relationships: comparison across selected regions of Antarctica. Antarctic Palaeoenvironments and Earth-Surface Processes. Geological Society, London, Special Publications 381:397-410.

7. Beyer, L. Bölker, M. 2000. Chemical and biological properties, formation, occurrence and classification of Spodic Cryosols in a terrestrial ecosystem of East Antarctica, Wilkes Land. Catena, 39, 95–119.

8. Goryachkin S., Gilichinsky D., Abramov A., Fedorov-Davydov D., Konyushkov D., Lupachev A., Mergelov N., Zazovskaya E. 2011. Soils and Permafrost of Russian Antarctic Stations Oases. Abstr. 11th Internat. Symp. Antarctic Earth Sciences. Edinburgh. p. 128.

9. Lupachev A.V., Ovchinnikova A.A., Vetrova A.A., Kalinin P.I. 2012. Anthropogenic pressure on soils of Antarctic oases: Russian Antarctic stations network case study. Abstr. 8th Int. Conf. Contaminants in Freezing Grounds (Obergrugl, Tyrol, Austria, 2012). P. 37.

10. MacNamara E.E. 1969. Soils and geomorphic surfaces in Antarctica. Biuletyn Peryglacjalny 20:299-320.

11. Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy (11th edit.). U.S. Dep. Agric., Natural Resources Conserv. Serv., Washington, D.C.

12. Vieira, G., Bockheim, J. et al. 2010. Thermal state of permafrost and active-layer monitoring in the Antarctic: advances during the International Polar Year 2007–09. Perm. Periglac. Process. 21:182–197.

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОРСКОГО ЛЬДА В АНТАРКТИКЕ

В.Н. Еремеев¹, А.Е. Букатов², М.В. Бабий², А.А. Букатов²

¹*Океанологический центр НАН Украины, Севастополь*
²*Морской гидрофизический институт НАН Украины, Севастополь*
newisland@mail.ru

Введение. Физико-географические особенности и характер гидрометеорологических процессов в Южной полярной области Мирового океана определяют закономерности формирования антарктического ледяного покрова и обуславливают крайне неравномерное его пространственное распределение. Динамика льда приводит к изменению свойств морской

поверхности, влияющих на потоки тепла и импульса между океаном и атмосферой [1, 2].

В данной работе проведен анализ изменчивости регионального распределения плавающего льда и пространственно-временной эволюции внешней кромки ледового пояса, окружающего Антарктиду, за период с 1969 г. по 2010 г. Используются массивы BADC и NCEP [3, 4] среднемесячных данных о сплоченности морского льда в одноградусных сетках. На их основе сформирован ряд среднемесячных значений широты расположения кромки для каждого градуса долготы вокруг Антарктиды с 1969 г. по 2010 г. для последующего пространственно-временного анализа.

Анализ результатов. Внешняя граница пояса морских льдов в Южном океане ориентирована преимущественно в зональном направлении. Ее положение согласуется с характером океанической циркуляции. В конце первого полугодия ледяной покров практически по всему периметру Антарктиды выходит за пределы Южного полярного круга. Однако в его внутригодовом распределении по регионам Антарктики видна существенная неравномерность. Наиболее значительная по площади масса льда находится в морях западной Антарктики.

Минимальная площадь морского льда наблюдается в феврале. В основном это льды меньше 50% балльности, расположенные в прибрежной зоне. Исключение составляют свободные ото льда области, представляющие собой стационарные полыньи, а также области с многолетним морским льдом или шельфовыми ледниками, где сплоченность достигает 100% балльности. Максимальная площадь льда со 100% балльностью находится в море Уэдделла.

С марта начинается процесс ледонакопления. Увеличивается как площадь, покрытая морским льдом, так и сплоченность льда. В апреле лед с близкой к 100% балльностью, кроме моря Уэдделла, появляется также и в морях Беллинсгаузена, Амундсена, Росса, Д'юрвиля, Содружества. Льды сплоченностью большей 15% балльности опоясывают весь ледовый континент. С этого месяца антарктической зимы начинается активная фаза развития ледяного покрова, продолжающаяся до сентября. В этот период происходит увеличение не только общей площади морского льда, но и площади акваторий с максимальной его сплоченностью. В июле льды 80 – 100% балльности находятся уже около 60° ю.ш., а к сентябрю в Атлантическом и Индийском секторах переходят эту широту. В сентябре вся Антарктида окружена поясом морских льдов, внешняя граница которого максимально удалена от берега материка. Причем на некоторых долготах Атлантического сектора эта граница достигает 52° ю.ш., в то время как в Тихоокеанском секторе она не достигает и 60° ю.ш. Исключение составляют долготы от 140° з.д. до 150° з.д., где кромка льда пересекает

60° ю.ш. Прикромочная зона ледового пояса сформирована льдом малой сплоченности. С удалением от кромки в направлении берега Антарктиды сплоченность льда увеличивается.

С октября начинается уменьшение льда с балльностью близкой к 100%. Граница распространения льдов незначительно деформируется и отступает по направлению к берегу. В ноябре сплоченность льда существенно меняется. Увеличивается площадь ледового покрова с балльностью от 80% до 60%. К декабрю покрытая льдом площадь акватории хотя и мало уменьшается, но заметно снижается балльность сплоченности. В январе ширина ледового пояса значительно сужается. Однако по мере интенсивного разрушения ледяного покрова высокая балльность сплоченности сохраняется в секторах 25° – 60° з.д., 65° – 160° з.д., 145° – 170° в.д., где располагаются Атлантический, Тихоокеанский и Балленский ледяные массивы соответственно.

Расстояние от внешней границы пояса плавающего ледяного покрова до берега Антарктиды существенно зависит от долготы места и времени года. Наибольшие удаления кромки на север характерны для районов Атлантического сектора Антарктики и моря Росса. Причем в районе моря Уэдделла среднеклиматическая граница плавающего льда внутри годового цикла не только отступает к северу от 64° ю.ш. до 52° ю.ш. Положение ее максимального удаления от ледового континента смещается на восток.

Отметим, что межгодовые различия в положении кромки более существенны в период с октября по февраль, чем с марта по сентябрь.

Важной динамической характеристикой кромки плавающего льда является скорость V ее смещения в широтном направлении. Графики на рис. 1 иллюстрируют долготное распределение внутригодового среднемесячного климатического значения скорости движения кромки. Толстой линией изображена скорость, а тонкими обозначены границы 95% доверительного интервала.

Поведение представленных графиков показывает, что скорость смещения кромки как функции долготы не является монотонно изменяющейся. Она имеет локальные экстремумы, величины которых зависят от долготного сектора. Во внутригодовом цикле направление движения кромки также меняется. В период ледонакопления кромка с марта по июль включительно движется на север. В этот период один из экстремумов скорости, приходящийся на район моря Уэдделла, представляет собой максимум ее величины по всему периметру кромки. В апреле этот максимум достигает значения 20 км/сут. и к июлю уменьшается до ~ 10 км/сут. Положение экстремального значения скорости движения кромки на север перемещается со временем на восток. За период с марта по сентябрь экстремум перемещается с 30° з.д. на 25° в.д. Скорость перемещения, составляющая около 20 км/сут., согласуется со средней скоростью

Антарктического циркумполярного течения. Значительных величин достигает скорость смещения кромки в северном направлении и в районе моря Росса. В марте, например, она в восточной части моря составляет около 19 км/сут., что даже больше, чем скорость смещения в море Уэдделла для этого месяца.

В августе – сентябре направление движения кромки меняется вдоль ее периметра. В одних долготных секторах она все еще движется на север, а на других участках вдоль периметра отступает на юг.

В период разрушения ледяного покрова с октября по январь кромка движется на юг. Наиболее интенсивно это происходит в море Содружества в октябре – ноябре, восточной части моря Росса в январе и в море Уэдделла в декабре – январе. Величины скорости смещения кромки на юг в этих районах составляют 10 – 15, 20 и 20 – 30 км/сут. соответственно.

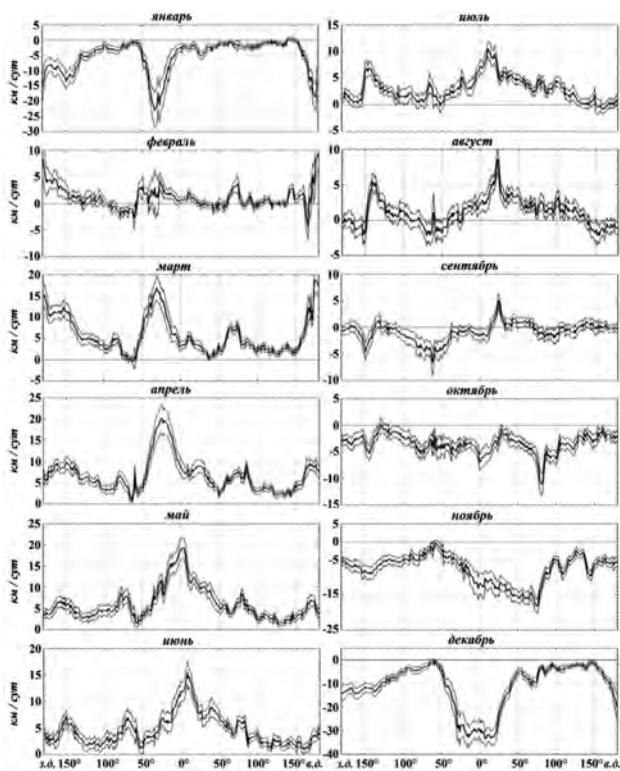


Рисунок 1

В летний период в некоторых долготных секторах положение кромки близко к стационарному ($V \sim 0$). Например, в январе в секторе от 125° в.д. до 50° в.д. В феврале на некоторых участках вдоль периметра кромка снова движется на север. Скорость движения не превышает 5 км/сут., хотя на востоке моря Росса она достигает 10 км/сут. Отметим, что величина скорости движения кромки на графиках ее распределения по долготе в районе моря Росса для декабря, января и февраля подвержена влиянию присутствующей здесь стационарной полыньи.

На рис. 2 представлены ансамбли графиков взаимной корреляционной функции $F(t)$, где t время, связывающей широтное смещение кромки льда и числа Вольфа солнечной активности для каждого градуса долготы из секторов 89.5° в.д. – 129.5° в.д., 160.5° з.д. – 174.5° в.д., 84.5° в.д. – 59.5° в.д., 125.5° з.д. – 104.5° з.д., 95.5° з.д. – 74.5° з.д., 40.5° з.д. – 10.5° з.д., находящихся в районах морей Дейвиса и Моусона (а), Росса (б), Содружества (в), Амундсена (г), Беллинсгаузена (д), Уэдделла (е) соответственно. Хотя по абсолютной величине значения взаимной корреляционной функции и не превышают 0.3 , ее поведение является стабильным для указанных районов Антарктики. На всех графиках прослеживаются колебания этой функции с периодом близким к одиннадцатилетнему около среднего по ансамблю положения, которое можно рассматривать как половину 60 – летнего цикла Фритца солнечной активности [5]. Изменчивость солнечной активности с одиннадцатилетним циклом Швабе проявляется с запаздыванием в смещении положения кромки льда примерно через $2 \sim 3$ года. Отметим, что колебания аномалий положения кромки находятся в противофазе с колебаниями солнечной активности.

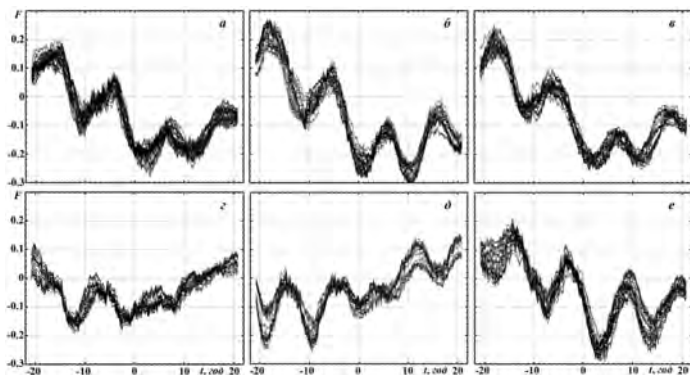


Рисунок 2

Заключение. Таким образом, выполнено исследование климатической изменчивости внутrigодового распределения сплоченности плава-

ющего морского льда в Антарктике за период 1969–2010 гг. Дана характеристика деформации окружающего Антарктиду пояса морского льда и эволюции широтного смещения географического положения его внешней границы.

Получены оценки значений скорости внутригодовых климатических широтных смещений кромки льда вдоль ее периметра для каждого градуса долготы. Выделены долготные сектора с наибольшей и минимальной интенсивностью изменений положения кромки. Вычислены внутригодовые среднемесячные аномалии ее широтного смещения.

На основе спектрального анализа выявлены наиболее значимые по спектральной плотности временные циклы отклонений среднемесячных значений широты положения кромки от его линейного тренда и отмечены области их наиболее яркого проявления.

Выполненный анализ поведения взаимной корреляционной функции, связывающей широтное смещение кромки и числа Вольфа солнечной активности для каждого градуса долготы, показал устойчивые колебания с одиннадцатилетним циклом Швабе, происходящие около среднего положения, которое можно рассматривать как полуволну 60-летнего цикла Фритца. Изменчивость солнечной активности с циклом Швабе проявляется в смещении положения кромки с запаздыванием через 2–3 года.

Построено распределение величины тренда широтного смещения кромки морского льда по долготе, свидетельствующее о расширении покрытой льдом площади морской поверхности всюду, кроме морей Беллинсгаузена и Амундсена, где величина тренда отрицательная.

Литература

1. Доронин Ю.П. Влияние ледяного покрова на теплообмен атмосферы и океана // Проблемы Арктики и Антарктики. 1974. Вып. 43-44. С. 78-82.
2. Еремеев В.Н., Букатов А.Е., Букатов А.А., Бабий М.В. Влияние снежно – ледового покрова на теплообмен океана и атмосферы в Антарктике // Геоинформатика. 2011. № 1. С. 57-61.
3. <http://badc.nerc.ac.uk/data/hadisst/>
4. <http://nomad1.ncep.noaa.gov>
5. Гудкович З.М., Карклин В.П., Ковалев Е.Г., Смолянский В.М., Фролов И.Е. Изменение морского ледяного покрова и других составляющих климатической системы в Арктике и Антарктике в связи с эволюцией полярных вихрей // Проблемы Арктики и Антарктики. 2008. №1. С. 48 -57.

ВЛИЯНИЕ СНЕЖНО-ЛЕДОВОГО ПОКРОВА НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕПЛООБМЕНА ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ В АНТАРКТИКЕ

В.Н. Еремеев¹, А.Е. Букатов², А.А. Букатов², М.В. Бабий²

¹Океанологический центр НАН Украины, Севастополь

²Морской гидрофизический институт НАН Украины, Севастополь
newisland@mail.ru

Введение. В последнее десятилетие прошлого века и в настоящее время наблюдаются глобальные изменения климатической системы, проявляющиеся в неустойчивости ее термодинамического режима. Одной из важных характеристик, определяющих этот режим, является теплообмен океана и атмосферы. Значительная роль в формировании глобального климата принадлежит южной полярной области, покрываемой льдом и представляющей собой важную компоненту климатической системы. Процессы теплового взаимодействия океана и атмосферы чувствительны к площади разводий в ледяном покрове.

В настоящей работе проведен анализ зависимости потоков тепла от пространственного распределения снежно-ледового покрова, характеристик льда и находящегося на льду снега. Выполнено исследование межгодовой изменчивости потока тепла в Антарктической области южнее 52° ю.ш.

Материалы и методика. Оценка потоков тепла через снежно-ледовый покров и через открытую поверхность Южного океана выполнена на основе среднемесячных значений сплоченности морского льда и температуры водной поверхности [1] в одноградусных сетках, а так же среднемесячных значений солёности морской воды, температуры воздуха, зональной и меридиональной компонент скорости ветра [2], приведенных к одноградусной сетке с помощью сплайн интерполяции. Поток тепла через снежно-ледовый покров вычислялся в предположении линейности профиля температуры между его верхней и нижней границами по формуле [3]

$$Q_1 = -\lambda_2(T_0 - T_2)/(h_2 + \lambda_2 h_1 / \lambda_1),$$

где λ_1 и λ_2 – теплопроводность снега и льда; h_1 и h_2 – толщина слоя снега и льда; T_0 (°C) – температура воздуха на уровне подстилающей поверхности; T_2 (°C) – температура на границе лед-вода, равная температуре замерзания воды при заданной солёности (S ‰) и определяемая эмпирическим соотношением $T_2 = -0.053S$. Коэффициенты теплопроводности λ_1 и λ_2 ккал/(м·час·град) находились по эмпирическим формулам

$$\lambda_1 = 0.36(0.05 + 1.9\rho_1 + 6\rho_1^4), \lambda_2 = 1.926(1 - 0.0048T),$$

из [4] и [5] соответственно. В формуле для λ_1 размерность плотности ρ_1 задается в г/см³, а выражение для λ_2 определяет линейную зависимость теплопроводности льда от его температуры, принимаемой в работе равной T_0 . Поток тепла через открытую водную поверхность вычислялся по формуле Самойленко В.С.

$$Q_2 = 13(T - T_0)V/6,$$

где T (°C) – температура воды, V (м/с) – скорость ветра.

Положительным считается поток тепла, направленный от моря к атмосфере. Поток тепла через поверхность одноградусной ячейки расчетной сетки, частично занятой снежно–ледовым покровом, вычислялся по формуле

$$Q = \delta Q_1 + (1 - \delta)Q_2,$$

где δ – балл сплоченности льда в ячейке.

Анализ результатов. Результаты вычислений показывают, что распределение потоков тепла по антарктическому региону даже в покрытых льдом областях при заданных постоянных значениях толщины льда и снега неоднородно. Она определяется здесь пространственно–временной изменчивостью разности температуры воздуха и температуры замерзания морской воды (температуры на границе лед–вода), а так же сплоченности льда. В областях открытой воды неоднородность обусловлена изменчивостью скорости ветра, температуры воздуха и температуры воды на морской поверхности.

Межгодовое распределение потока тепла за период с 1972 г. по 2010 г. показано на рис. 1, *a*. Приведенные графики представляют общий поток (левая шкала) через всю площадь поверхности океана, расположенную южнее 52° ю.ш. Он получен путем суммирования потоков через каждую из ячеек одноградусной сетки расчетной области с учетом широтного изменения их площадей. Правая шкала характеризует средний годовой поток тепла через единицу площади (Вт/м²) расчетной области. Кривые 1 и 2 получены при толщине льда 1 м и 1.5 м, покрытого слоем снега толщиной 0.25 м. Линии 3 и 4 отвечают толщинам льда 2 м и 1 м при толщинах слоя снега 0.25 м и 0.5 м соответственно.

Графики показывают, что увеличение толщины льда и слоя снега приводит к уменьшению величины потока тепла. При этом влияние слоя снега на теплообмен более существенно, чем ледяного покрова аналогичной толщины. Поведение кривых 1 – 4 на рис. 1, *a* свидетельствует и о существенной межгодовой изменчивости теплообмена океана и атмосферы, что может быть обусловлено изменчивостью как ледового режима (главным образом сплоченности), так и гидрометеорологических условий в регионе. После 1999 г имеет место значительное уменьшение величины потока тепла. Этот

период отмечается увеличением площади антарктического морского льда и положительным трендом суммарной ледовитости антарктических морей [6]. Увеличение потока тепла в период до 1976 г. может быть и результатом проявления активной фазы развития польины Уэдделла, наблюдавшейся в зимы 1974, 1975, 1976 годов.

В климатическом внутригодовом цикле изменения площадей морских льдов разной балльности прослеживается отклонение от формально определяемых сезонов: декабрь, январь, февраль – летние месяцы, июнь, июль и август – зимние. Лучшая согласованность внутригодового цикла сплоченности проявляется с изменением условно выделенных природных сезонов в Антарктиде, определяющих продолжительность зимы 6 месяцев (апрель – сентябрь), лета 2 месяца (декабрь, январь) и переходных сезонов – по 2 месяца: весны (октябрь, ноябрь) и осени (февраль, март). Основываясь на таком определении сезонов для каждого года из рассмотренного периода выполнены расчеты суммарного потока за шесть месяцев с апреля по сентябрь (зима) и с октября по март (весна, лето, осень). Результаты расчетов представлены на рис. 1, б двумя наборами кривых, характеризующих распределение Q по времени.

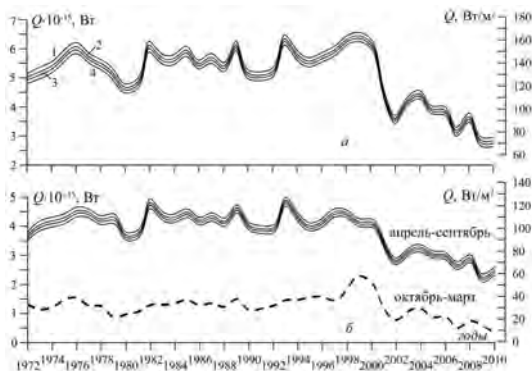


Рисунок 1

В этих наборах линии по порядку сверху вниз отвечают тем же значениям характеристик снежно-ледового покрова, что и на рис. 1, а. Видно, что в зимний сезон зависимость Q от времени в качественном отношении похожа на распределение суммарного годового потока. Однако его величина зимой существенно больше, чем в другие месяцы (октябрь – март), когда влияние толщины плавающего льда и слоя снега практически мало прослеживается. Максимальный интервал изменения величины потока через единицу площади за все рассмотренные годы находится в пределах от 9 до 59 Вт/м^2 для месяцев октябрь-март, в то время как зимой поток изменяется в

пределах от 60 до 126 Вт/м². Кроме того, из представленных зависимостей следует, что суммарный поток за год положительный. Хотя в отдельные месяцы в распределении потока по региону может иметь место изменение его направленности. Распределения потока в одноградусной полосе вдоль 60° ю.ш. для сентября 2005 г. в ледовых условиях и февраля 2005 г., когда лед здесь отсутствует, свидетельствует о том, что, в зимний месяц практически всюду поток направлен в атмосферу. Исключение составляют район пролива Дрейка (68° з.д.) и район моря Дюрвиля (140° в.д.), где поток направлен в океан, но его величина незначительна. В феврале (осень) при отсутствии льда вдоль 60° ю.ш. поток тепла в ряде районов направлен в океан. Около 154° в.д., 38° з.д., 61° з.д., 154° з.д., 166° з.д. его величина достигает значений 7, 8, 26, 7, 10 Вт/м² соответственно.

На графиках распределения Q по годам (рис. 1) наблюдается несколько локальных экстремумов. Один из них (первый слева) по времени приходится, как отмечалось выше, на период существования полыньи Уэдделла. В области ее нахождения к западу от поднятия Мод постоянно существуют особенности ледяного покрова, проявляющиеся иногда образованием зимой зон открытой воды [7]. С целью определения влияния этих особенностей на теплообмен океана и атмосферы и возможного проявления их вклада в формирование общего потока тепла в Антарктике проведены численные расчеты распределений Q для области, расположенной между 64° ю.ш. и 70° ю.ш. и ограниченной меридианами 10° в.д. с востока, а 25° з.д. с запада. В пределах этого сектора отмечалось небольшое западное смещение полыньи от года к году. Расчеты Q проведены по той же схеме, что и для всего круга южнее 52° ю.ш.

На рис. 2 представлена межгодовая изменчивость общего потока через площадь выбранного сектора и потока через единицу его площади. Обозначения здесь аналогичны обозначениям на рис. 1. Приведенные зависимости свидетельствуют о том, что поток тепла из океана в атмосферу, приходящийся на единицу площади в районе полыньи, более значителен, чем в среднем по всему рассматриваемому району Южного океана. Причем теплоотдача в зимний период осуществляется интенсивнее, чем в октябрь-марте. Максимальное значение Q приходится на 1976 год. При толщине льда 1 м и слоя снега 0.25 м его величина за весь год составила 185 Вт/м². Зимой этого года она равна 144 Вт/м², а в другие месяцы – 41 Вт/м².

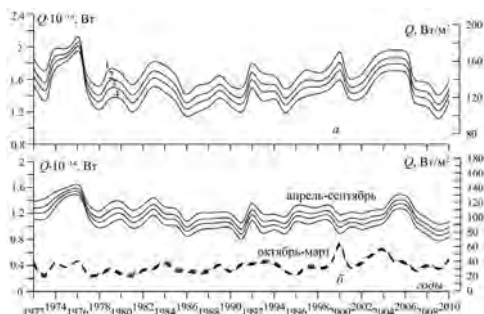


Рисунок 2

При аналогичных условиях максимальная величина потока для всей антарктической зоны южнее 52° ю.ш. (рис. 1) равна 166, 126 и 60 Вт/м^2 соответственно за весь год, зимой и в октябре-марте. Как и следовало ожидать, в весенне – летнее – осенний период влияние снежно-ледового покрова хотя и проявляется, но незначительно из-за его малой концентрации.

Следует отметить, что имеющая место согласованность существенного уменьшения величины потока тепла в межгодовом распределении после 1999 г с увеличением суммарной сплоченности льда антарктических морей, для района польньи (рис. 3) не проявляется [8].

Закключение. Получены количественные оценки зависимости потока тепла через снежно-ледовый покров от характеристик морского льда и находящегося на нем снега. Они свидетельствуют о том, что увеличение как толщины льда, так и толщины слоя снега приводит к уменьшению абсолютной величины потока тепла. С ростом плотности снега увеличивается его теплопроводность, что приводит к усилению теплообмена.

Дана оценка величины суммарного потока тепла по всей площади поверхности рассматриваемого региона Южного океана. Межгодовая изменчивость теплообмена океана и атмосферы обусловлена изменчивостью как ледового режима (главным образом сплоченностью), так и гидрометеорологических условиями в регионе. Существенное уменьшение величины потока тепла в межгодовом распределении после 1999 года согласуется с увеличением суммарной сплоченности льда антарктических морей. В зимний сезон величина потока тепла в атмосферу существенно большая, чем в другие месяцы года. В отдельные месяцы в распределении потока тепла по региону может иметь место изменение его направленности.

Поток тепла, приходящийся на единицу площади в районе польины Уэдделла, особенно в годы активной фазы ее развития, более значителен, чем в среднем по всему рассматриваемому району Южного океана.

Литература.

1. <http://badc.nerc.ac.uk/data/hadisst/>; <http://nomad1.ncep.noaa.gov>
2. <http://www.esrl.noaa.gov>; <http://www.nodc.noaa.gov>
3. Макштас А.П. Тепловой баланс арктических льдов в зимний период. – Л.: Гидрометеониздат, 1984. 68 с.
4. Хворова Л.А., Иванов О.А. Метеорологические основы математического моделирования гидротермического режима почвы // Изв. Алтайск. гос. ун-та. 2007. № 1. С. 1-13.
5. Паундер Э. Физика льда. М.: Мир, 1967. 90 с.
6. Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Смоляницкий В.М. Изменения климата Арктики и Антарктики – результат действия естественных причин. // Проблемы Арктики и Антарктики. 2010. № 2 (85). С. 52 – 61.
7. Багрянцев Н.В., Клепиков А.В. Международная зимняя экспедиция в район круговорота Уэдделла // Информационный бюллетень Российской антарктической экспедиции. СПб.: Гидрометеониздат. 1989. № 118. С. 13 – 24.
8. Еремеев В.Н., Букатов А.Е., Букатов А.А., Бабий М.В. Межгодовая изменчивость теплообмена океана и атмосферы в Антарктике // Доповіді Національної академії наук України, 2013. № 1. С. 96-104.

ПОЧВЫ И ПОЧВОПОДОБНЫЕ ТЕЛА ОАЗИСА ШИРМАХЕР (ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА) И ИХ ТЕРМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ

**Э.П. Зазовская¹, Д.Г. Федоров-Давыдов², Н.И. Осокин¹,
А.В. Сосновский¹**

¹ФГБУН Институт географии РАН, Москва

²ФГБУН Институт Физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушино, zazovsk@rambler.ru

Исследование почв Антарктиды имеет уже практически вековую историю, но активное изучение почв Антарктиды началось во время Международного геофизического года в 1957 году. С 2008 года по инициативе Д.А. Гиличинского начаты и продолжают почвенные и мерзлотные исследования в районах расположения российских антарктических станций и полевых баз [2]. К настоящему времени получен большой массив данных, характеризующий почвы и почвоподобные тела Восточной Антарктиды.

Однако многие вопросы остаются еще не решенными. Одной из таких задач является необходимость выработать набор климатических параметров, определяющих почвообразование в высоких широтах, так как обычные характеристики для этого зачастую не подходят. Необходимы данные о реальных температурах поверхности почвы, не хватает микроклиматических данных для разных элементов рельефа и экспозиций [2].

Решению части поставленных задач и посвящена эта работа. Континентальный Оазис Ширмахера располагается в центральной части Земли Королевы Мод (Берег Принцессы Астрид, координаты: 70°44'–70°46'30" ЮШ, 110°21'–110°54'30" ВД) в 80 км от моря Лазарева. Территория общей протяженностью 18 км при ширине от 0,6 до 3,5 км вытянута в субширотном направлении вдоль склона материкового ледника, общая площадь оазиса около 30 км². Оазис Ширмахера является одним из самых холодных равнинных антарктических оазисов, что определяется и его высокой широтой, и зашельфовым положением, и небольшими размерами. Среднегодовая температура воздуха по данным станции Новолазаревской равна -10,3°С, температура августа – (-17,9)°С, а января – (-0,4)°С. В наиболее теплые годы среднемесячная температура декабря или января бывает положительной. Абсолютный температурный минимум за весь период наблюдений с 1961 года составил -44,4°С, а максимум - +9,9°С. При низких температурах воздуха интенсивная солнечная радиация в летнее время приводит к нагреванию поверхности. На северных склонах скал зафиксированы максимальные температуры 41,0–42,6°С. На поверхности рыхлых грунтов максимальные значения температуры по нашим данным составляли 25,5–30,6°С. Среднегодовая скорость ветра - около 10 м/с. В летнее время скорость ветра может достигать 30–35 м/с, а в зимнее – 50–55 м/с. Среднегодовая сумма осадков равна 241 мм, при этом в период с декабря по февраль может выпасть всего 10 мм. Общая характеристика условий почвообразования и почв приведена в работе Э.П. Зазовской с соавторами [3].

Изучение температурного режима проводится с 2009 г. по настоящее время на стационарных площадках, заложенных на различных элементах мезорельефа, почвах и грунтах разной влажности и разного гранулометрического состава. Измерения осуществляются с помощью автоматических регистраторов температуры логгеров американского производства (Onset Corp – НОВО), датчики которых установлены на глубины 0, 10, 20, 50 см и на подошву деятельного слоя. При термометрии почв под моховым покровом один из датчиков помещен на глубину нижней границы органогенных горизонтов (2–3 см). На двух озерных террасах (оз. Красное) были пробурены скважины глубиной 2 и 3 м, в которых проводятся измерения температуры многолетнемерзлых отложений. Результаты этих наблюдений приведены в работе Абрамова с соавторами [1]. Также применяются миниатюрные термографы High Capacity Temperature Loggers iButton с корпоративным обозначением

нием DS1922. Каждый из них представляет собой полностью защищенный одноканальный электронный самописец. Они устанавливаются на 10 см над поверхностью и на глубинах 1, 10, 30, 50, 70 см и измеряют температуру каждые 4 часа в течение года (2009-2014 гг.).

Термографы, установленные в структурных грунтах, под разреженным мохово-водорослевым покровом, которые по нашим наблюдениям остаются бесснежными весь год, показывают значительное затухание с глубиной как положительных, так и отрицательных температур (см. табл. 1).

Таблица 1 – Изменение температуры грунта с глубиной

Положение термографа, см	Минимальная температура за год, °С	Максимальная температура за год, °С
+10	-37	21
-1	-34	17
-10	-30	13
-30	-26	6
-50	-24	3,5
-70	-22	1,5

Разница в температурах воздуха у поверхности (на 10 см) и в грунте (на глубине 70 см) достигает 18-19 °С.

Анализ температур воздуха и температуры грунта на глубине 70 см, т.е. примерной глубины сезонного протаивания многолетнемерзлых пород в оазисе за 2009-2013 гг. показывает, что имеется устойчивая связь между ними. На рис. 1 показана связь среднегодовой температуры воздуха метеостанции Новолазаревская и среднегодовой температурой грунта на глубине 70 см.

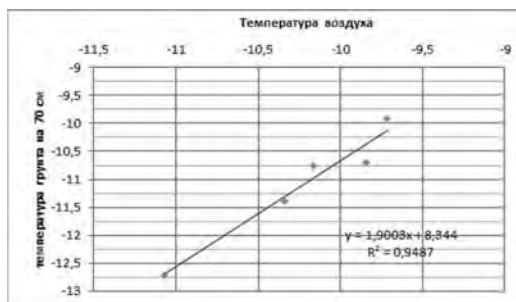


Рисунок 1 – Связь среднегодовой температуры воздуха на метеостанции Новолазаревская и среднегодовой температуры грунта на глубине 70 см

Наличие этой связи позволяет достаточно точно оценивать термическое состояние грунта при возможных изменениях среднегодовой температуры воздуха, как при потеплении, так и при похолодании климата.

Измерения мощности деятельного слоя проводятся с помощью металлического щупа и термометра, который измеряет температуру грунта на глубине проникновения щупа (для исключения ошибок определения глубины протаивания из-за высокой каменистости грунтов). Динамика глубины протаивания почв и грунтов изучалась летом 2009-2014 гг. в 15 стационарных точках. В оазисе заложена площадка CALM – «Циркумпольярный мониторинг деятельного слоя», наблюдения на ней ведутся начиная с 2008 г. Площадка заложена 100 на 100 м. Измерение глубины протаивания ведется в конце летнего сезона с шагом 10 м.

Протаивание многолетнемерзлых пород начинается в конце ноября и продолжается до конца января – начала февраля. В середине февраля начинается процесс промерзания деятельного слоя, в конце февраля – начале марта происходит смыкание двух фронтов мерзлоты. Поскольку растительный и снежный покров на большей части территории оазиса отсутствует, летнее протаивание, и, особенно, осеннее промерзание происходят очень быстро. В течение теплого сезона верхняя часть деятельного слоя может испытывать ночные или кратковременные промерзания. В солнечные дни второй половины февраля на фоне сезонного промерзания почв и грунтов часто наблюдается их суточное протаивание до глубины от 1-2 до 12-13 см. Величина мощности деятельного слоя для влажных почв и грунтов летом 2009-2014 гг. изменялась от 63 до 124 см. Минимальные глубины сезонного протаивания влажных грунтов были характерны для наиболее высоко расположенной озерной котловины, окруженной со всех сторон, в том числе и с севера, сопками средней высоты. Максимальные значения наблюдались на открытой скалистой террасе, перекрытой слоем рыхлых отложений, которая расположена на северном склоне. Здесь был зафиксирован абсолютный максимум мощности деятельного слоя - 124 см. В целом наблюдается тенденция к увеличению глубины протаивания грунта сверху вниз по мезорельефу, что может быть связано с конвективным приносом тепла с тальми водами, успевающими нагреться по мере перемещения по каскаду озер, ручьев и водопадов. Изменение температуры грунта в разных условиях приведено на рис. 2. На сухих участках оазиса в летний период того же года положительные температуры распространялись до глубины 47-54 см. То небольшое количество льда, которое все же содержится в профиле, оттаивает в первую половину лета, а во вторую положение кровли мерзлоты почти не изменяется. Помимо отсутствия конвективного привноса тепла с тальми водами, причиной этого является еще и низкая теплопроводность сухого грунта.

Изучение температурного режима показало, что сухие грунты оази-

са, являясь более холодными, чем влажные, существенно различаются между собой по теплообеспеченности. В нашем случае, более высокие температуры легкосуглинистого варианта по сравнению с песчаным, скорее всего, определяются его более высокой плотностью, определяющей более высокую теплопроводность.

Профили почв подо мхами, наиболее интересные для нас с точки зрения почвообразования, входят в число наиболее холодных почв и грунтов оазиса. По температурным характеристикам влажные почвы под мхами стоят ближе к сухим, чем к увлажненным вариантам. Средняя температура января на глубине 20 см в одной из них всего на 0,25°C превосходит таковую в сухом песчаном грунте – самой холодной точке наблюдения, а сумма положительных среднесуточных температур в ней даже на 18°C ниже. Это объясняется несколькими причинами. Моховой покров и органогенные почвенные горизонты действуют как теплоизоляторы.

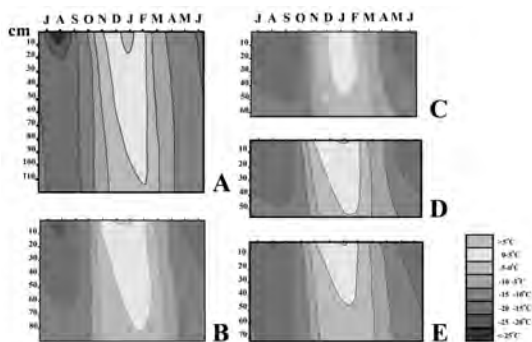


Рисунок 2 – Изоплеты температуры почв и пород: А – вершина сопки, скальная порода; В – озерная терраса, структурный грунт, без растительности (безгумусовая почва); С – озерная котловина, почва под моховым покровом; D – пологий склон южной экспозиции, сухой супесчаный грунт; Е – озерная терраса, сухой песчаный грунт (по среднемноголетним данным)

Влияние мохового покрова на температурный режим показано в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние мохового покрова толщиной 2 см на температурный режим почвы северного склона

показатель	под моховой подушкой	без растительного покрова
средняя температура января, °С	4,3	5,7
сумма среднесуточных положительных температур (А), °С	255	366
сумма среднесуточных температур выше 5°С (В), °С	126	224

Кроме того, соседство со снежником повышает зимнюю, но и существенно снижает летнюю температуру. Это происходит и за счет влияния снежника на микроклимат, и за счет чисто механического перекрытия почвы снегом на значительную часть теплого сезона. Несмотря на то, что под моховыми подушками в летнее время значительно холоднее, чем во влажном грунте без растительного покрова, а время, отведенное на почвообразование, в годовом цикле значительно короче. Однако именно здесь формируются единственные в оазисе почвы с развитым органофилом, что обусловлено, в первую очередь, наличием жидкой воды в течение всего теплого периода.

Литература

1. Абрамов А.А., Слеттен Р.С., Ривкина Е.М., Миронов В.А., Гиличинский Д.А. Геокриологические условия Антарктиды // Криосфера Земли, 2011, № 3, с. 3-19.
2. Горячкин С.В., Гиличинский Д.А., Мергелов Н.С., Конюшков Д.Е., Лупачев А.В., Абрамов А.А., Зазовская Э.П., Федоров-Давыдов Д.Г. Почвы Антарктиды: первые итоги, проблемы и перспективы исследований // Геохимия ландшафтов и география почв. К 100-летию М.А.Глазовской. Изд-во АПР РПА, Москва, 2012.
3. Elya P. Zazovskaya, Dmitriy G. Fedorov-Davydov, Tatyana V. Alekseeva, Mariy I.Dergacheva. Soils of Queen Maud Land // The Soils of Antarctica. Editor J. Bockheim. Springer, 2014 in press.

ВСЕСТОРОННЯЯ ОЦЕНКА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В СВЯЗИ С ПЛАНИРУЕМЫМ СТРОИТЕЛЬСТВОМ БЕЛОРУССКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ: ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ

С.В. Какарека¹, Т.И. Кухарчик¹, В.Ф. Логинов¹, А.А. Гайдашов³,
Ю.Г. Гигиняк², С.В. Саливончик¹

¹*Институт природопользования НАН Беларуси, Минск*

²*Научно-практический центр по биоресурсам НАН Беларуси, Минск*

³*Республиканский центр полярных исследований НАН Беларуси, Минск*

Введение. В соответствии с Государственной программой «Мониторинг полярных районов Земли и обеспечение деятельности арктических и антарктических экспедиций на 2011-2015 годы», Республика Беларусь планирует построить в Антарктике научную станцию. В связи с требованиями Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике, Институтом природопользования, Научно-практическим центром по биоресурсам и Республиканским центром полярных исследований НАН Беларуси разработан Проект Всесторонней оценки окружающей среды (ВООС) строительства и функционирования Белорусской антарктической научной станции (БАС). В январе 2014 г. ВООС была направлена в соответствии с установленными процедурами Сторонам протокола по охране окружающей среды и Комитету по охране окружающей среды, и будет обсуждаться на XXXVII Консультативном совещании Сторон по Договору об Антарктике (28.04-7.05.2014 г., Бразилия). В докладе кратко изложены основные элементы ВООС (полный текст ВООС доступен на сайте Секретариата Договора об Антарктике www.ats.aq).

Размещение будущей станции. В качестве места размещения БАС выбрана площадка на Холмах Тала, Земля Эндерби (рис.1). При этом рассмотрены 4 альтернативные площадки размещения БАС. В качестве непосредственного места строительства станции выбрана площадка, расположенная на восточном склоне горы Вечерняя.

При подборе площадок учитывались географические, топографические, геологические, метеорологические, гидрологические факторы, транспортная доступность и другие важные для безопасного жизнеобеспечения условия. При этом учитывалось, что с 2006 г. Белорусскими антарктическими экспедициями используется инфраструктура полевой базы российской антарктической экспедиции (РАЭ) «Гора Вечерняя», расположенной в 20 км восточнее российской станции Молодежная, основная инфраструктура которой создана в 1979 году. В настоящее время

мя сохранившиеся объекты инфраструктуры полевой базы изношены, частично разрушены и не могут обеспечить функционирование станции.

Планируемая деятельность. Основными направлениями научной деятельности Республики Беларусь в Антарктике, согласно Государственной программе, являются: комплексный наземный и спутниковый мониторинг тропосферного аэрозоля, облаков и подстилающей поверхности, комплексные исследования состояния озоносферы и ультрафиолетовой радиации, гидрометеорологическое обеспечение деятельности белорусской антарктической экспедиции и климатические исследования, разработка радиотехнических средств для мониторинга снежно-ледяного покрова и атмосферы в полярных районах, геофизические и геохимические исследования земной коры, оценка перспектив использования возобновляемых живых ресурсов прибрежных экосистем Антарктики и воздействия на окружающую среду деятельности, связанной с организацией и функционированием Белорусской антарктической станции.

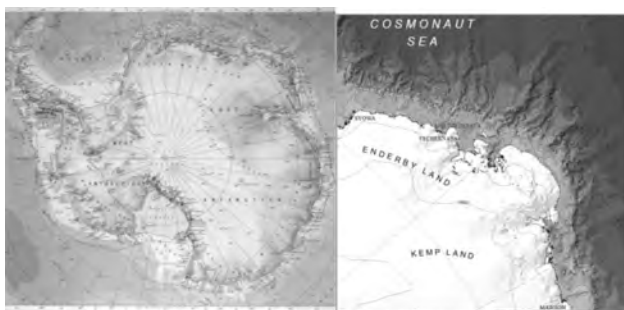


Рисунок 1 – Район планируемого размещения Белорусской антарктической станции

Конструкция станции. При разработке концепции строительства Белорусской антарктической станции учитывался современный зарубежный опыт строительства аналогичных объектов полярной инфраструктуры, практический опыт, накопленный белорусскими полярниками в период их работы в антарктических экспедициях, а также необходимость соответствия объектов инфраструктуры БАС требованиям экологической безопасности для ограничения отрицательных воздействий на окружающую среду Антарктики и экосистемы. В основе концепции строительства БАС лежит изготовление в Республике Беларусь малогабаритных сооружений модульного типа с последующей их доставкой наземным, морским и воздушным транспортом в Антарктиду и монтажом на месте с помощью вертолета.

Конструктивно Белорусская антарктическая станция будет состоять из отдельных модулей различного назначения, каждый из которых собирается на единой стационарной площадке-основании, поднятой над поверхностью земли. Проект конструкции модулей БАС подготовлен в 2012-2013 гг. ООО «Мидивисана». Энергоснабжение станции будет базироваться на использовании дизель-генераторов.

На первом этапе строительства БАС в течение 2014-2018 гг. планируется доставить в Антарктиду и установить девять лабораторно-жилых, служебно-жилых, хозяйственных и производственных модулей. Это обеспечит работу и проживание 5-6 полярников в течение летнего сезона. Вторая очередь станции, строительство которой начнется в более поздние сроки, рассчитана на 10-12 полярников и круглогодичную работу. Жизненный цикл модулей станции составит не менее 15 лет.

Характеристика окружающей среды. Природный комплекс, получивший наименование «гора Вечерняя», расположен в западной части Земли Эндерби на Холмах Тала (восточная часть), в прибрежной зоне залива Алашеева моря Космонавтов. Он включает ряд скалистых гряд с доминирующей высотой – собственно г. Вечерней (272,0 м) и несколько более низких гряд, вытянутых практически параллельно берегу с ориентацией на северо-запад. Гряды разделены террасированными долинами, днища которых заняты ледниками и руслами временных водотоков. Залив Алашеева в данном месте вдается в сушу бухтами Вечерняя, Лазурная, Терпения и Заря, которые разделяются мысами Рог, Гнездовой и Доступный. Практически вся территория района г. Вечерняя сложена гнейсами и плаггиогнейсами чарнокитовой серии.

Почвенный покров в районе планируемого размещения БАС сформировался лишь фрагментарно, преимущественно в понижениях склонов и ложбинах стока, где есть условия для накопления рыхлого материала коллювиального и флювиогляциального происхождения.

В районе горы Вечерняя насчитывается более 20 временных и постоянных озер различной площади и глубины. Самые большие озера, расположенные у г. Вечерняя - Нижнее (площадь около 1,5 га) - и Верхнее (площадь 0,15 га).

Живые организмы в районе предполагаемого размещения Белорусской антарктической станции отмечаются на поверхности скальных обнажений, в скоплениях талой воды, пресноводных озерах, в бухтах залива. К настоящему времени в регионе выявлены представители 3-х царств живых организмов. Царства Растения и Грибы представлены только низшими группами: Лишайники (Lichenophyta) – 28 видов из 3 порядков. Из них 7 видов – эндемики Антарктики. Мохообразные (Bryophyta) – 3 вида. Водоросли (Algae) – 79 видов из 8 отделов. Грибы (Fungi) – отмечен 1 лишенофильный (обитающий на лишайниках) вид *Arthonia molendoi*. На

расстоянии 20-30 м от границы застройки БАС находится одна целостная экосистема площадью около 150 м², представленная сообществом лишайников, мхов и наземных водорослей.

Представители животного мира связанные с сушей и наблюдавшиеся здесь в период проведения экспедиционных работ, весьма невелики (около 1 мм). Обитают они под камнями, в трещинах и растительных дернинах. К ним относятся несколько видов клещей, обнаруженных при отборе биологических образцов.

На северных и северо-восточных склонах горы Вечерняя встречаются небольшие колонии пингвинов Адели численностью 500-600 штук. В незначительном количестве гнездятся снежные буревестники и южные полярные поморники.

Для оценки исходного состояния окружающей среды в районе предполагаемого строительства БАС в 2011-2012 гг. во время 4-й БАЭ и в 2012-2013 гг. во время 5-й БАЭ в районе планируемого размещения Белорусской антарктической станции выполнены эколого-геохимические исследования с отбором проб снега, поверхностных вод, донных отложений, почв/грунта.

Установлено, что вода в озерах низкоминерализованная; ионный баланс свидетельствует о значительном влиянии океана на ионный состав озерных вод, что объяснимо расположением их у побережья.

Выявлены повышенные концентрации нефтепродуктов в воде озер, а также повышенные концентрации тяжелых металлов и нефтепродуктов в донных отложениях озерных экосистемах, что является результатом предыдущей хозяйственной деятельности.

Оценка воздействия. Оценка воздействий на окружающую среду Антарктики выполнена с учетом всех основных факторов и источников воздействия на стадиях строительства и функционирования БАС. Оценка включала количественную характеристику источника воздействия (выбросов загрязняющих веществ, шума, сбросов сточных вод, накопления твердых отходов и т.д.) и идентификацию воздействия (расчетные уровни содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе различного осреднения, уровни шума, концентрации загрязняющих веществ в точке сброса сточных вод и т.д.). Рассматривались два варианта функционирования БАС: сезонный и зимовочный.

Для расчетов объемов образования выбросов, сбросов и твердых отходов принимались во внимание используемые и/или планируемые для использования механизмы и оборудование систем энергообеспечения, моторные транспортные средства, системы хранения и распределения топлива, водоснабжения и водоотведения, обращения с твердыми отходами. Расчет прогнозных выбросов основных и специфических загрязняющих веществ выполнен отдельно от стационарных (дизель-генераторы, инсинератор) и передвижных (вертолет, снегоходы и др.) источников.

Для моделирования рассеяния выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников при функционировании БАС использована модель AERMOD, для оценки шумового воздействия вертолета – модель NMSimv.3.0.

Установлено, что на фоне преобразованности природной среды в районе г. Вечерняя вклад воздействия в связи со строительством и функционированием БАС в общую трансформацию природных компонентов района размещения БАС будет незначительным.

Меры и мониторинг. В ВООС предусмотрены меры по смягчению воздействия на окружающую среду при строительстве и функционировании БАС.

Сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух будет осуществлено за счет регулярного техобслуживания дизель-генераторов и транспортных средств, оптимизации маршрутов, повышения качества используемого топлива, контроля сжигаемых субстратов, соблюдения режимов подачи и сжигания отходов и др. Сокращение сбросов сточных вод будет достигнуто сокращением образования стоков за счет использования более экономичного водопотребления, а также внедрения систем сбора, накопления и отвода сточных вод. Сокращение воздействий в связи с образованием и накоплением отходов будет достигнуто путем совершенствования системы обращения с отходами. Будет разработана Программа обращения с отходами.

Будут предприняты также меры по предотвращению утечек горючесмазочных материалов на стадиях их хранения, погрузки и заправки техники. Планируется разработка Программы действий в случае разливов нефтепродуктов.

Предусмотрена Программа мониторинга окружающей среды с целью слежения за состоянием компонентов природной среды, своевременного выявления негативных последствий деятельности в связи со строительством и функционированием БАС. Будет оборудована лаборатория для проведения исследований в рамках мониторинга химических, физических, биологических показателей. Помимо мониторинга состояния природных компонентов и воздействий, будет создана система производственного экологического контроля, включающая наблюдения за основными экологически опасными объектами, в первую очередь – хранилищами топлива, накопителями сточных вод, трубопроводами, дизель-генераторами и др.

В целом проведенный анализ планируемой научной деятельности позволяет заключить, что полученные знания и связанные с ними социально-экономические выгоды в результате проведения научных исследований на Белорусской станции (Земля Эндерби, Восточная Антарктида) в рамках Национальной научной программы перекроют те минимальные потери, которые могут быть нанесены природной среде Антарктиды в процессе

строительства и функционирования станции. Ограниченный персонал станции, предусмотренные системы электро-, тепло- и водоснабжения, водоотведения, обращения с отходами позволят добиться минимального воздействия на окружающую среду.

СПЕКТРАЛЬНОЕ АЛЬБЕДО СНЕЖНЫХ И ЛЕДОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В АНТАРКТИДЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПЯТОЙ БЕЛОРУССКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ

М.М. Король, А.П. Чайковский, В.П. Дик

Институт физики НАН Беларуси, Минск, m.korol@dragon.bas-net.by

Пятая Белорусская антарктическая экспедиция проводилась в период с декабря 2012 г. по март 2013 г. Местом базирования экспедиции была полевая база РАЭ Молодежная и полевая база РАЭ Гора Вечерняя, расположенные в Восточной Антарктиде (рис. 1). Одной из задач экспедиции являлось формирование банка данных спектров диффузного отражения (спектрального альbedo) подстилающей поверхности Антарктиды. Эти измерения представляют интерес для расчетов радиационных потоков в атмосфере, интерпретации спутниковых наблюдений и, в долгосрочной перспективе, для оценки антропогенного загрязнения окружающей среды. Кроме этого, результаты наблюдений необходимы для информационного обеспечения экспериментов по внешней калибровке оптических спектрометров на Белорусском космическом аппарате БКА и Российском космическом аппарате Конопус.

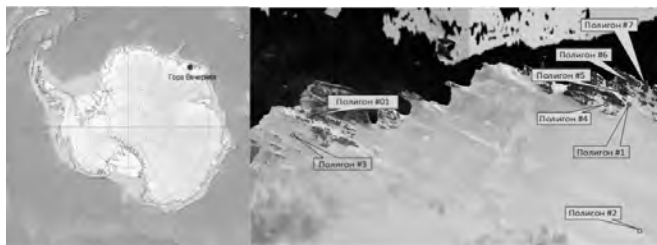


Рисунок 1 – Место базирования пятой Белорусской антарктической экспедиции и полигоны наблюдений спектрального альbedo

Наблюдения спектров диффузного отражения (спектрального альbedo

до) подстилающей поверхности проводились с помощью специально разработанного прибора, описание конструкции и принципа, работы которого приведено в [1]. Для измерений в районе полевых баз Молодежная – Гора Вечерняя были выбраны 8 полигонов с различным типом поверхности (снег, лед, скальные породы) (рис. 1). Один из полигонов, № 3, был выбран для проведения координированных наблюдений с белорусским спутником БКА.

Координаты полигонов и типы исследованных поверхностей приведены в таблице 1, выборочные фотографии мест проведения наблюдения показаны на рисунке 2.

Таблица 1

№ полигона	Координаты полигонов	типы поверхности
01	67.666 S, 45.845 E	снег, лед
1	67.665 S, 46.159E	снег, лед, скалы
2	67.68S, 46.11E.	снег
3	67.67S, 45.84E.	снег
4	67.663S, 46.133E	снег, лед
5	67.65894S, 46.1581E	снег
6	67.6573S, 46.1601E	снег, лед
7	67. 6568S, 46. 1746E	снег, скалы

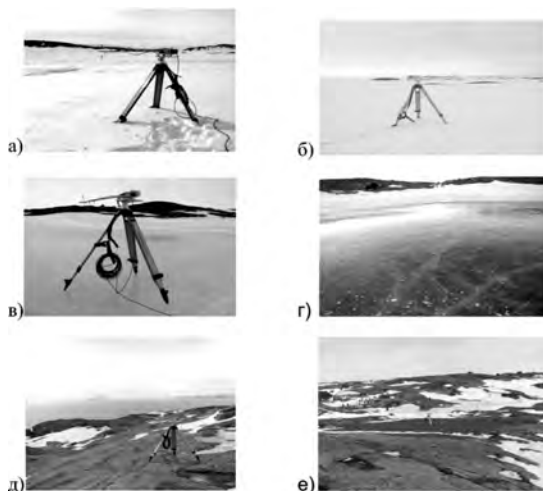


Рисунок 2 – Фотографии мест наблюдения спектров диффузного отражения: а) – полигон № 6; б) – полигон № 3, поверхности, покрытые снегом; в) – полигон № 01, лед на поверхности озера; г) – полигон № 6, лед на поверхность озера Нижнее; д) и е) – полигон № 7, скальные породы

Результаты наблюдений

Средние значения спектров диффузного отражения для различных типов поверхности, полученные на описанных выше полигонах, приведены на рисунке 3. Можно видеть, что поверхность, покрытая снегом (кривые 1-3), имеет наибольший коэффициент диффузного отражения. Причем, максимальное значение альбедо, наблюдается для свежеснегавшего снега (кривая 1). По мере старения снега его коэффициент отражения уменьшается, причем тем сильнее, чем больше длина волны излучения λ . В видимой области длин волн коэффициент отражения снега изменяется сравнительно слабо и находится в пределах 0,75...0,95.

Коэффициенты отражения льда (кривые 4 - 6 рисунка 3) заметно меньше коэффициентов отражения снега. Причем коэффициенты отражения льда разной природы могут различаться достаточно сильно, до 3 раз. Можно также видеть, что коэффициент отражения льда имеет максимум при $\lambda=470\text{нм}$. С увеличением λ коэффициент отражения достаточно быстро уменьшается, и при $\lambda=900\text{нм}$ не превышает 15%.

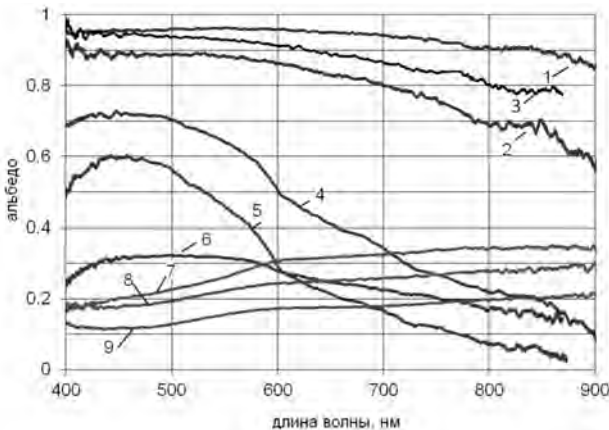


Рисунок 3 – Результаты наблюдений коэффициентов диффузного отражения разных типов поверхности. 1,2,3 – снег, 4,5,6 – лед, 7, 8, 9 – выходы скальных пород

Коэффициент диффузного отражения скальных пород (кривые 7-9 рисунка 3), как следует из рисунка, сравнительно невысок, и медленно увеличивается с ростом длины волны. При $\lambda=400\text{ нм}$ коэффициент отражения скальных пород находится в пределах 10-20%, $\lambda=900\text{ нм}$ в пределах 20-35%. Спектральные кривые диффузного отражения скальных пород и льда имеют точку перегиба в районе $\lambda=600\text{нм}$.

На рисунке 4 показаны результаты наблюдения коэффициентов диффузного отражения выполненных на полигоне № 3 15.01.2013 г. (рис. 4а) и 31.01.2013 г. (рис. 4б) для целей внешней калибровки оптических спектрометров на Беларуском космическом аппарате БКА.

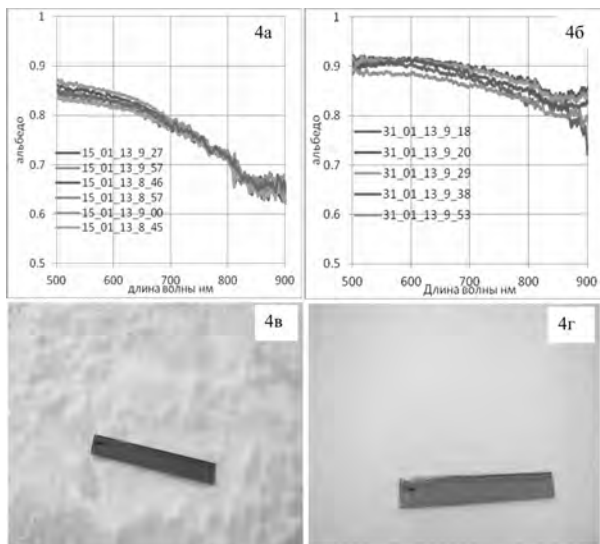


Рисунок 4 – Спектры диффузного отражения снега, измеренные 15.01.2013 г. (4а) и 31.01.2013 г. (4б). (4в), (4г) – фотографии поверхности полигона 15.01.2013 г. и 31.01.2013 г. соответственно

На нем также представлены фотографии снежной поверхности на момент измерений (рис. 4в, 4г) Можно видеть, что коэффициенты отражения снежной поверхности, измеренные в разные дни, заметно различаются. В диапазоне длин волн 500нм – 600нм это различие невелико и находится в пределах 5%, а в диапазоне длин волн 700нм – 900нм - может достигать 15% и связано со старением снежного покрова.

Во время проведения работ не проводились наблюдения спектров отражения воды. Авторы ставят задачу выполнить эти работы в следующей экспедиции.

Литература

1. Чайковский А.П., Дик В.П., Бондарчик Л.Н., Король М.М. Конструкция и принцип работы прибора для измерения спектров отражения снежной поверхности. Сборник трудов 1 Международной научно-практической кон-

ференции «Мониторинг природной среды Антарктики и обеспечение деятельности национальных экспедиций». Беларусь, Нарочь, 2014.

ПИТАНИЕ КЛЫКАЧА В ТИХООКЕАНСКОМ СЕКТОРЕ АНТАРКТИКИ В СЕЗОН 2013/2014

Е.Н. Кузнецова¹, А.С. Терентьев²

¹*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Москва, kuz@vniro.ru*

²*Южный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮЗНИРО), Керчь, iskander65@bk.ru*

Клыкчач характеризуется большими размерами и высоким темпом роста, что обеспечивается наличием массовых видов рыб или беспозвоночных, служащих ему кормовыми объектами. Ежегодный мониторинг, проводимый научными наблюдателями при поисковом промысле клыкача, дает возможность иметь информацию о биологическом состоянии клыкача. Исследование питания клыкача позволяют косвенно оценить состояние его кормовой базы и оценить перспективы промысла в районе наблюдений.

Материал и методика. В работе использованы материалы, собранные при поисковом промысле клыкача в тихоокеанском секторе Антарктики на СЯМ “Палмер” в сезон 2013/2014. Ярусный лов клыкача в подрайоне 88.1 (участки H, J, I) велся в период с 21 декабря 2013 г. по 11 января 2014 г., подрайоне 88.2 (участки H, F) – в период с 17 по 26 января 2014 г. Основной промысел велся на глубинах 1200-1300 м.

В подрайоне 88.1 было исследовано 1030 особей, антарктического клыкача, в подрайоне 88.2 – 552 особей. Проведен биологический анализ клыкача, включающий определение длины рыбы, от рыла до конца хвостового плавника, массы, стадии зрелости гонад. При исследовании питания визуально определяли степень наполнения желудка по пяти бальной системе (0 – пустой желудок, 1 – в желудке единичные кормовые организмы, небольшое количество переваренной пищи, 2 – желудок наполнен на половину, 3 – желудок заполнен пищей, но не растянут, 4 – желудок заполнен пищей и растянут). Показатель частоты встречаемости кормовых объектов рассчитывался от общего числа питавшихся рыб (без учета рыб с пустыми желудками).

Результаты. В подрайоне 88.1 в уловах яруса встречен клыкач от 60 до 186 см, массой от 5 до 107 кг. Более 90% клыкача имели длину от 87 до 157 см. Вес рыб в уловах колебался от 5 до 107 кг, средний вес составил 24,7 кг. Большая часть рыб находилась в стадии зрелости II и III.

Из 1030 рыб питались 54%. Особи с пустыми желудками присутствова-

ли практически во все уловах. Степень наполнения желудков не зависела не от района ни от времени поимки рыб. Среди питающихся рыб наибольшую долю составляли особи со степенью наполнения желудков 3 (18%) и 4 (14%), что свидетельствует о достаточном количестве пищи.

Пищевой спектр исследованных рыб включал 11 таксонов. Наиболее часто встречались следующие компоненты питания: глубинная белокровка *Chionobathyscus dewitti*, макрурусы *Macrourus* spp, нототения *Nototheniidae* и кальмар *Teuthoidea*. Такие компоненты питания как иглокожие *Echinodermata* и офиуры *Ophiurida* встречены единично. У некоторых рыб в желудках были обнаружены камни, частички грунта, видимо случайно захваченные во время питания у дна. Значительных различий в накормленности и составе пищи у рыб разных размеров в подрайоне 88.1 не обнаружено.

Соотношение различных компонентов питания, представленных в желудках клыкча в подрайоне 88.1, приведено на рисунке 1.

В 80% случаев в желудках клыкча присутствовал один компонент питания. Наиболее часто это была либо глубинная белокровка (в 33% случаев), либо макрурус (в 22% случаев). Кальмар и нототения также не редко составляли содержимое желудка, в 12% и 10% случаев, соответственно. В 16% случаев в желудках содержалось 2 компонента питания, чаще всего это были макрурус и глубинная белокровка, нередко в сочетании с кальмаром или нототений. У 7 особей в желудках одновременно присутствовало 3 и более разных компонентов питания.

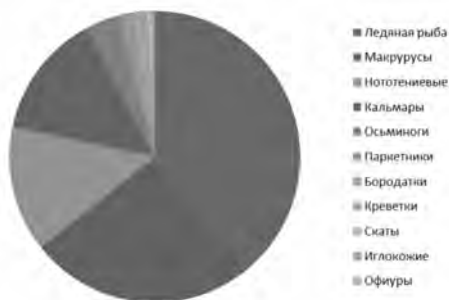


Рисунок 1 – Соотношение компонентов питания в желудках клыкча в подрайоне 88.1

В подрайоне 88.2 в уловах яруса встречены рыбы от 45 до 183 см, средняя длина клыкча составила 138,6 см. Вес рыб в уловах колебался от 2,5 до 101 кг, средний вес рыб составил 33,4 кг. Большая часть рыб находилась в стадии зрелости III. Из 552 проанализированных особей у 50% были пустые желудки.

Незначительное количество пищи в желудках (степень наполнения 1) содержалось 12% рыб. Доля рыб со степенью наполнения желудков 2 составила 8%, со степенью наполнения 3 – 20%, со степенью наполнения 4 – 10% (рис. 2).



Рисунок 2 – Характеристика степени наполнения желудков клыкча в подрайоне 88.2

В подрайоне 88.2 так же, как и в подрайоне 88.1 в питании клыкча доминировали макрурусы, глубинная белокровка и кальмар, их встречаемость составила 56,4%, 36,3% и 16,1%, соответственно. Всего в желудках клыкча было встречено 10 таксонов.

Соотношение основных объектов питания, обнаруженных в желудках клыкча в подрайоне 88.2, приведено на рисунке 3.

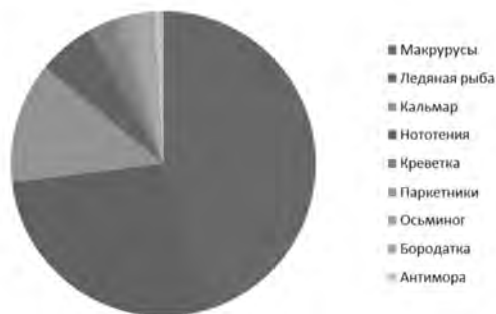


Рисунок 3 – Соотношение компонентов питания в желудках клыкча в подрайоне 88.1

Следует отметить, что подрайоне 88.1 наблюдались некоторые различия как в накормленности, так и в составе пищи у рыб разных размерных групп.

Наибольшее количество пустых желудков (79%) приходилось на рыб длиной от 45 до 99 см (табл. 1).

Таблица 1 – Содержимое желудков у рыб разных размерных классов

Содержимое желудков, %	45-99 см	100-149 см	150-183 см
Кол-во пустых желудков	79	48	45
Ледяная рыба	50	35	35
Макрурусы	33	57	60
Кальмар	12	12	19
Креветка	17	3	2
Присутствие 2 и более компонентов	11	19	31

Клыкач длиной до 77 см питался только ледяной рыбой. Макрурусы в питании появляется у рыб от 88 см. Частота встречаемости ледяной рыбы в желудках рыб длиной 45-99 см гораздо выше, а макрурусов ниже, чем у рыб длиной более 100 см. Молодые рыбы довольно часто употребляли в пищу креветку (17%). У более крупных рыб креветка в желудках встречалась только в сочетании с другими компонентами питания. У рыб длиной 100-149 см. встречаемость макруруса в желудках возрастает до 57%, встречаемость глубоководной белокровки составляет 35%, кальмара – 12%. Сходные показатели встречаемости этих компонентов наблюдались и у рыб длиной 150-183 см, составив 60%, 35% и 19% соответственно.

Как и в подрайоне 88.1 в большинстве случаев (79%) в желудках клыкача содержался какой-либо один компонент питания. Чаще всего это были макрурусы (39%) и глубоководная белокровка (22%), реже – кальмар (8%). У самца 146 см в желудке обнаружен клыкач. В 18% случаев в желудках клыкача содержалось 2 компонента питания, обычно это наблюдалось у рыб длиной более 100 см (табл. 1). У наиболее крупных особей (от 180 см) в желудках присутствовало 3 компонента питания.

В целом по двум подрайонам в желудках клыкача обнаружено 13 организмов (табл. 2).

Таблица 2 – Компоненты питания клыкача в подрайонах 88.1 и 88.2

Русское название	Латинское название	88.1	88.2
Антарктический клыкач	<i>Dissostichus mawsoni</i>	-	+*
Глубоководная белокровка	<i>Chionobathyscus dewitti</i>	+++	+++
Нототениевые	Nototheniidae	++	+

Паркетники	<i>Muraenolepis spp.</i>	+	+
Бородатки	<i>Artedidraco skottsbergi</i>	+	+
Антимора	<i>Antimora rostrata</i>	-	+
Макрурусы	<i>Macrourus spp.</i>	+++	+++
Скаты	<i>Bathyraja spp.</i>	+	-
Кальмары	Teuthoidea	++	++
Осьминоги	Octopodidae	+	+
Иглокожие	Echinodermata	+	-
Офиуры	Ophiurida	+	-
Креветки	<i>Campylonotus spp.</i>	+	+

*Примечание: «+» - встречаются редко; «++» - обычно; «+++» - часто; «-» - не встречаются

Как по частоте встречаемости, так и по массе доминировали макрурусы и глубинная белокровка, что свидетельствует о том, что в подрайонах 88.1 и 88.2, скопления этих видов в основном удовлетворяют пищевые потребности антарктического клыкача.

Выводы

1. Степень наполнения желудков клыкача не зависела не от района ни от времени поимки рыб. Практически во все уловах присутствовали особи с пустыми желудками. В подрайоне 88.1 они составили 46%, в подрайоне 88.2 - 50%. Среди питающихся рыб наибольшую долю имели особи со степенью наполнения желудков 3 (18%) и 4 (14%), что свидетельствует о достаточном количестве пищи.

2. В подрайоне 88.1 пищевой спектр клыкача включал 11 таксонов, в подрайоне 88.2 – 10 таксонов. Наиболее часто в желудках клыкача встречены следующие объекты питания: глубинная белокровка *Chionobathyscus dewitti*, макрурусы *Macrourus spp.*, нототения *Nototheniidae* и кальмар *Teuthoidea*.

3. В большинстве случаев в желудках клыкача присутствовал один компонент питания, реже, в 16% случаев в подрайоне 88.1 и в 18% случаев в подрайоне 88.2, - 2 компонента питания. У наиболее крупных особей в желудках присутствовало 3 компонента питания и более.

4. В подрайоне 88.2 наблюдались некоторые различия в накормленности и в составе питания рыб разных размерных групп. В особенности это касалось молодых рыб, длиной до 100 см. На них приходилось наибольшее количество рыб с пустыми желудками (79%). В составе питания молодых рыб доминировала глубинная белокровка, тогда как у рыб больших размеров в питании доминировал макрурус. Кроме того, в питании молоди довольно часто встречалась креветка (17%).

5. Как по встречаемости, так и по массе в желудках клыкача в двух

подрайонах доминировали глубинная белокровка *Chionobathyscus dewitti* и макрурусы *Macrourus* spp. Соответственно в тихоокеанском секторе Антарктики пищевые потребности антарктического клыкча в основном обеспечиваются за счет массовых скоплений макруруса и глубоководной белокровки, отчасти кальмара.

РОССИЙСКИЕ БРИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ АНТАРКТИКЕ

Л.Е. Курбатова

*Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН,
Санкт-Петербург, korablik-l@mail.ru*

Первые российские коллекции мхов из Антарктики были собраны в ходе работы Советской антарктической экспедиции (САЭ). С 1956 г. по 1969 г. гербарные коллекции привозили участники САЭ разных специальностей: альголог М.М. Голлербах, географ Е.С. Короткевич, геологи Воронов П.С., Вялов О.С., Соловьев Д.С., гляциологи Федотов В.И., Евтеев С.А., Долгушин Л.Д., гидробиологи Виноградов М.Е., Короткевич В.С. и другие коллекторы. И хотя эти материалы были собраны не специалистами и часто были неполными, все они происходили из районов Антарктики, ранее совершенно не исследованных и представляли уникальный научный материал. Коллекции мхов сначала поступали в Институт Арктики и Антарктики (ААНИИ), а затем передавались в Отдел споровых растений БИН РАН. Материалы по мхам были определены выдающимся советским бриологом Л.И. Савич-Любицкой и бриологом отдела З.Н. Смирновой. В результате их работы было опубликовано 20 статей, описано 3 новых для науки вида и 3 новых разновидности мхов, 2 вида указаны для Антарктики впервые (Савич-Любицкая, 1978; Савич-Любицкая, Смирнова, 1959, 1960, 1962, 1963, 1964, 1965, 1969, 1970, 1971, 1972 и др.). И хотя после ряда таксономических обработок большая часть описанных видов и разновидностей были сведены в синонимы, работы Л.И. Савич-Любицкой и З.Н. Смирновой остаются востребованным источником уникальных фактических данных для ряда земель Антарктики, сведений по биологии и изменчивости антарктических мхов.

Уже в семидесятые годы поток гербарных материалов САЭ из Антарктики резко сократился, а в восьмидесятые года 20 века ботанические сборы были единичными. Лишь с 1986 г. в ходе работы РАЭ лишенологом БИН РАН М.П. Андреевым были возобновлены сборы мохообразных, а позже,

с 2006 г., бриологом БИН РАН Л.Е. Курбатовой начаты планомерные исследования. В течение четырех сезонов с 2008 по 2012 гг. были проведены бриологические исследования на 5 российских континентальных антарктических станциях: Новолазаревская (оазис Ширмахера, Земля Королевы Мод), Молодежная (оазис Молодежный, Земля Эндерби), Прогресс (оазис Холмы Ларсеманн, Земля Принцессы Елизаветы), Мирный (мыс Мабус и острова Хасуэлл, Земля Королевы Мери) и Русская (мыс Беркс, Земля Мери Берд). Кроме того, были собраны мхи в районе полевой базы Дружная-4 (утес Лендинг, Земля Принцессы Елизаветы), определены коллекции со станции Ленинградская (нунатак группы Холладей, Земля Отса) и обобщены данные по оазису Бангера (станция Союз, Земля Королевы Мери). На основании собранных коллекций, гербарных материалов и литературы для перечисленных районов российских антарктических станций и баз к настоящему моменту известно 16 видов мхов (*Andreaea regularis* Müll. Hal., *Bryoerythrophyllum recurvirostrum* (Hedw.) P.C.Chen, *Bryum archangelicum* Bruch & Schimp., *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum pseudotriquetrum* (Hedw.) P.Gaertn., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Coscinodon lawianus* (J. H. Willis) Ochyra, *Grimmia plagiopodia* Hedw., *Hennediella antarctica* (Ångstr.) Ochyra & Matteri, *Hennediella heimii* (Hedw.) R.H. Zander, *Notoligotrichum trichodon* (Hook. f. & Wils.) G. L. Smith, *Orthogrimmia sessitana* (De Not.) Ochyra & Żarnowiec, *Plagiothecium orthocarpum* Mitt., *Pohlia nutans* Hedw., *Schistidium antarctici* (Card.) L.I. Savicz & Smirnova, *Syntrichia sacroneurum* Ochyra & R.H. Zander) и 1 печеночник (*Cephaloziella varians* (Cottsche) Steph.). Имеющийся материал по мохообразным хорошо характеризует основные черты бриофлор континентальной Антарктики в целом. Наибольшее число видов мхов отмечено в крупных пришельфовых оазисах. Так, для оазиса Ширмахера известно 13 видов (Kurbatova, Ochyra, 2012), а для оазиса Бангера – 10 видов мхов (Савич-Любицкая, 1978, Ochyra et al., 2008). Примечательно, что такой же уровень видового богатства (10-13 видов) характерен бриофлор всех крупных секторов континентальной Антарктики (Ochyra et al., 2008). Для прибрежных оазисов и особенно для небольших нунатаков уровень видового богатства резко снижается. Так, в значительном по площади прибрежном оазисе Холмы Ларсеманна найдено 7 видов бриофитов, в оазисе Молодежный – 8 видов мхов. Флора изученных небольших прибрежных нунатаков и островов включает не более 4-5 мхов. Что касается видового разнообразия изученных бриофлор, то здесь наблюдается значительное сходство. Так, для находящихся в совершенно разных частях Антарктиды оазисов Ширмахера и Бангера отмечено 8 общих видов. Это мхи, распространенные в Антарктике циркумполярно и отмеченные в большинстве ее секторов (*Ceratodon purpureus*, *Schistidium antarctici*, *Syntrichia sacroneurum*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Orthogrimmia sessitana*, *Hennediella heimii* и др.).

Эти же виды составляют основу прибрежных бриофлор. Особенности каждой конкретной территории отражаются в присутствии редких, а порой и уникальных видов мхов. Так, в оазисе Ширмахера находится единственная в Антарктике популяция мха *Plagiothecium orthocarpum*. Этот вид был найден в о. Глубокое на глубине от 23 до 35 м еще в 1961 году и повторно был собран в 1975 и в 2011 гг. В оазисе Холмы Ларсеманн на полуостровах Брокнес и Сторнес изредка встречается печеночный мох *Cephaloziella varians*. В континентальной Антарктике печеночники очень редки и представлены только этим единственным видом, который отмечен в прибрежных оазисах Земли Принцессы Елизаветы, Земли Уилкеса и южной части Земли Виктории (Bendarek-Ochuga et al., 2000). Уникальной оказалась находка *Andreaea regularis* в районе станции Ленинградская (Андреев, Курбатова, 2009). Этот вид был известен ранее в Антарктике только из района Антарктического полуострова (Ochuga et al., 2008). Впервые найден в континентальной Антарктики и *Notoligotrichum trichodon* (Андреев, Курбатова, 2009), обнаруженный в районе станции Русская. Ранее этот вид отмечался только в районе островных архипелагов Антарктического полуострова (Ochuga et al., 2008).

Помимо изучения видового разнообразия, в настоящее время, российскими бриологами совместно с зарубежными коллегами проводятся молекулярные и биохимические исследования антарктических мхов (Матвеева и др., 2011; Курбатова, 2011).

О ПЕРСПЕКТИВАХ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ПРОМЫСЛА МИКТОФОВЫХ РЫБ В АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ АТЛАНТИКИ

Н. Н. Кухарев

Южный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮЗНИРО), Керчь, kukharev.nik@mail.ru

Изучение звукорассеивающих слоев океана (ЗРС) началось в сороковые годы XX века, после появления высокочувствительных эхолотов. Были выявлены ЗРС в мезопелагиали, на глубинах от 100-400 м до 1500 м и более. М. Jonson (1948) показал, что эти слои формируются скоплениями мигрирующих и немигрирующих мелких миктофовых рыб, а также мелких кальмаров и ракообразных.

Начиная с 1950-х годов, с развитием гидроакустических исследований и получением сведений о глобальном распределении ЗРС, появились многочисленные оценки запасов и концентрации (удельной плотности) ЗРС, предложения по промысловому использованию обитателей слоев – мезо-

пелагических рыб семейств Myctophidae, Sternoptychidae, Gonostomatidae и др., образующих плотные скопления (W. Chapman, 1947; N. Marshall, 1951; Ф. Трояновский, 1966; С. Буланенко, 1970; J. Gulland, 1971; J. Gjøsæter, J. & Kawaguchi, K. (1980).; В. Цейтлин, 1982; Т. Любимова и др., 1987; К. Шуст, А. Козлов, 1990; М. Константинова, 1991; А. Козлов, 1995; V. Lam & Pauly D. 2005; R. Kloser, 2009; и др.). На основании результатов гидроакустических учетов, а также математического моделирования, в 1980-е–1990-е годы было принято, что глобальная биомасса мезопелагических рыб находится на уровне не менее 1 млрд. т, на ее долю приходится около трети общей биомассы ЗРС. В 2012 г. S. Kaartvedt et. al., (2012), S. и X. Irigoien et. al. (2014), исследовав избегание мезопелагическими рыбами тралов в ходе тралово-акустической съемки, а также совместив моделирование и анализ чувствительности акустических наблюдений, предположили, что биомасса этих рыб в Мировом океане, возможно, недооценена на порядок.

Освоение ресурсов мезопелагических миктофовых рыб первыми начали рыбаки ЮАР в Юго-Восточной Атлантике (ЮВА, статистический район ФАО-47), выловив в 1970-м году при помощи кошельковых сейнеров 1800 т лампаникта (*Lampanyctodes hectoris*, Myctophidae) у берегов ЮАР (ФАО FishStatJ software 2013). Этот промысел с ежегодным выловом от 2-4 до 31 тыс. т продолжался до 1998 г. и возобновлен ЮАР в 2011 г. (7 тыс. т).

В Антарктической части Атлантики (АЧА, статистический район ФАО-48) в период с 1965 по 1986 г. в экспедициях ВНИРО и Севрыбпромразведки были выявлены значительные промысловые концентрации миктофид, преимущественно электроны Карлсберга *Electrona carlsbergi* (Taning, 1932). К. Шуст и Л. Козлов (1990) отмечают, что наиболее крупные и устойчивые скопления электроны были обнаружены в статистических подрайонах ФАО 48.3 и 48.4, в районе Южной полярной фронтальной зоны (ЮПФЗ), к северу, северо-востоку и северо-западу от о. Южная Георгия, на участке между 49 и 54° ю. ш., 25 и 41° з. д. Средняя удельная плотность скоплений колебалась от 6 до 40 т/км², достигая иногда до 300 т/км². В летний сезон (декабрь-январь) биомасса электроны на этих участках оценивалась в среднем на уровне 3 млн. т. В 1989 г. в экспедиции ВНИРО в районе к северо-востоку от основного полигона (40-44° ю. ш., 20 и 17° з. д.) были обнаружены нерестовые и преднерестовые скопления электроны Карлсберга (К. Шуст, Л. Козлов, 1990). В 1980-х годах, в ходе дальнейших исследований ВНИРО обнаружены районы скоплений миктофид в Антарктической части Индийского и Тихого океанов, в квазистационарных меандрах и среднemasштабных вихрях в пределах ЮПФЗ, выявлен так называемый "миктофидный пояс" Антарктики.

В 1987 г. в АЧА, в районе скал Шаг (к западу, затем к востоку от о. Южная Георгия) Минрыбхозом СССР был организован траловый промысел элек-

троны Карлсберга, который продолжался до 1991 года. Следует отметить, что промысел электроны в АЧА вел только советский рыболовный флот. За период исследований и промысла в АЧА выловлено 205 тыс. т миктофид, в основном *Electrona carlsbergi*. Уловы электроны состояли из половозрелых рыб длиной 7,5-8,5 см, возрастом 3-4 года, при максимальной продолжительности жизни – 6 лет. За 3-4 месяца промыслового сезона добывалось до 30-70 тыс. т электроны Карлсберга с приловом других видов миктофид. По многим оценкам, вылов часто ограничивался перерабатывающей способностью судов. Выпускались рыбная мука, рыбий жир, фарш. Были изучены теххимические свойства электроны, которая по количеству белковых веществ (17-19%) была отнесена к белковым рыбам, пригодным для выпуска пищевой продукции (В. Быков, 1990; Л. Абрамова, 2003). В жире обнаружено значительное содержание эйкозопентаеновой и докозагексаеновой кислот – наиболее важных омега-3 полиненасыщенных жирными кислот.

В период советского промысла электроны в АЧА в рыбохозяйственных экспедициях ВНИРО изучался жизненный цикл электроны, характер и происхождение ее промысловых скоплений в районе ЮПФЗ. Впоследствии были выдвинуты предположения, что на акватории ЮПФЗ обитают временные группировки электроны, выселившиеся из зоны размножения и не способные к воспроизводству (Г. Мажирина, В. Полетаев, 1990; К. Шуст, Л. Козлов, 1990). Таким образом, при расчете общего допустимого улова электроны в АЧА следует учитывать, что базирование промысла на выселившихся группировках сводит к минимуму его последствия для популяции.

При планировании возобновления промысла электроны Карлсберга в АЧА следует продолжить исследование роли и места миктофид в экосистеме Антарктики. А. Козлов (1995) отметил, что миктофиды занимают третий уровень трофической системы Южного океана и являются консументами второго порядка – потребителями зоопланктона. Учитывая, что миктофиды вследствие высокого содержания жира являются энергетически более выгодным кормом по сравнению с крилем, они очевидно играют определенную роль в поддержке продукции организмов высших звеньев пищевой цепи – кальмара, нототенисовых, морских птиц и млекопитающих. Но по оценке К. Шуста и Л. Козлова (1990) среди кальмаров и рыб, постоянно населяющих ЮПФЗ, как и среди сезонных хищников-мигрантов, не выявлено потребителей (консументов), у которых миктофиды доминировали бы в диете. Следует предположить, что в соответствии с несбалансированностью продукционных циклов высоких широт большая часть биомассы миктофид избыточна и не находит применения в высших звеньях пищевой цепи экосистемы Антарктики. Сходная картина отмечается в отношении миктофовых рыб, обитающих в других районах Мирового океана. Так, например, с 1990 г. в Аравийском море в западной части Оманского залива

Иран ведет промысел бентоземы *Benthosema pterotum*. Исследованиями не удалось установить сколько-нибудь значимой роли бентоземы в диете тунцов – наиболее высокочисленных обитателей пелагиали этого региона. Биомасса промысловых скоплений бентоземы оценивается на уровне 1-4 млн. т, общий запас в Аравийском море – около 100 млн. т. При продолжительности жизни бентоземы в 1 год ее ежегодная продукция оказывается не востребованной на следующем трофическом уровне (G. Saetersdal et al. 1999; K. Johannesson and T. Valinassab, 1994).

Начиная с 1982 г. и по настоящее время промысел электроны Карлсберга, как и других видов рыб и беспозвоночных Антарктики, регулирует АНТКОМ. В отчете Рабочей группы АНТКОМ по оценке рыбных запасов (от 13–23 октября 2003 г.) рекомендовано закрыть промысел электроны Карлсберга и сопутствующих видов вследствие неопределенности входных данных для оценки возможного вылова. В связи с отсутствием исследований и промысла миктофид АНТКОМ в 2012 г. принял регуляторный акт: Мера по сохранению 32-02 (2012) ЗАПРЕТ НА НАПРАВЛЕННЫЙ ПРОМЫСЕЛ. «С 1 декабря 2003 г. запрещается вылов *Electrona carlsbergi* в Статистическом подрайоне 48.3, за исключением вылова в научно-исследовательских целях. Запрет применяется по крайней мере до тех пор, пока в указанном районе не будет проведена съемка запаса и ее результаты не будут переданы в Рабочую группу по оценке рыбных запасов и проанализированы ею, и пока Комиссия исходя из рекомендации Научного комитета не примет решение о том, чтобы данный район был вновь открыт для направленного промысла этого таксона».

Таким образом, для возобновления в АЧА промысла электроны Карлсберга необходимы комплексные экспедиционные исследования, в которых будет выполнена гидроакустическая оценка запаса, исследовано распределение и локализованы современные участки промысловых скоплений, выполнен цикл океанографических исследований в районе ЮПФЗ. Оценку запаса электроны Карлсберга можно было бы совместить с работами по учету запаса антарктического криля в том же регионе. Кроме того, должны быть продолжено исследование потребления миктофид в АЧА крупными кальмарами и рыбами – постоянными и временными обитателями ЮПФЗ, выполнены оценки величины естественной убыли миктофид от выедания хищниками.

По оценкам ФАО, в условиях высоких темпов роста аквакультуры, в первую очередь интенсивной марикультуры, усиливается интерес к ресурсам миктофовых рыб, как к стабильному источнику высококачественной кормовой рыбной муки и рыбьего жира. В настоящее время основной мировой источник рыбной муки - перуанский анчоус, но его численность и соответственно уловы испытывают весьма значительные межгодовые колебания вследствие воздействия Эль-Ниньо. За последние 30 лет годо-

вой вылов перуанского анчоуса трижды превышал 10 млн. т и пять раз опускался до 1-4 млн. т, удерживаясь в другие годы на среднем уровне 7-8 млн. т. Развитие промысла миктофид на сопоставимом уровне – около 4-5 млн. т в год могло бы в известной степени смягчить такие колебания, обеспечив более стабильное производство рыбных кормов.

Обсуждая перспективы использования запасов мезопелагических рыб, В. Цейтлин, (1982), Т. Любимова и др., (1987) отмечали, что их плотные скопления, пригодные для промысла, существуют в немногих районах Мирового океана, в частности, в Антарктической части Атлантики, в Северо-Западной, Центральной, Юго-Восточной Атлантике, в северной части Индийского океана, в районах подводных гор Тихого океана. Возможно, в дальнейшем, при развитии промысла миктофидовых рыб будут обнаружены новые районы их концентраций.

Мировой вылов миктофидовых рыб в настоящее время невелик. Наибольшие усилия в освоении ресурсов этих рыб приложил советский, а затем российский рыболовный флот. Еще до начала промысла электроны в АЧА советские суда в 1980 г. приступили к облову миктофидовых рыб Дальневосточного региона (Северо-Западная часть Тихого океана). Промысел продолжался до 1989 г., ежегодный вылов находился на уровне от 3-4 до 15-16 тыс. т. В 1982-1985 годах проводился экспериментальный промысел миктофидовых рыб в Западной части Индийского океана, в 1984 и 1988 годах – в Антарктической части Тихого океана, с выловом 1-2 тыс. т. Российская Федерация с 2000 по 2005 гг. вела промысел миктофидов в Северо-Восточной Атлантике, с ежегодным выловом от 1 до 10 тыс. т. В 2010 г. российское судно выловило около 7 тыс. т миктофидов в Центральной Восточной Атлантике, в районе Срединно-Атлантического хребта. В 2011 г. промысел миктофидовых рыб вели Иран в Западной части Индийского океана (бентозема – 14 тыс. т), Исландия в Северо-Восточной Атлантике (мавроликос – 9 тыс. т), ЮАР в Юго-восточной Атлантике (лампаникт – 7 тыс. т), мировой вылов составил 30 тыс. т (2009 – 54 тыс. т). Следует отметить, что в настоящее время практически весь вылов миктофидовых рыб получают в водах под юрисдикцией прибрежных государств, что ограничивает доступность этих ресурсов для экспедиционного иностранного промысла. А преимущество развития промысла миктофидов в АЧА состоит в том, что эти ресурсы находятся в открытых водах океана, за пределами юрисдикций каких-либо государств, и поэтому доступны для любого государства - члена АНТКОМ и любого присоединившегося государства.

О ПРАВОВЫХ ВОЗМОЖНОСТЯХ СОЗДАНИЯ МОРСКИХ ОХРАНЯЕМЫХ РАЙОНОВ В ОТКРЫТЫХ ВОДАХ МИРОВОГО ОКЕАНА, В ТОМ ЧИСЛЕ В АНТАРКТИКЕ

Н. Н. Кухарев

Южный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮЗНИИРО), г. Керчь, kukharev.nik@mail.ru

Инициативы Новой Зеландии, США, Австралии, Франции и ЕС 2012-2013 годов по созданию обширных природоохранных зон в водах Антарктики опираются на Меры по сохранению АНТКОМ, принятые в период с 2008 г. по 2011 г. Эти Меры направлены на создание в зоне АНТКОМ так называемых морских охраняемых районов (МОР), переходящих под управление конкретных государств. Вопрос создания МОР в открытых водах Антарктики является частным случаем общемировой проблемы создания таких районов в открытых водах Мирового океана.

В Протоколе об охране окружающей среды от 1991 г. («Мадридский протокол») Договора об Антарктике (1958 г.), в Приложении V предусмотрено создание охраняемых морских районов в Антарктике. В Статье 2 Приложения V указано, что любой район Антарктики, включая любой морской район, может быть определен как Особо охраняемый район Антарктики или Особо управляемый район Антарктики. Но Мадридский протокол не предусматривает передачу таких районов под управление какого-либо государства, предполагая лишь исследования и доступ к районам всех государств-участников (2014 г. – 50 государств).

В 1992 г. в Рио-де-Жанейро на Конференции ООН по окружающей среде и устойчивому развитию и в 2002 г. в Йоханнесбурге на Всемирной Конференции ООН по устойчивому развитию «Саммит Земли» были приняты решения по созданию морских охраняемых районов, в том числе и в открытых водах Мирового океана, с целью «обеспечивать поддержание продуктивности и биоразнообразия в важных и уязвимых морских и прибрежных районах, в том числе в районах в пределах и за пределами национальной юрисдикции». В 2012 г. вопросы создания МОР в открытых водах Мирового океана обсуждались на Конференции ООН по устойчивому развитию «Рио+20» (Рио-де-Жанейро 20-22 июня 2012 г.), которая прошла практически незамеченной. Представленный на Конференции «Новый план спасения океанов за пределами районов национальной юрисдикции», предусматривавший создание сети МОР в открытом океане, был заблокирован Россией, США, Канадой и Венесуэлой и не был принят.

На основании решений указанных Конференций прибрежные государства и экологические организации сформулировали определения термина «Морской охраняемый район». Среди общепризнанных - определение США (2000 г.) «Морской охраняемый район – любой регион морской среды, который защищен федеральными, государственными, племенными, территориальными или местными законами и правилами, чтобы обеспечить надежную защиту в нем части или всех природных и культурных ресурсов». Определение Канады - МОР является «четко определенным географическим пространством, выделенным, признанным и управляемым юридическими или другими эффективными средствами для достижения долгосрочного сохранения природы и ассоциированных с экосистемой культурных ценностей». По определению Международного Союза охраны природы (МСОП, International Union for Conservation of Nature, IUCN): «Морской охраняемый район (МОР) – четко определенное географическое пространство, признанное, выделенное и управляемое с помощью правовых и других эффективных средств в целях достижения долгосрочного сохранения природы с учетом экосистемных связей и культурных ценностей». Аналогичные определения разработаны и используются многими прибрежными государствами.

Генеральная Ассамблея ООН, Программы и комитеты ООН приняли ряд документов, рекомендующих создание МОР в открытых водах Мирового океана. Но исходя из приведенных определений МОР следует, что такие районы моря должны управляться и охраняться определенными субъектами права, что фактически возможно только в рамках суверенитета, либо суверенных прав и юрисдикции какого-либо государства. Таким образом, все идеи, призывы и рекомендации ООН и других организаций по созданию МОР предназначены государствам, которые могут реализовать идеи заповедования участков моря в суверенных водах или в исключительных экономических зонах. По состоянию на октябрь 2010 г., по оценке Всемирной базы данных по охраняемым территориям (WDPA), во всем мире насчитывалось около 6800 МОР, что составляет 1,17 % от площади Мирового океана. При этом практически все МОР были созданы государствами в своих территориальных водах и лишь несколько процентов – в исключительных экономических зонах.

Несмотря на все усилия и призывы ООН, экологической журналистики и неправительственных экологических организаций, МОР в открытых водах Мирового океана пока не созданы. Основная причина – отсутствие международно-правовой базы для создания МОР в открытых водах за пределами национальных юрисдикций.

В настоящее время основным, а в большинстве случаев единственным международно-правовым документом, регламентирующим права,

обязанности, поведение и взаимоотношения государств в вопросах использования Мирового океана, является Конвенция ООН по морскому праву от 1982 г., вступившая в силу в 1994 г.

Статьи 117 и 118 этой Конвенции предусматривают сохранение живых ресурсов открытого моря и управление ими путем сотрудничества государств и создания ими «для этой цели субрегиональных или региональных организаций по рыболовству». Следует особо отметить, что Конвенция ООН по морскому праву предопределяет государствам и международным организациям права и обязанности по использованию и сохранению именно и исключительно ресурсов (как источников обеспечения какого-либо производства), в том числе живых ресурсов океана. При этом Конвенция ООН не содержит положений и механизмов для отторжения государствами или участниками международной организации каких-либо участков открытого моря в целях создания природоохранных зон, лишения их статуса открытого моря, распространения суверенитета, суверенных прав и юрисдикции на районы открытых вод Мирового океана независимо от преследуемых целей. Исходя из этого, положения «Мадридского протокола», решения Конференции в Рио (1992 г.) и «Саммита Земли» (Йоханнесбург, 2002 г.) в отношении заповедования участков открытого моря не могут быть реализованы, так как прямо противоречат положениям Конвенции ООН по морскому праву о свободе открытого моря (Статья 87).

Но сторонники создания МОР в открытых водах Мирового океана пытаются действовать через существующие региональные организации по регулированию рыболовства, несмотря на то, что эти организации не созданы для сохранения биоразнообразия. В частности такая деятельность развернута в рамках АНТКОМ – международной организации, созданной в 1982 г. на базе Антарктической Конвенции. Цель Антарктической Конвенции изложена в Статье II: «1. Целью настоящей Конвенции является сохранение морских живых ресурсов Антарктики. 2. Для целей настоящей Конвенции термин «сохранение» включает рациональное использование». То есть Антарктическая Конвенция создана заинтересованными государствами с довольно узкой целью, предусмотренной Конвенцией ООН по морскому праву – для сохранения и рационального использования морских живых ресурсов в открытых водах Антарктики, регулирования рыболовства. Антарктическая Конвенция предоставила Антарктической Комиссии достаточно полномочий для изучения и эффективного сохранения живых ресурсов в любой акватории в пределах зоны АНТКОМ, регулирования рыболовства, в том числе путем закрытия или открытия промысла в тех или иных районах зоны АНТКОМ при наличии научных обоснований. В ходе своей деятельности Антарктическая Комиссия в соответствии со Статьей IX Конвенции АНТКОМ приняла более 20 Мер по сохранению о

запретах на промысел и закрытии разных видов промыслов. В результате этого закрыто для промысла около половины акватории Антарктики.

Антарктическая Конвенция не содержит положений, позволяющих ей создавать МОР в открытых водах Антарктики, так как это противоречит Конвенции ООН по морскому праву. Но начиная с 2008 г., под давлением ряда заинтересованных государств-членов, АНТКОМ допустил на своих Сессиях обсуждение вопросов создания МОР в водах Антарктики, выйдя, таким образом, за пределы своих полномочий, определенных Антарктической Конвенцией и за пределы правового поля Конвенции ООН по морскому праву. В 2008 г. Антарктическая Комиссия на XXVII Сессии допустила к рассмотрению вопрос о морских охраняемых районах, ссылаясь на решения Всемирной конференции по устойчивому развитию (Йоханнесбург, 2002 г.) и конференции ЮНЕП – добиться создания репрезентативной сети МОР к 2012 г. По сути, государствам-членам АНТКОМ было предложено откликнуться на звучавшие в Йоханнесбурге и имеющие правового обоснования призывы и рекомендации по созданию МОР и их сети в открытых водах океанов. Не принят во внимание тот факт, что все решения «Саммита по устойчивому развитию» касаются лишь Сторон, т.е. государств-участников как субъектов международного права.

В 2009 г., продолжая череду неправовых действий, АНТКОМ по инициативе Великобритании принят по сохранению 91-03 (2009 г.) «Охрана южного шельфа Южных Оркнейских островов». Управление было передано Великобритании сроком на 5 лет. В 2011 г. Комиссия разработала Мэру по сохранению 91-04 (2011 г.) «Общая система для создания морских охраняемых районов АНТКОМ». В этом документе в п. 1 указано, что «Данная мера по сохранению и любые другие меры АНТКОМ по сохранению, имеющие отношение к МОР АНТКОМ, принимаются и выполняются в соответствии с международным правом, в т. ч. в соответствии с положениями Конвенции ООН по морскому праву». Но эта Конвенция не содержит подобных положений.

Учитывая все это, можно констатировать, что некоторые государства-члены АНТКОМ посредством Комиссии пытаются явочным порядком присвоить себе права устанавливать суверенитет, либо суверенные права и юрисдикцию в отношении участков открытых вод Мирового океана. Такие права для государств не предусмотрены ни Конвенцией АНТКОМ, ни Конвенцией ООН по морскому праву.

Продолжая цепь нарушения международно-правовых норм, Комиссия АНТКОМ в 2012 году на очередной, XXXI сессии АНТКОМ рассмотрела предложения Австралии, Франции и ЕС о создании новых МОР в зоне действия Конвенции в Восточной Антарктике и в районе моря Росса (Новая Зеландия, США). Общая площадь трех планируемых МОР в районе моря

Россия по новозеландской заявке составляет около 1,6 млн. кв. км, по заявке США – 1,8 млн. кв. км. На XXXI сессии АНТКОМ в 2012 г. эти предложения были заблокированы делегациями России, Украины, Китая, так как решения на Сессиях АНТКОМ принимаются только консенсусом. заинтересованные государства в соответствии с положениями Конвенции АНТКОМ созвали внеочередной АНТКОМ в июле 2013 г. в Германии с единственной целью – принять Меры по сохранению, которыми учреждались бы МОР в море Росса и Восточной Антарктике. Но и на этой Сессии предложения по созданию МОР в водах Антарктики были заблокированы Россией, Украиной, КНР.

Делегации России и Украины показали, что создание МОР в зоне АНТКОМ не связано с какой-то биологической необходимостью и отвечает лишь геополитическим интересам некоторых государств, в частности, США, Новой Зеландии, Австралии, Франции в отношении моря Росса и других районов Антарктики. Большая часть акватории, на которой государства-инициаторы пытаются создать МОР, и без того уже по разным причинам закрыта для промысла Мерами по сохранению АНТКОМ. Одним из оснований для утверждения о наличии геополитических интересов у государств-инициаторов создания МОР служит общеизвестная карта Антарктики, иллюстрирующая раздел Антарктиды и Антарктики по сферам национальных интересов, заблокированная, но не отмененная Договором об Антарктике (1958 г). Великобритания инициировала создание МОР в 2009 г. именно в своем секторе, который, кстати, является спорным с Аргентиной. Новая Зеландия, Франция и Австралия предложили создать МОРы именно в их секторах, с последующим курированием этой акватории. Нет сомнений в том, что США поддерживает Новую Зеландию в отношении организации в море Росса обширных охраняемых районов по причине того, что на южном побережье моря Росса расположена крупнейшая антарктическая станция США – Мак-Мердо, основанная в 1956 г., с населением до 1200 чел., а также станция Скотт-Бейс (Новая Зеландия, 1957 г.). Очевидно, стремление государств-претендентов преобразовать часть открытых вод океана во «внутренние моря» этих государств. Кроме того, в зоне АНТКОМ обнаружено семь районов потенциального распространения газовых гидратов – это континентальная окраина Южных Шетландских островов, Тихоокеанский край Антарктического полуострова, континентальная окраина моря Росса, Земли Уилкса, залива Прюдс, Рисер-Ларсена и юго-восток континентальной окраины Южных Оркнейских островов. В этих районах и предполагается создание МОР. По своей сути, все современные действия АНТКОМ в отношении создания МОР в водах Антарктики могут разрушить положения Статьи 136 Конвенции ООН по морскому праву, утверждающей, что минеральные ресурсы морского дна в открытых водах являются «общим наследием

ем человечества» и привести к разделу открытых вод Мирового океана в целях завладения этими ресурсами.

Если АНТКОМ намерен вернуться в правовое поле международного морского права, ему следовало бы принять резолюцию о прекращении обсуждения в рамках АНТКОМ вопросов и проблем, не связанных с Антарктической Конвенцией и противоречащих Конвенции ООН по морскому праву. Такая резолюция должна ориентировать деятельность Комиссии на решение актуальных проблем сохранения и рационального использования морских живых ресурсов Антарктики.

Основные положения данной статьи были представлены в качестве документа от Украины (CCAMLR-SM-II/BG/10) на Внеочередной Сессии АНТКОМ в Бремсхафене, Германия, 11–13 июля 2013 г.

КОЛОВРАТКИ ПОДКЛАССА BDELLOIDEA В РАЗЛИЧНЫХ СУБСТРАТАХ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЫ

Д.А. Лукашанец

*Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам,
Минск, lukashanetzdm@rambler.ru*

Бделлоидные коловратки широко распространены на всех континентах, включая Антарктиду [2, 7]. В данной работе кратко представлены результаты исследования бделлоидей в различных типах субстратов из восточной части материка.

Было проанализировано несколько образцов субстратов, собранных участниками Белорусских антарктических экспедиций в 2009, 2011 и в 2012–2013 гг. в некоторых наземных местообитаниях Антарктиды:

1. Водорослевый мат, гора Вечерняя. Время сбора – зима 2012–2013 гг.
2. Лишайниковые обрастания на скальных породах, ст. Дружная–4. Время сбора – январь 2011 г.
3. Лишайниковые и водорослевые (*Prasiola crispa*) обрастания на скальных породах, ст. Дружная–4. Время сбора – январь 2011 г.
4. Лишайниковые и водорослевые обрастания на скальных породах, о-в. Хасуэлл. Время сбора – январь 2011 г.
5. Лишайниковые обрастания на камнях, гора Вечерняя. Время сбора – январь 2009 г.

Собранные образцы сухих субстратов помещали в чашки Петри с водой. Для появления живых, активных особей бделлоидей (т.е. для выхода их из криптиобитического состояния) требуется некоторое время – от 1

часа до 1 суток. После этого при помощи микроскопа Jenaval проводили видовую идентификацию параллельно с микрофотосъемкой.

В результате показана неравномерность распространения бделлоидных коловраток в различных местообитаниях. Высокое обилие бделлоидей отмечено для субстратов в пробах 2 и 3, гораздо меньшее – в пробе 1 (показатели абсолютной численности на единицу площади даны ниже). В то же время в образце 5 были зарегистрированы лишь единичные экземпляры коловраток, а в образце 4 данных животных не обнаружено.

Так как выживаемость бделлоидных коловраток при выходе из криптобиоза составляет далеко не 100 % (например, известно, что некоторые виды без воды погибают уже в течение года – [5]), то, к сожалению, в некоторых пробах (в частности в пробе 3) все бделлоидеи оставались в неактивном, «сжатом» состоянии, при котором видовое определение провести невозможно. Подобная ситуация наблюдалась в образце 2, но при выдерживании при комнатной температуре часть отсаженных особей становились активными.

1. Видовой состав бделлоидных коловраток в изученных субстратах

Наибольшее число видов коловраток было отмечено в водорослевом мате (проба 1, г. Вечерняя, зима 2012–2013 гг.) – таблица 1.

Всего в данном местообитании было зарегистрировано 6 видов, 4 из которых – эвритопные представители рода *Adineta* Hudson et Gosse, 1886, широко распространенные в разнообразных местообитаниях во многих зоогеографических зонах [7]. Виды *Adineta gracilis* и *A. vaga vaga*, а также представитель другого рода – *Macrotrachela kallosoma* (Schulte, 1954) – ранее отмечались другими авторами в Антарктиде [2, 7]. *Adineta minor* не указан в этих перечнях, но данный вид (ранее известный как подвид *A. vaga minor* Bryce, 1893) предложено выделять в качестве самостоятельного относительно недавно [4]. Так как в видовом списке коловраток континентальных вод Антарктики [2] указан просто *Adineta vaga*, можно предположить, что *A. minor* все же не является новым для фауны континента.

Таблица 1 – Видовой состав бделлоидных коловраток в водорослевом мате (г. Вечерняя)

Вид коловраток	Относительная численность, %
<i>Adineta gracilis</i> Janson, 1893	9,5
<i>Adineta</i> sp.	19,0
<i>Adineta minor</i> (Bryce, 1893)	47,6
<i>Adineta vaga vaga</i> (Davis, 1873)	14,3
<i>Macrotrachela kallosoma</i> (Schulte, 1954)	4,3
<i>Mniobia</i> sp.	4,3

В лишайниках со скальных пород (проба 2) было найдено только два вида – *Adineta gracilis* (составляли большинство – 73,5%) и *Adineta minor* (26,5%). Еще 1 вид – *Adineta steineri* Bartoš, 1951 – был зарегистрирован в лишайниках с камней г. Вечерняя (проба 5). Данный вид указан ранее для Антарктиды и некоторых соседних территорий (Фолклендские острова) другими авторами [1, 2, 7].

Особи двух видов – *Adineta gracilis* (из лишайниковых обрастаний) и *A. minor* (из водорослевого мата) – дали начало лабораторным культурам с использованием в качестве корма водорослей *Chlorella sp.* Положительный результат выращивания при комнатной температуре бделлоидей, выделенных из популяций, обитающих при крайне низких температурах в условиях Антарктиды, говорит о чрезвычайно высокой толерантности данных беспозвоночных к факторам окружающей среды.

Изученные экземпляры бделлоидей имели некоторые незначительные морфологические отличия от типовых описаний в определителях. В частности, это касается *Adineta gracilis* – более крупные размеры, шпоры несколько иной формы (более острые). К тому же, согласно современным представлениям, важным фактором для выделения новых видов бделлоидей является их экологическая характеристика и структура мастакса. Поэтому, возможно, найденные нами экземпляры коловраток могут послужить основанием для описания новых видовых таксонов, но для этого требуются дальнейшие исследования.

2. Численность бделлоидных коловраток в изученных субстратах

Для определения показателей абсолютной численности был использована количественная методика, основанная на десятикратной экстракции особей бделлоидей из субстрата при помощи энергичного встряхивания кусочка данного субстрата определенного размера в небольшом объеме воды (до 20 мл) и последующем подсчете животных [6].

В результате выяснено, что, несмотря на бедность видового состава бделлоидей, в некоторых изученных субстратах, наблюдалась чрезвычайно высокая численность данных организмов. Например, в лишайниковых и водорослевых обрастаниях со скальных пород (проба 3) численность бделлоидей составляла 4721 ± 1657 экз./см² (максимально до 6844 экз./см²), что в среднем в 40 раз и в 24 раза выше, чем соответственно во мхах некоторых местообитаний Беларуси [3] и Германии [6], при исследовании которых также применялась данная методика. В лишайниковых обрастаниях со скальных пород (проба 2) средняя численность бделлоидей была также значительной – 4419 ± 2079 экз./см² (максимально до 8823 экз./см²).

В водорослевых матах (т.е. в пробе 1) бделлоидные коловратки были гораздо менее многочисленны: максимальное полученное значение – 35 экз./см². На данный момент, причины, обеспечивающие феноменально

высокое количественное развитие популяций бделлоидей в лишайниках и водорослях на скальных породах (где были собраны пробы 2 и 3), остаются неясными и заслуживают отдельного изучения.

Литература

1. Кутикова Л.А. Бделлоидные коловратки фауны России М.: Товарищество научных изданий КМК. 2005. 315 с.
2. Кутикова Л.А. Коловратки континентальных вод восточной Антарктиды // Информационный бюллетень Советской Антарктической экспедиции. 1991. Т. 116. С. 87–97.
3. Лукашанец Д.А. Плотность расселения бделлоидных коловраток (Rotifera, Bdelloidea) в *Sphagnum fallax* из верхового болота // Зоологические чтения – 2013: материалы международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора И.К. Лопатина (1923–2012), Гродно, 14–16 марта 2013 г. / Гродненский гос. ун-т им. Я. Купалы; редкол.: О.В. Янчуревич [и др.]. Гродно. 2013. С. 178–180.
4. Яковенко Н.С. Бделлоидные коловратки (Rotifera, Bdelloidea) Украины (систематика, фауна, экология): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.08 / Н.С. Яковенко; Институт зоологии им. И.И. Шмальгаузена НАН Украины. Киев. 2005. 13 с.
5. Bartoš E. Kořenonožei, vířníci a želvušky mechů šumavských předhoří // Časopis Nár. musea, odd. přírod. 1951. Vol. 118-119. P. 50–69.
6. Peters U., Koste W., Westheide W. A quantitative method to extract moss-dwelling rotifers // Hydrobiologia. 1993. Vol. 255/256. P. 339–341.
7. Segers H. Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera) with notes on nomenclature, taxonomy and distribution // Zootaxa. 2007. Vol. 1564. P. 1-104.

АНАЛИЗ УРОВНЕЙ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЧВ И РЕГОЛИТОВ ОАЗИСОВ АНТАРКТИДЫ

А.В. Лупачев, С.В. Губин

*Институт физико-химических и биологических проблем
почвоведения РАН, Пущино, a.lupachev@gmail.com*

Почвообразование в свободных ото льда оазисах континентальной Антарктиды до сих пор ставится под сомнение многими исследователями и, прежде всего потому, что в «почвоподобных телах» здесь зачастую отсутствуют привычные в других природных обстановках признаки организации материала, слагающего почвенный профиль: наличие поверхностных органогенных горизонтов, дифференциация нижележащих минеральных и их пространственная

выдержанность; значимое содержание органического вещества в материале; формирование структурных отдельностей различного порядка; наличие выраженного взаимодействия органической и минеральной составляющей почв, инситу образования вторичных минералов и др. Основными лимитирующими факторами для развития растительного покрова, а, следовательно, и для почвообразования, являются низкие температуры воздуха, недостаток воды в жидкой форме, суровый ветровой режим и жесткое УФ-излучение.

В оазисах Антарктики широко распространены проявления физического выветривания горных пород, а также эоловой, гравитационной, криогенной и, реже, флювиального переноса и сортировки минерального обломочного материала и мелкозема – листоватый элювий, каменные мостовые, эоловые останцы, десквамационные корки, ячеистое выветривание, партлювация, образование каменных колец и полос.

Истинно почвенные процессы трансформации и аккумуляции органического вещества, его взаимодействия с минеральной матрицей почв выражены довольно слабо, а иногда форма их выражения не имеет аналогов среди ранее изученных «зональных» почв. В большинстве из описанных почв отсутствуют привычные органические и органоминеральные горизонты, они преимущественно представлены смесью детрита органических остатков мхов и лишайников с щебнистым элювием и лишены видимых при морфологическом описании признаков органоминерального взаимодействия.

Классификация большинства почвенных образований, формирующихся в суровых условиях антарктических оазисов, затруднена ввиду отсутствия общепринятых подходов к их диагностике. На данном этапе, наиболее приемлемой для работы авторам видится отдельная часть USDA Soil Taxonomy [9], разработанная специально для антарктических почв [7]. Согласно Классификации и диагностике почв России [3], с определенной долей условности они могут быть диагностированы как петроземы и литоземы, реже как криоземы.

Несмотря на малую мощность и дискретность поверхностных органоминеральных образований, отсутствие целого ряда признаков, характерных для зональных (в т.ч. высокоширотных) почв, авторы ставят целью настоящей работы показать, что даже в этих условиях существуют диагностические признаки, позволяющие обоснованно выделять почвенные тела, обладающие всеми требуемыми уровнями структурной организации: от элементарных почвенных частиц и агрегатов до уровней структуры почвенного покрова.

Указанные выше признаки различных уровней организации антарктических почв будут далее рассмотрены на примере отражения в нем сущности процесса почвообразования – взаимодействия органической и минеральной составляющей почв.

Элементарные почвенные частицы, агрегаты, новообразования. Исследования почв на субмикро- и микроуровне выявили некоторые особенности организации почвенного материала. Показано, что основными элементами микростроения являются грубообломочный скелет и пустоты, а преимущественной формой распределения глинистых частиц в мелкоземистой основе является диффузная [2, 8]. Анализ показал, что часто в материале между крупными отдельностями скелета формируются микрозоны относительной стабильности сложения минеральной матрицы. Несмотря на гранулярное и плазменно-песчаное микростроение основы, формируются микроучастки глинистой плазмы, обладающие признаками подвижности, аккумуляции, оптической ориентировки и чаще всего не имеющие признаков ожелезнения (рис. 1). Отдельные минеральные зерна покрыты тонкими глинистыми пленками и кутанами, что дополнительно свидетельствует о подвижности глинистого материала в этих микрозонах.

В материале почв зашельфовых оазисов (оаз. Ширмахера, оаз. Бангера) проявляются признаки формирования и перераспределения новообразований карбонатов. Наблюдается агрегация минеральных частиц посредством цементации их микрокристаллическим кальцитом (рис. 2). Редкие отдельные глинисто-карбонатные кутаны по порам также указывают на относительно стабильное микросложение материала. На наличие сезонной динамики выделения карбонатов на поверхностях крупных минеральных отдельностей указывает разнообразие их морфологических форм на верхних и нижних поверхностях (рис. 3а,б).

Признаки взаимодействия органической и минеральной составляющей почв (кроме широко распространенной и ранее описанной аккумуляции частиц детрита на поверхностях минеральных зерен) проявляется в формировании гумусовой плазмы на поверхностях отдельных зерен скелета, находящихся в ризоидальной сфере моховых подушек или контактирующих с талломами альгобактериальных матов (рис. 4). Специфический тип органической плазмы формируется в почвах под гуано птиц. Плазма имеет выраженное потечно-слоистое строение, с отдельными вихреватыми зонами; плотно облекает поверхности минеральных зерен, формируя мощные пленки и образуя зоны компактного сложения скелета. В отдельных микрозонах формируются ее сгустки и стяжения, в периферических частях которых наблюдаются выделения мельчайших кристаллов солей биогенного происхождения – фосфатов и сульфатов (рис. 5). Плазма включает многочисленные гифы и спорангии грибов, колонии одноклеточных водорослей.

Почвенные горизонты и профили. Профили антарктических почв редко имеют мощность более 20-30 см. Они высоко литогенны – каменистость верхних горизонтов 95-98%, убывает книзу до 50-70%; содержание мелкозема возрастает книзу от 1% до 12-20% у контакта с массивной

скальной породой; соотношение физического песка и физической глины в мелкоземе примерно одинаково во всех типах почв – 85-95%/5-15% [1, 4]. Почвенный материал под лишайниковыми сообществами лишен агрегации и микроагрегации. В редких случаях, талломы образующие густую сеть, консолидируют материал поверхностных горизонтов, предохраняя его от коррадирующего ветрового воздействия. Выделение генетических горизонтов, в ряде случаев, возможно лишь по изменению гранулометрического состава, а также по обилию железистых пленок, натеков мелкоземистого материала, покрывающих минеральные отдельности.

При наличии на поверхности почв моховых подушек, растения, развиваясь, облекают крупные фрагменты элювия, а более мелкие (до 1-3 см) оплетаются ризоидальной массой (рис. 6). В последнем случае формируются уникальные агрегаты размером до 2-3 мм, т.н. «бусы» - своеобразный аналог оструктурирования в почвах с участием корневых систем высших растений. В подобных зонах появляется кайма слабой гумусовой пропитки залегающего глубже мелкозема. В почвах под водорослево-бактериальными матами в прибрежной части пульсирующих озер довольно типично развитие почв по солончаковому типу. В них диагностируются темно-серые горизонты сульфидного засоления, сизые оглеенные и ярко-охристые железисто-метаморфические горизонты. В отдельных случаях, при достаточном количестве почвенной влаги и наличии мерзлотного или скального водоупора, строение генетических горизонтов может нарушаться криотурбациями [5].

Особый тип органогенных поверхностных горизонтов почв представляет гуано птиц, на материале которого развивается совершенно специфический тип растительного покрова с преобладанием нитрофильных видов. В развитии почв под гуано ясно наблюдается сукцессионная смена растительного покрова, связанная с уменьшением степени агрессивности свежего гуано в ходе его вымывания, высыхания и промораживания. С течением времени гуано темнеет и образует на поверхности вязкую субстанцию, которая покрывает и связывает верхний горизонт элювия и тем самым предохраняет нижележащие слои от иссушения и выдувания мелкозема суровыми ветрами. В смеси минерального и органического материала часто встречаются фрагменты тканей птиц, их перья и части скелетов, скорлупа яиц и т.п. В данных почвах морфологически наблюдается снижение содержания мелкозема с глубиной, что противоположно большинству почв Антарктики – материал гуано, высыхая, фиксирует на своей нижней поверхности значительное количество пылеватых частиц и мелких зерен минералов, а также предохраняет поверхность элювия пород от интенсивной снежно-ледяной абразии. В случае прекращения существования колонии процессы криогенной сортировки материала

перемещают крупные фрагменты элювия на поверхность, со временем погребая материал гуано.

Крайне редкие случаи пространственной выдержанности сомкнутого растительного покрова (обширные моховые подушки, «ковры» из кустистых лишайников) или зоогенного органического материала («плащи» гуано) встречаются преимущественно в Субантарктике. Но и здесь, степень выраженности органо-минерального взаимодействия невелика – из-за действия лимитирующих факторов природной среды не происходит активного биогенного выветривания почвообразующих пород, формирования устойчивых агрегатов и структур, глубокой минерализации и гумификации органического вещества.

Элементы структуры почвенного покрова. Основной группой почвенных комбинаций, характеризующих структуру почвенного покрова оазисов Антарктиды, является сочетание высококаменистых, испытывающих дефицит влаги почв под лишайниковой растительностью (в т.ч. «эндолитные» почвоподобные тела [6]) на водораздельных и склоновых элементах мезорельефа, на скальных останцах и более увлажненных и обогащенных мелкоземом и органическим веществом почв под мохово-лишайниковыми сообществами и альгобактериальными матами в локальных депрессиях и на скальных ваннах.

Сочетания, в отдельных, благоприятных для развития процессов криогенного массообмена местообитаниях, осложняются комплексностью строения почвенного покрова. Эти комплексы, обусловлены микро-рельефом поверхности, формирующимся при образовании каменных колец и полос криогенной сортировки. В этих случаях, центральные части колец, полигонов и мелкоземистые участки между полосами лишены растительности и, соответственно, почв, а на каменных бордюрах и в полосах стока (зонах транзита талых вод, взвешенного минерального и органического материала) развиваются мощные моховые подушки и таломы кустистых лишайников.

В настоящее время авторами разрабатываются подходы к выделению в антарктических оазисах почвенных мозаик, обусловленных различиями почвообразующих пород – характером поставляемого ими элювия и формирования мелкозема, возможностями его заселения биотой, вододерживающей, агрегирующей способностью и другими важнейшими свойствами, определяющими условия и характер протекающего почвообразования.

Литература

1. Абакумов Е.В. Гранулометрический состав почв Западной Антарктики // Почвоведение. 2010. № 3. С. 324-332.

2. Абакумов Е.В., Гагарина Э.И., Сапега В.Ф., Власов Д.Ю. Микроморфологическая характеристика мелкозема и скелета почв Западной Антарктики (районы расположения российских станций) // Почвоведение. 2013 № 12. С. 1464-1474.

3. Классификация и диагностика почв России. Отв. ред. Г.В. Добровольский. Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

4. Лупачев А.В., Абакумов Е.В. Почвы земли Мэри Бэрд (Западная Антарктика) // Почвоведение 2013 № 10. с. 1167-1180.

5. Мергелов Н.С., Горячкин С.В. Почвы и почвоподобные тела Антарктиды (оазис «Холмы Ларсеманна») // Генезис, география, классификация почв и оценка почвенных ресурсов. Мат-лы научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения Н.М.Сибирцева. VIII Сибирцевские чтения. Архангельск. 2010. С. 38-42.

6. Мергелов Н. С., Горячкин С. В., Шоркунов И. Г., Зазовская Э. П., Черкинский А. Е. Эндолитное почвообразование и скальный “загар” на массивно-кристаллических породах в восточной Антарктике // Почвоведение, 2012. № 10. С. 1027–1044.

7. Bockheim, J. G., Balks, M. R., & Mcleod, M. ANTPAS Guide for Describing, Sampling, Analyzing and Classifying Soils of the Antarctic Region. Earth. ANTPAS. 2006.

8. Kubiena W.L. Micromorphological investigations of Antarctic soils. // Antarctic J. 1970. № 5 (4). P. 105-106.

9. Soil Survey Staff. Keys to Soil Taxonomy (11th edit.). U.S. Dep. Agric., Natural Resources Conserv. Serv. Washington, D.C. 2010. 338 p.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ УАС «АКАДЕМИК ВЕРНАДСКИЙ» И СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ТЕКУЩИЙ ГОД

В.Ф. Маргазинова, Е.К. Иванова

Украинский гидрометеорологический институт ДСНС Украины и
НАН Украины, Киев, nigmi2@yandex.ua

Введение. Климат многих районов планеты претерпевает значительные изменения в течение последних десятилетий под влиянием глобального потепления. Одной из «горячих точек» в Южном полушарии, где рост средних годовых значений приземной температуры воздуха в конце XX века превысил средние глобальные значения в 3-4 раза, явля-

ется станция Академик Вернадский [2]. По данным [3] за последние 50 лет, температура воздуха на станции Фарадей/Академик Вернадский повысилась на $0,56^{\circ}\text{C}$ за десятилетие в течение года; данные статистически значимы. Региональное потепление в немалой степени обусловлено изменением атмосферной циркуляции в Южном полушарии [1, 2].

Материалы исследования. Основными данными для исследования являются данные наблюдений на Украинской антарктической станции (УАС) Академик Вернадский температуры воздуха за период 1996-2013 гг., а также данные станции Фарадей 1951-1995гг. из набора данных проекта READER (<http://www.antarctica.ac.uk/met/READER/data.html>).

Результаты исследования.

Характер современного температурного режима станции Академик Вернадский. По данным станции Академик Вернадский рост средней годовой температуры воздуха превысил 2°C (рис. 1а) к концу периода наблюдений 1951–2013 гг. Однако, если рассмотреть изменение средней годовой температуры воздуха по отдельным десятилетиям, то из рис.1б видно, что они носили различный характер, так в десятилетия 1951-1960 гг. и 1971-1980 гг. линейный тренд средней годовой температуры был отрицательным, в десятилетия 1961-1970 гг., 1981-1990 гг., 1991-2000 гг. и 2001-2010 гг. линейный тренд средней годовой температуры был положительным. Если рассмотреть последние тринадцать лет (рис.1б), то видно, что изменение линейного тренда практически не отмечается, это произошло из-за очень низких температур воздуха, наблюдававшихся за последние три года в зимний сезон 2011 г. и весенний сезон 2013 г.

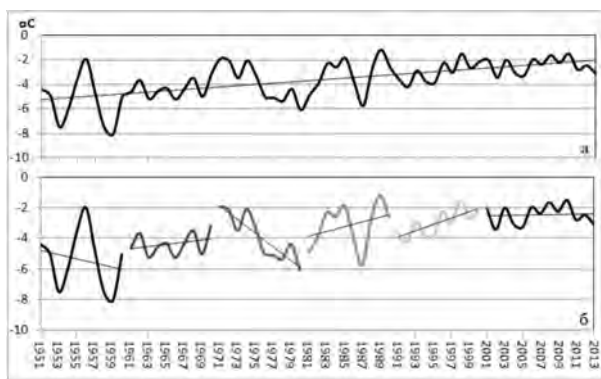


Рисунок 1 – Многолетнее изменение средней годовой температуры воздуха, станция Академик Вернадский

Анализ среднемесячной, максимальной и минимальной температуры станции Академик Вернадский за 1996-2013 гг., показал значения и изменчивость среднемесячной температуры воздуха на протяжении года. Самым теплым месяцем отмечается январь ($T=1,2^{\circ}\text{C}$), самый холодный месяц - август ($T=-6,4^{\circ}\text{C}$). Наименьшая изменчивость температурного режима от года к году отмечается в летнее время (амплитуда около 2°C), наибольшая изменчивость средней месячной температуры воздуха приходится на зимний сезон (амплитуда выше 6°C).

Необходимо отметить, что в отдельные годы температура воздуха абсолютная максимальная и абсолютная минимальная достигают своих критических значений по отношению к значениям всего ряда лет (рис. 2).

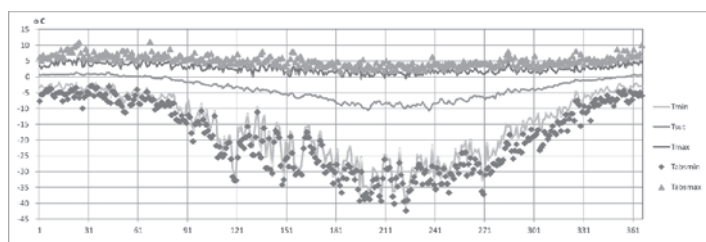


Рисунок 2 – Распределение средней суточной, максимальной и минимальной температуры воздуха 1951-2010 гг. Станция Академик Вернадский

Такое отмечалось, например, в 1977 г., когда $T_{\max}=7,4^{\circ}\text{C}$ и $T_{\min}=-40,4^{\circ}\text{C}$. Как правило, максимальные значения температуры приходятся на первый месяц зимнего сезона, а минимальная температура отмечается в конце сезона. Однако, такое распределение температур указывает на то, что температурный режим внутри зимнего сезона должен быть резко-неустойчивым и формироваться аномальными атмосферными процессами.

Сезонный характер температурного режима станции Академик Вернадский и статистическая модель прогноза температуры воздуха на текущий год.

Для разработки методов долгосрочного прогноза погоды над Антарктическим полуостровом необходимо изучить его современный температурный режим во все сезоны года.

Характер современного климата определяется ансамблем всех погодных условий определенного периода, и тем самым подчеркивает различие между погодой и климатом. Результаты о современном состоянии климата на станции Академик Вернадский периода 1997-2010 гг., полученные в работе [2, 5], показали, что формирование современного климата проходит под влиянием ансамбля погодных условий, которые хорошо разделяются

на три типа. Три типа годового хода температурного режима (рис. 3) были выявлены с помощью классификации по методу "эталон" [4].

Наиболее вероятный первый тип имеет годовой ход температуры воздуха над Антарктическим полуостровом как показано на рис. 3а: теплые процессы летом устойчивы, с положительной аномалией средней месячной температуры воздуха 1–2⁰С. К холодному периоду начинает проявляться более резкая смена средней суточной температуры воздуха от аномально теплых дней к холодным. Особенно резкие перепады температуры воздуха от суток к суткам отмечаются зимой: в отдельные дни температура воздуха может быть около или выше 0⁰С, в другие дни к ночи может опускаться до и ниже -25⁰С. Зимние процессы затяжные и могут отмечаться на протяжении практически всей весны. Этот тип относится к аномально холодным и затяжным зимам.

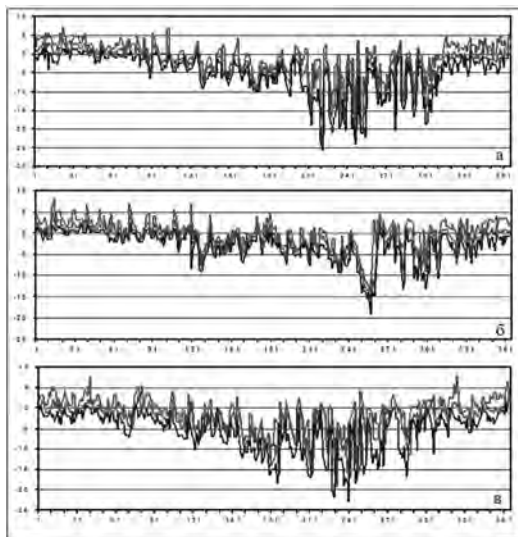


Рисунок 3 – Типы характера изменения температурного режима на протяжении года. Станция Академик Вернадский

Второй тип температурного режима (рис. 3б) заметно отличается от предыдущего класса. Летом имеет температуру выше 0⁰С, т.е. в пределах нормы. К зиме температура начинает незначительно понижаться, изменчивость ее ото дня ко дню остается небольшая и поэтому почти на всем протяжении зимнего периода температура изменяется от 0⁰С до -5⁰С. Как правило, эти зимы являются аномально теплыми. Наибольшие похолодания в отдельные дни до -20⁰С ночью при этом типе отмечаются в первый

весенний месяц. В последующие месяцы температура поднимается, но к лету она остается ниже, чем в предыдущем типе температурного режима.

Третий вид температурного режима (рис. 3в) зимой относится к аномально холодным процессам на протяжении всего года. Летом ночные температуры воздуха могут опускаться ниже -6°C , а понижение температуры до -20°C отмечается с первых дней зимы. Весной температурный режим сохраняет зимний и к летнему периоду остается ниже нормы.

Приведенные эталонные поля позволили определить тип годового хода температуры воздуха на станции Академик Вернадский и построить прогноз на 2013 г. (рис. 4).



Рисунок 4 – Прогнозированный ход температуры воздуха в 2013 г. Станция Академик Вернадский

Была проведена оценка этого прогноза по знаку аномалии температуры и по абсолютным значениям по данным 2013 г. Как показал анализ оценки прогнозируемой и фактической температуры, осредненных 10-дневным скользящим, оправдываемость по знаку аномалии температуры составила $\rho = 0,4$, абсолютная ошибка прогноза - $1,8^{\circ}\text{C}$, что указывает на высокую оправдываемость прогноза хода температуры воздуха в 2013 г. (рис. 5).

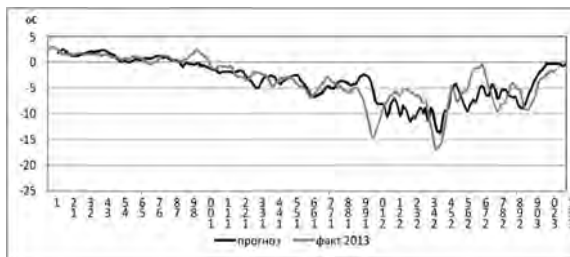


Рисунок 5 – Прогнозированный и фактический ход температуры в 2013 г. (10-дневное скользящее осреднение). Станция Академик Вернадский

Выводы. Выделенная классификация температурного режима позволила разработать статистическую модель прогноза температуры воздуха на текущий год с предсказуемостью до 90 дней и сделать некоторую предсказуемость для долгосрочного прогноза температуры воздуха на станции Академик Вернадский:

- если зима начинается с низких температур воздуха, как в третьем типе, то на протяжении зимнего периода надо ждать преимущественно температуру воздуха около $-(20-25)^{\circ}\text{C}$, но в отдельные дни с большими перепадами за счет резкого повышения температуры воздуха;

- если зима начинается с температур около 0°C , то следует до середины зимы ожидать устойчивый температурный режим в пределах $+5 - -50^{\circ}\text{C}$. Вторая половина зимы может иметь резкие перепады температуры воздуха или продолжать колебаться в пределах температур первой половины зимы;

- температура воздуха в весенний период имеет большую изменчивость и по своим минимальным температурам, как правило, не уступает зимнему сезону до такой степени, что первую половину весны можно определить как продолжение зимы, что видно из второго и третьего типа;

- независимо от того, резко или незначительно меняется температура в зимний период ото дня ко дню, весной амплитуда колебания достигает критических температур как низких, так и высоких;

- самый сложный и стихийный характер отмечается ранней весной. Наиболее спокойным сезоном по температурному режиму можно назвать осень.

Литература

1. Груза Г.В., Ранькова Е.Я., Рочева Е.В. Крупномасштабные колебания атмосферной циркуляции в Южном полушарии и их влияние на изменение климата в некоторых регионах планеты в XX столетии. Метеорология и гидрология. 2007. N. 7. С. 5-17.

2. Мартазинова В.Ф. Атмосферная циркуляция Южной полярной области и климат Антарктического полуострова / В.Ф. Мартазинова, В.Е.Тимофеев, Е.К.Иванова. К.: АВЕРС. 2010. 92с.

3. Turner J, Colwell S.R., J. Marshall G.J. at all. Antarctic Climate Change During the Last 50 Years. Int. J. Climatol. 2005. Vol. 25. P. 279–294.

4. Martazinova V. The Classification of Synoptic Patterns by Method of Analogs // J. Environ. Sci. Eng. 2005. Vol. 7. P.61-65

5. Martazinova V. F., V.S. Maderich, V.E. Tymofeyev, O. Ivanova. Possibilities of long-range forecast of weather conditions over the Antarctic peninsula // УАЖ. 2009. №8. P. 269-281.

ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ. СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗА СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В РАЙОНЕ УАС «АКАДЕМИК ВЕРНАДСКИЙ»

В.Ф. Мартазинова, С.В. Клок

*Украинский гидрометеорологический институт ДСНС Украины и
НАН Украины, Киев, sklok_8@ukr.net*

Введение. Результаты исследований ученых в последние десятилетия демонстрируют существенное увеличение количества, интенсивности, продолжительности стихийных явлений погоды, которые и будут существенным образом определять жизнедеятельность человека в дальнейшем. В связи с этим возрос интерес к работам, посвященным исследованию процессов и явлений, приводящих к указанным явлениям. По данным ВМО, результаты последних наблюдений [5] свидетельствуют о том, что, практически, для всех континентов и большинства океанов на начало нашего века многие естественные системы оказались нарушенными региональными изменениями климата, особенно это касается температуры воздуха. Определенным обобщением современных научных представлений об изменении климата Антарктики за последние 50 лет можно считать работу ученых Великобритании, США, России и Австралии [4], в которой анализ метеорологических данных по 19 станциям дал неоднозначный вывод относительно тенденции изменения климата региона.

Материалы и методы исследования. Исходными материалами, использованными в ходе выполнения работы, являются данные наблюдений за температурой воздуха, атмосферным давлением, скоростью ветра и атмосферными осадками в районе антарктической станции «Фарадей-Академик Вернадский» за период с 1947 по 2011 гг. [6]

Результаты исследования

Экстремальность погодных условий в районе УАС «Академик Вернадский»

Полученная общая кривая распределения экстремальности (рис. 1) характеризуется двумя временными периодами с наибольшим количеством экстремальных погодных явлений (периоды экстремальных погод): с начала периода наблюдений и до 1960-х годов, а также после 1980-х годов прошлого столетия. Температура воздуха активно участвовала в первом из указанных периодов и существенно меньше – во втором. Следует отметить, что первый период по количеству экстремальной погоды

превышает второй, который относится к настоящему времени. К тому же, исходя из данных экстремальных погодных условий, в первом периоде экстремальности приобрели абсолютные значения, которые до конца XX века больше не отмечались [1].

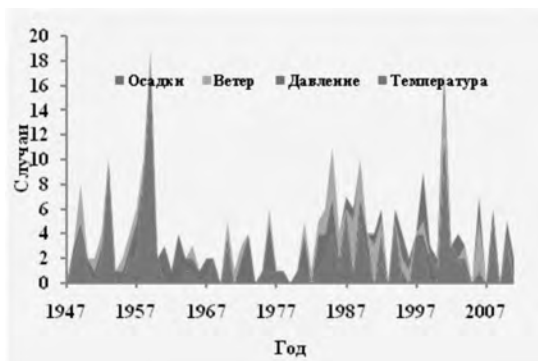


Рисунок 1 – Распределение экстремальности погодных условий в районе УАС «Академик Вернадский» за период наблюдения 1947-2011 гг.

Как видно из рис. 1, на протяжении всего временного промежутка можно отметить небольшое количество лет, в которые не отмечались аномальные погодные условия. К таким "спокойным" годам на станции принадлежат 1969, 1974 и 1979 годы - относятся к периоду 1960-1982 гг. с малым количеством экстремальных погодных условий, а также 1993, 2005, 2007 и 2009 годы.

Последние годы находятся в периоде с увеличенным количеством экстремальных погодных условий, особенно в холодный период года, что хорошо демонстрирует рис. 2.

Следует отметить, что по данным [5] во всем мире или большинству регионов земного шара в последние десятилетия отмечается рост экстремальности и стихийности метеорологических процессов в свете современного глобального потепления, соответственно, отрицать этот факт для территории станции «Академик Вернадский» нельзя.

Статистический прогноз температуры воздуха в районе УАС «Академик Вернадский»

Учитывая столь сложное распределение температуры воздуха по данным наблюдения на станции «Фарадей-Вернадский», нами была рассмотрена возможность реализации схемы прогноза среднегодовой температуры воздуха, используя метод аналогов [2, 3] и осуществлена проверка его оправдываемости на независимом периоде.

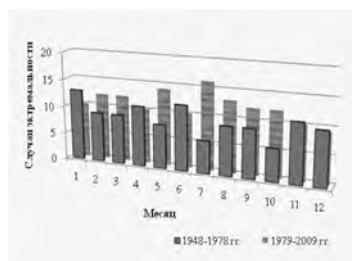


Рисунок 2 – Распределение случаев экстремальности по району УАС «Академик Вернадский» за различные периоды наблюдения

С этой целью мы выделили период температурного ряда 1979-1998 гг., у которого положительный тренд $P=0,48$ (рис. 3). Температуру последующих лет оставим как независимый материал для дальнейшего исследования. Выбранному периоду подбирался аналогичный, смещая его по всему ряду наблюдений с шагом 1 год.

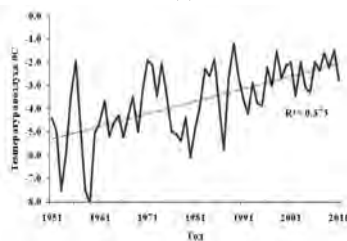


Рисунок 3 – Распределение температуры воздуха в районе антарктической станции «Фарадей-Академик Вернадский» за период 1951-2011 гг.

При этом рассчитывались критерии:

- геометрического подобию:

$$\rho = \frac{n_+ - n_-}{N}$$

где n^+ - количество точек, где знаки отклонений двух рядов совпадают, n^- - количество точек, где знаки двух рядов противоположны (каждый ряд отклоняется от среднего значения ряда), N – количество членов ряда.

- расстояния между кривыми:

$$\eta = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - x_j)^2}$$

где x_i, x_j – значения температуры воздуха в i, j – ом году.

Таким образом, выбранному периоду был подобран аналогичный, который лежит между 1951 и 1979 гг. и существенно отличается по амплитуде, как видно из рис. 4. Поэтому, в дальнейшем вводился коэффициент для приведения амплитуд обеих периодов.

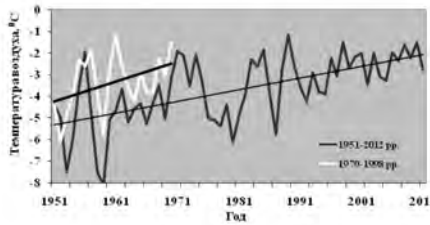


Рисунок 4 – Нахождение аналогичного отрезка с периодом 1979-1998 гг.

Полученные результаты дали возможность разработать и проверить на независимом материале (оставшейся части выборки) прогностическую схему, общий вид которой следующий:

$$T_{N+(k+1)} = T_{N+k} + \frac{(T_{(k+36)} - T_{(k+35)})}{c}, \quad c = \frac{A_j}{A_i}, \quad k=0, \dots, 24.$$

где T_N - температура 2011 г.

В дальнейшем была реализована статистическая схема прогноза среднегодовой температуры воздуха по станции на последующие года, результаты которой демонстрирует рисунок 5.

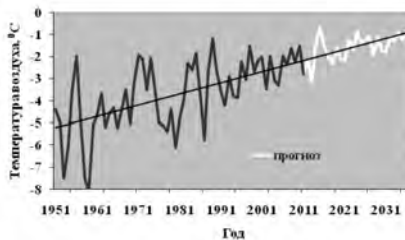


Рисунок 5 – Прогноз среднегодовой температуры воздуха на УАС «Академик Вернадский»

Выводы.

1. В районе УАС выявлено два периода повышенной экстремально-

сти погоды: с начала периода и до 1960-х годов, а также после 1980-х годов прошлого столетия по настоящее время. В первый период отмечалась повышенная экстремальность, в основном за счет температуры воздуха, тогда как во втором периоде все составляющие участвовали в ее формировании. В последние годы наблюдается увеличение экстремальности погодных условий, особенно, за счет зимних месяцев.

2. Полученная статистическая модель прогноза среднегодовой температуры воздуха в районе УАС показывает сохранение положительного тренда температуры в дальнейшем, при этом несколько меньше будет ее амплитуда.

Литература

1. Мартазинова В.Ф. Аномальность погодных условий Антарктического полуострова в районе размещения Украинской антарктической станции «Академик Вернадский» / В.Ф. Мартазинова, С.В. Клок // Науч. тр. УкрНДГМИ. К. 2012. Вып. 262. С. 91–101.

2. Мартазинова В.Ф. Современное и будущее состояние среднегодовой температуры воздуха на Антарктическом полуострове в районе станции «Академик Вернадский» / В.Ф. Мартазинова, С.В. Клок // Географія і сучасність. К. 2013. Вып. 29. С. 68–78.

3. Martazinova V. The Classification of Synoptic Patterns by Method of Analogs // J. Environ. Sci. Eng. 2005. Vol.7. P. 61–65

4. Turner J, Colwell S.R., J. Marshall G.J. at all. Antarctic Climate Change During the Last 50 Years. Int. J. Climatol. 2005. Vol. 25. P. 279–294.

5. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_ru.pdf.

6. <http://www.antarctica.ac.uk/met/READER/surface/stationpt.html>

ПОЧВЫ ОАЗИСА ЛАРСЕМАНН: ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Н.С. Мергелов

Институт географии РАН, Москва, mergelov@igras.ru

В докладе обсуждаются несколько моделей почвообразования в экстремальных условиях оазиса Ларсеманн (Земля Принцессы Елизаветы, Восточная Антарктида), а именно под криптогамными (за исключением бриофитов) и бактериальными комплексами на рыхлых и массивно-кристаллических породах. Почвообразование под моховыми сообществами, как наиболее изученное для Антарктики, намеренно не рассматривается.

Модель почвообразования на рыхлых отложениях под криптогамными и бактериальными биотическими комплексами в отсутствие высших растений. Основные положения:

(а) Мелкоземисто-щебнистые отложения оазиса озерно-ледникового, иногда морского генезиса служат минеральным каркасом для поселения криптогамных организмов (лишайники, водоросли, микроскопические грибы, бриофиты в модели не рассматриваются) и бактерий, литогенный материал предоставляет также ряд экологических услуг по удержанию талой воды снежников, защите от ветра и УФ-излучения, сохранению тепла.

(б) Криптогамные организмы развиваются не на поверхности, а внутри мелкозема или под каменной мостовой (эндоэдафическая и гиполитная ниши), избегая неблагоприятных факторов; поверхностные органо-генные горизонты, подстилки не формируются.

(в) Последовательность макрокопически диагностируемых горизонтов в верхних нескольких сантиметрах субстрата в большой степени объясняется сменой биотических комплексов, например, лишайниковый комплекс сменяется водорослевым, а затем мицелиальным грибным и актиномицетным. Это не «классические» почвенные горизонты, связанные с вертикальным перераспределением продуктов взаимодействия биоты и минералов.

(г) Органическое вещество (ОВ) почв под криптогамными и бактериальными сообществами очень слабо гумифицировано, состоит из мертвой и живой биомассы организмов. По данным макро- и мезоморфологии органо-генные горизонты представляют собой механическую смесь ОВ и зерен минералов. На этом уровне органо-минеральные взаимодействия практически не выявляются.

(д) Биопленки – это основная форма существования криптогамных организмов в почвах оазиса (выявляются на микро- и субмикро уровнях). Они состоят из клеток, погруженных во внеклеточный полимерный матрикс (по данным СЭМ). Это естественная форма развития организмов в субэаральных условиях на минеральных поверхностях, особенно в экстремальных условиях. Биопленки обильно представлены в органо-генных/ органо-минеральных горизонтах почв. Наиболее выраженные биопленки в почвах влажных долин оазиса Ларсеманн - их образуют цианобактерии, зеленые водоросли, мицелиальные грибы и актиномицеты. В горизонтах с максимальной биологической активностью (W, Balgae, Vfungi) практически каждое зерно кварца, полевого шпата, граната или биотита покрыто микроекосистемой пленочного типа.

(е) Измеренные классическими почвенными методами химические, физико-химические и физические свойства субстрата под криптогамными и бактериальными сообществами недостаточно убедительно свидетельствуют о почвенных процессах. Такое же распределение соединений

железа, алюминия, растворимых солей можно встретить в экспонированных ледниковых отложениях. За исключением отдельных непрочно-комковатых (гроздевидных) агрегатов мелкозема, связанных биомассой водорослей, в субстрате отсутствует почвенная структура. Та, что представлена – криогенная или исходно литогенная.

(ж) Основной продукт почвообразования в педогенных образованиях под криптогамными и бактериальными комплексами – это органо-минеральные пленки на зернах минералов. Они выявляются только «тонкими» методами СЭМ, ТЭМ, микрофотографии, рентгеновского микроанализа и т.д. Органо-минеральные пленки являются результатом взаимодействия минерального зерна с биопленками (цианобактериальными, хлорофитными, грибными). Отдельные клетки частично фоссилизированы, минерализации подвергается и внеклеточный матрикс; основным минеральным элементом, входящим в состав органо-минеральных пленок, является кремний. Чистые поверхности некоторых минералов (кварц и полево-й шпат) разительно отличаются от поверхностей, покрытых органо-минеральными пленками, то есть продуктами взаимодействия свежих биопленок и минеральной матрицы. Не редки признаки сильной деградации идиоморфных зерен кварца в пластинчатые формы под воздействием биопленок. В состав органо-минеральных пленок входят преимущественно следующие элементы: С (до 50%), О, Si, Al, Fe, К, Са, Na, Mg. Очевидно, что состав органо-минеральных пленок обусловлен составом биопленок и первичных минералов, с которыми они реагируют.

(з) При взаимодействии биопленок с минеральной поверхностью образуется новый продукт – органо-минеральная пленка. Новообразованные органо-минеральные пленки являются инситу-микрпродуктами почвообразования.

(и) Биопленки как сложные образования создают непрерывный органо-генный слой, обладающий за счет полимерного матрикса принципиально иными свойствами, чем минеральная матрица, например, другой водоудерживающей способностью, химическим составом, рН. Наличие биопленки на минеральной поверхности поддерживает особую геохимическую микросреду, способствующую ускорению или замедлению процессов выветривания. Потенциал биопленки по преобразованию минеральной поверхности крайне велик. рН может локально снижаться до 3,0–4,0 непосредственно в цианобактериальных пленках на минеральных зернах [2]. В других условиях цианобактериальные биопленки способны растворять кварц, локально смещая рН 3,4 до 9,0 [1]. Интегральные показатели рН, которые мы измеряем по стандартной методике, могут оказаться не информативными для описания взаимодействия биопленки с минералом на микроуровне. Почвы влажных долин оазиса Ларсеманн обладают нейтральной

или слабокислой реакцией, если измерять стандартным методом в суспензии. Однако, при анализе морфологии (на СЭМ) и рентгеновском микрозондировании зерен кварца и полевых шпатов из органогенных горизонтов мы видим разные формы органоминеральных пленок, которые указывают на преобразование минералов, в том числе кварца, биопленками. Это не возможно при нейтральной реакции среды, получаемой в суспензии, но возможно, если биопленка локально меняет геохимическую обстановку на микро- и субмикро уровне. Органоминеральные пленки обнаруживаются, но в меньшем количестве, даже в нижележащих, на первый взгляд, строго минеральных горизонтах почв влажных долин оазиса Ларсеманн.

(к) Заключение по модели. Многие твердофазные поверхности Земли на контакте с атмосферой покрыты структурно и функционально сложными экосистемами пленочногоморфотипа, то есть биопленками. Такие экосистемы найдены на поверхности растений (филлосфера и ризосфера), скальных пород, твердофазных частиц рыхлых осадков и почв. Учитывая повсеместное распространение биопленок на минеральных поверхностях в субэаральных условиях, можно утверждать, что они широко представлены в «классических» почвах более умеренных климатов. Но развитие высших растений, большие скорости декомпозиции органического вещества и выветривания минералов, большое количество илестых и пылеватых частиц создают все условия, чтобы такие маскирующие агенты как гумус, глинистые кутаны, железистые пленки делали изучение взаимодействия биопленок и минералов в «чистом» эксперименте крайне сложным. В большинстве случаев почвоведы не изучают органоминеральные образования биопленочного генезиса, обращая, в первую очередь, внимание на гумусово-глинисто-железистые кутаны иллювиирования. В Антарктиде, в том числе в оазисе Ларсеманн, в отсутствии гумуса высших растений, на грубых слабыветрелых субстратах органоминеральные пленки являются основным продуктом инситного взаимодействия литоматрицы и биоты, которая преимущественно организована в форме биопленок.

Модель почвообразования на массивно-кристаллических породах под криптогамными и бактериальными биотическими комплексами в отсутствии высших растений. Основные положения:

(а) Эндолитные организмы, населяющие внутренний объем плотных пород - широко распространённое явление в экстремальных климатических условиях Антарктиды [3], в том числе в оазисе Ларсеманн. Низкая температура, недостаток влаги, корродирующий ветер, интенсивная ультрафиолетовая радиация, поверхностное засоление заставляют живые организмы находить убежище внутри твердых пород (гранитоидов, кварцевых песчаников и др.).

(б) Эндолитная биота первоначально использует трещины в породе, возникшие в результате физического выветривания. Последующее разви-

тие эндолитных организмов способствует ослаблению каменной породы, появлению пустот, в которых активно и деструктивно действуют вода и лед. Физическое и биохимическое выветривание многократно усиливают воздействие друг друга на породу.

(в) Эндолитные организмы (цианобактерии, зеленые водоросли, фотобионтные компоненты лишайников) выступают первичными продуцентами в приповерхностной экосистеме плотных пород. Синтезируемое ими органическое вещество, которое впоследствии преобразовывается эндолитными гетеротрофами (микроскопическими грибами, бактериями), становится важным компонентом поверхностного слоя породы (в пределах 1-2 см). Образование первичного органического вещества идет в основном за счет фотосинтеза; свет проникает через микротрещины и полупрозрачные зерна минералов (например, кварца и некоторых полевых шпатов).

(г) У системы «эндолитные организмы - порода» имеются признаки почвы [4, 5]: 1) слой породы, подвергается воздействию внешних абиогенных факторов, 2) в нем функционируют живые организмы, синтезирующие и разлагающие органическое вещество, 3) в результате воздействия биогенных и абиогенных факторов происходит трансформация исходной породы *in situ*, накапливаются и выносятся продукты трансформации, формируется вертикальная неоднородность в виде пленочных микрогоризонтов, образуется микропрофиль.

(д) «Очаг» биоминеральных взаимодействий – эндолитный органоминеральный горизонт – находится не на поверхности породы, а внутри нее на глубине ~0,5-1 см. Основными продуктами эндолитного почвообразования являются пылевато-песчаный мелкозем и аморфные Fe-Al-Si-C-содержащие пленки и натеки с примесями K, Na, Mg, Ca, S, Cl, откладывающиеся на поверхности трещин внутри породы и нижней части десквамационной плитки, что связано с механическими и окислительными геохимическими барьерами в зонах максимальной аэрации на границах воздух-порода.

(е) Субэральный сегмент скальных пород в оазисе Ларсеманн имеет не герметичный минеральный каркас, который потенциально проницаем для растворенных продуктов эндолитного выветривания и почвообразования. В поверхностной части изученных образцов гранитоидов имеются тонкие разветвленные субвертикальные (2-20 микрон) и более крупные сквозные субгоризонтальные трещины, образующих единую сеть [6].

(ж) Трещинная сеть служит транспортной системой при переносе элементов во внутреннем объеме верхних 1-2 см гранитоида, что позволяет сформироваться дифференциации по элювиально-иллювиальному принципу. Внутри камня закладывается профиль почвы.

(з) Действие эндолитного почвообразования способствует ослаблению каменной породы, появлению пустот, в которых уже могут активно

и деструктивно действовать вода и лед. Чем сильнее проявляется эндолитное почвообразование, тем больше шансов для уничтожения эндолитной почвы, и вероятность того, что в полноценную инситу почву это биокосное образование не превратится. Такой педогенез можно назвать «(само)разрушительным».

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-04-01815.

Литература

1. Brehm U., Gorbushina A., Mottershead D. The role of microorganisms and biofilms in the breakdown and dissolution of quartz and glass // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Vo. 219. Issues 1–2. 2005. P. 117–129.

2. De los Ríos A., Wierzchos J., Sancho L., and Ascaso C. Acid microenvironments in microbial biofilms of Antarctic endolithic microecosystems // *Environmental Microbiology*. 2003. 5(4). P. 231–237.

3. Friedmann E.I. Endolithic microorganisms in the Antarctic cold desert // *Science*. 1982. V. 215. P. 1045-1053.

4. Горячкин С.В., Гиличинский Д.А., Мергелов Н.С., Конюшков Д.Е., Лупачев А.В., Абрамов А.А., Долгих А.В., Зазовская Э.П. Почвы Антарктиды: первые итоги, проблемы и перспективы исследований // *Геохимия ландшафтов и география почв* (к 100-летию М.А. Глазовской). Изд-во МГУ, 2012. С. 361-388.

5. Мергелов Н.С., Горячкин С.В., Шоркунов И.Г., Зазовская Э.П., Черкинский А.Е. Эндолитное почвообразование и скальный "загар" на массивно-кристаллических породах в Восточной Антарктике // *Почвоведение*. 2012. № 10. С. 1-18.

6. Мергелов Н.С., Абросимов К.Н., Корост Д.В., Долгих А.В. Почвы внутри камня: первые результаты микротомографических исследований эндолитных педогенных образований в Антарктиде // *Материалы Всероссийской конференции «Практическая микротомография»*. Почвенный институт им. В.В. Докучаева. Москва, 2013. С. 70-78.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АЭРОЗОЛЯ НАД АНТАРКТИКОЙ

Н.С. Метельская¹, В.П. Кабашников¹, А.П. Чайковский¹, Ф. Голуб²

¹ГНУ "Институт физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси",

Минск, natalliametelska@gmail.com

²Лилльский университет, Лилль

Измерения содержания и свойств аэрозоля в Антарктике проводятся с использованием различных инструментов, в том числе солнечных

фотометров, лидаров, счётчиков частиц, размещённых на наземных станциях, кораблях и аэростатах. Однако полевые измерения ограничены в пространстве и времени, поэтому недостаточны для полного описания распределения содержания аэрозоля и его характеристик. Недостающие данные могут быть получены с привлечением моделирования.

Модель GEOS-Chem [1, 2] представляется наиболее предпочтительной для оценки содержания аэрозоля в атмосфере, поскольку использует заранее рассчитанные метеополы и позволяет рассчитывать химические превращения, что ведёт к улучшению точности моделирования содержания аэрозоля [3].

Модель GEOS-Chem является коллективной собственностью научного сообщества её пользователей. Координируют разработку Гарвардский университет (США) и университет Дальхауз (Канада). Входными данными для модели являются базы данных поступления химических компонентов и аэрозолей в атмосферу и метеорологические данные системы GEOS (Goddard Earth Observing System) [4]. Результатом моделирования является распределение содержания атмосферных примесей в пространстве и времени. Ядро химического механизма включает взаимные превращения озона, оксидов азота и углеводов. Взаимодействие этих компонентов играет ключевую роль в химии тропосферы.

GEOS-Chem позволяет моделировать пространственно-временное распределение основных типов атмосферного аэрозоля: сульфатного, аммонийного, нитратного, сажи (чёрного углерода, гидрофильного и гидрофобного), минеральной пыли, морского соляного аэрозоля тонкой и грубой фракций, аэрозоля на основе органических соединений, в том числе органического углерода (гидрофильного и гидрофобного) и вторичных органических аэрозолей. Используемые базы данных поступления аэрозолей в атмосферу включают антропогенные выбросы, выбросы в результате сжигания биотоплива, горения биомассы, извержений вулканов, поступления из морской воды, выветривания. В модель включены следующие микрофизические процессы: образование частиц, рост, коагуляция, осаждение и вымывание.

Мы моделировали распределение содержания аэрозоля над Антарктикой с использованием версии v9-02 модели GEOS-Chem на основе метеорологических полей GEOS-5 (GEOS-fp для 2013 г.). Расчёты проводились для горизонтальной сетки $4^\circ \times 5^\circ$ и 47 вертикальных слоёв до высоты 80 км.

Результаты расчётов сравнивались с измерениями на станции Гора Вечерняя (67° южной широты, 46° восточной долготы), входящей в сеть AERONET (Aerosol Robotic Network) [5]. В сети AERONET приводятся значения колонной объёмной концентрации (volume concentration) суммарного аэрозоля (другие названия – объёмная концентрация аэрозоля в вертикаль-

ном столбе атмосферы; осаждённый аэрозоль). Эта величина представляет собой толщину слоя аэрозоля, который образуется, если весь аэрозоль, содержащийся в вертикальном столбе атмосферы, опирающемся на площадку единичной площади, осадить на эту площадку. Измерения на станции Гора Вечерняя в последние годы проводились сериями январь – февраль 2009 г., январь – март 2012 г., декабрь 2012 г. – март 2013 г. На рисунке 1 представлены результаты сравнения отдельных измерений колонного содержания суммарного аэрозоля с рассчитанными среднесуточными значениями содержания суммарного аэрозоля для соответствующих дат. Как видно из рисунка 1, рассчитанные и измеренные значения достаточно хорошо согласуются.

На рисунке 2 представлено рассчитанное по модели GEOS-Chem распределение аэрозоля по составу в атмосфере над станцией Гора Вечерняя (усреднение за 2013 г.). Как видно из рисунка 2, основной составляющей является морской солевой аэрозоль, значительную долю составляют сульфаты, нитраты и органические аэрозоли.

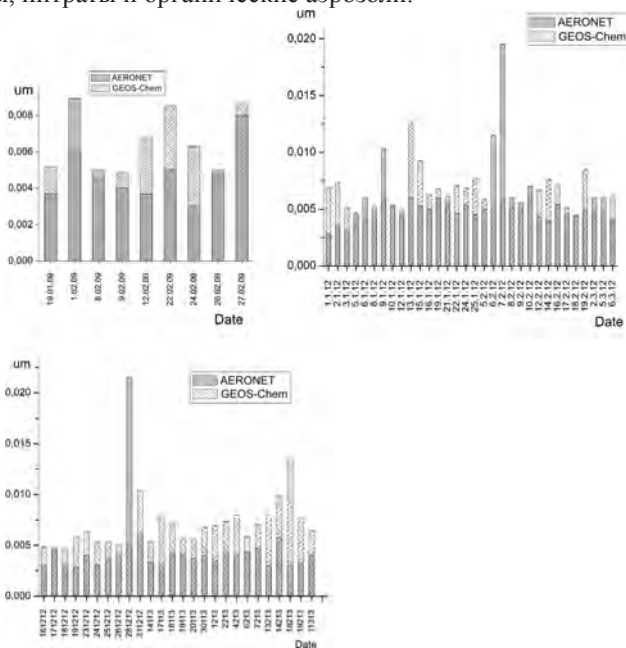


Рисунок 1 – Модельное и измеренное колонное содержание (мкм) суммарного аэрозоля в атмосфере над станцией Гора Вечерняя а – январь – февраль 2009 г.; б – январь – март 2012 г.; в – декабрь 2012 г. – март 2013 г.

На рисунке 3 показано рассчитанное среднемесячное колонное содержание суммарного аэрозоля в атмосфере над станцией Гора Вечерняя. Как следует из расчёта, содержание аэрозоля подвержено сезонным изменениям. В зимний период содержание суммарного аэрозоля приблизительно в два раза больше, чем в летний.

На рисунке 4 проиллюстрированы результаты моделирования распределения колонного содержания суммарного аэрозоля над Антарктикой в зимний и летний периоды. Над сушей аэрозоль распределён достаточно равномерно. Как показали расчёты, среднее колонное содержание аэрозоля над сушей составляет 0.001-0.002 мкм, в прибрежной полосе 0.003-0.005 мкм, над океаном до 0.01 мкм.

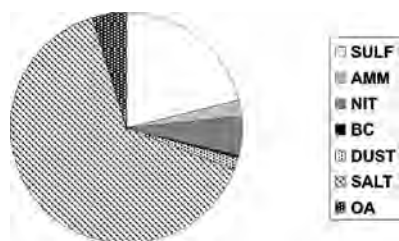


Рисунок 2 – Распределение аэрозоля по составу в атмосфере над станцией Гора Вечерняя (усреднение за 2013 г.)

SULF – сульфатный аэрозоль; AMM – аммонийный аэрозоль, NIT – нитратный аэрозоль; BC – чёрный уголь (сажа); DUST – минеральная пыль; SALT – морской солевой аэрозоль; OA – органический аэрозоль

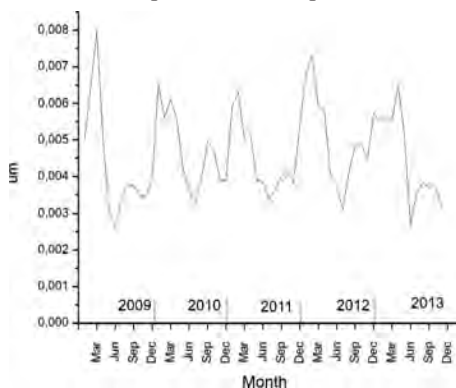


Рисунок 3 – Среднемесячное колонное содержание суммарного аэрозоля (мкм) в атмосфере над станцией Гора Вечерняя (2009–2013 гг.)

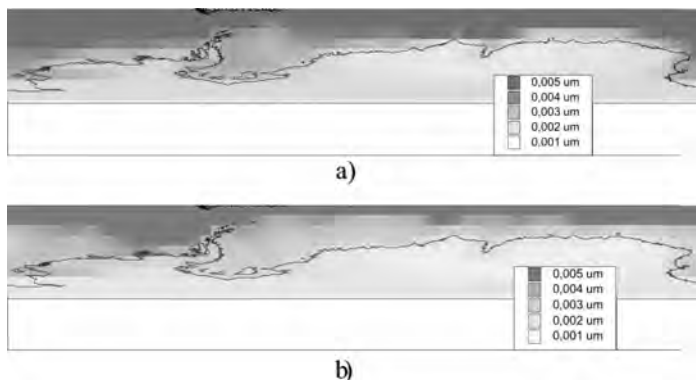


Рисунок 4 – Распределение колонного содержания суммарного аэрозоля (мкм) над Антарктикой
 а – январь 2013 г.; б – июль 2013 г.

Литература

1. Global modeling of tropospheric chemistry with assimilated meteorology: Model description and evaluation / I. Bey [et al.] // J. Geophys. Res. 2001. Vol. 106. P. 23073–23096.
2. GEOS-Chem Model [Electronic resource]. – Mode of access: <http://acmg.seas.harvard.edu/geos>
3. Ma, X. Aerosol direct radiative forcing based on GEOS-Chem-APM and uncertainties / X. Ma, F. Yu, G. Luo // Atmos. Chem. Phys. 2012. Vol.12. P. 5563–5581.
4. GEOS-5 system [Electronic resource]. – Mode of access: <http://gmao.gsfc.nasa.gov/systems/geos5/>
5. AERONET Aerosol Robotic Network [Electronic resource]. – Mode of access: <http://aeronet.gsfc.nasa.gov>.

ДИНАМИКА СТРАТОСФЕРНОГО ОЗОНА НАД АНТАРКТИКОЙ: ОПЫТ, РЕЗУЛЬТАТЫ, ПРОГНОЗ

Г.П. Милиневский, А.В. Грицай, А.М. Евтушевский
*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко
Лаборатория физики космоса, Киев, genmilnevsky@gmail.com*

Изменения общего содержания озона (ОСО) в последние десятилетия носят глобальный характер, но основную тенденцию определяют весенние потери озона в антарктической стратосфере. В конце 1990-х – начале 2000-х площадь озоновой дыры на последнюю декаду сентября составляет в среднем 25 млн. кв. км, т.е. почти вдвое превышает площадь Антарктиды, а дефицит массы озона достигает 35 млн. тонн. Потери озона над Антарктикой вносят существенный вклад в отрицательный глобальный тренд ОСО. Межгодовые вариации приведенных параметров зависят от активности планетарных волн, поэтому ее повышенный уровень, например, в 1988 г. и, особенно, в 2002 г. сопровождался заметным снижением потерь озона [1, 5, 6]. Это связано с влиянием волновой активности на устойчивость стратосферного полярного вихря и длительность его существования. Кроме того, влияние планетарных волн на озоновую дыру проявляется в ежедневных изменениях ее формы и положения относительно полюса и неизбежно отражается на характере локальных вариаций ОСО.

Данные измерений на спектрофотометре Добсона 031/123 на станции Академик Вернадский, расположенной на Антарктическом полуострове, показывают сильную изменчивость уровней ОСО в период озоновой дыры. Такие резкие изменения, привлекли наше внимание к исследованиям вариаций ОСО в районе полуострова и, в частности, отождествления эффектов планетарных волн [3-5]. Мы исследовали вклад динамического фактора (планетарных волн) в изменения ОСО как над станцией Академик Вернадский, так и в масштабах широтной зоны, занимаемой Антарктическим полуостровом. Изучалось также влияние волновой активности в конце зимы на изменения ОСО в весенние месяцы [7].

На станции Фарадей/Академик Вернадский измерения ОСО осуществляются спектрофотометром Добсона с 1956 года. Эта станция, расположенная в нескольких километрах от гористого западного побережья Антарктического полуострова на острове Галиндез (65°15'S, 64°15'W), 6 февраля 1996 года была передана Украине Британской антарктической службой (БАС). Первый опыт наших измерений со спектрофотометром Добсона был приобретен под руководством известного исследователя озонового слоя, одного из открывателей "озоновой дыры" – Джонатана

Шенклина. Географически станция попадает в краевую область озоновой дыры, чем обусловлены значительные изменения уровня ОСО.

Вариации ежедневных значений ОСО над станцией Вернадский, как правило, представляют собой резкие снижения уровня ОСО до 120–150 единиц Добсона (ЕД/ед.Д.) в сентябре–октябре. При этом диапазон дисперсии превышает 200 ЕД. Появление низких и высоких (до 400 ЕД) значений ОСО над станцией в эти месяцы связано с влиянием планетарных волн на положение края озоновой дыры.

Озоновая дыра формируется внутри стратосферного полярного вихря, изолирующего антарктическую стратосферу от среднеширотной стратосферы. Динамическое воздействие планетарных волн, генерируемых в тропосфере, вызывает изменение формы циркумполярного потока и его положения относительно полюса. Это приводит к меридиональным и зональным миграциям деформированного края озоновой дыры.

Все эффекты планетарных волн, наблюдаемые в структуре стратосферного вихря, отображаются и в структуре озоновой дыры. Антарктический полуостров (и станция Вернадский) может оказаться как под внутренней областью озоновой дыры с низким ОСО, так и под среднеширотными массами стратосферного воздуха с высоким ОСО. Одним из событий, показавших масштабность воздействия планетарных волн на динамику ОСО в районе Антарктического полуострова, было развитие периодических колебаний большой амплитуды в ноябре 1999 года (рис. 1).

По измерениям ученых БАС в 1957–1995 гг. и измерениям украинских ученых с 1996 г. (<http://www.antarctica.ac.uk/met/jds/ozone>), мы построили графики многолетних изменений среднегодовых значений ОСО над станцией до прошлого десятилетия (рис. 2). Для трех периодов наблюдений, связанных с заметным изменением состояния озонового слоя над Антарктикой, нанесены линейные тренды. Период “нормального” уровня антарктического озона длился до начала 1980-х. До середины 1990-х происходило интенсивное весеннее истощение озона в южной полярной области, приведшее к глобальному снижению среднегодовых уровней ОСО.

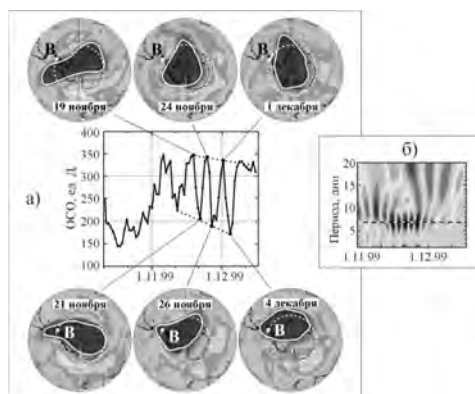


Рисунок 1 – Формирование высокоамплитудных колебаний ОСО над станцией Вернадский в 1999 г. при прохождении бегущих планетарных волн (а) и периодичность колебаний по данным вейвлет-анализа (б)

Начало периода стабилизации и появления признаков восстановления озонового слоя относят к середине – второй половине 1990-х. Такие же тенденции в изменениях ОСО над южной полярной областью отражены и в результатах наблюдений на Антарктическом полуострове на станции Фарадей/Вернадский (рис. 2а).

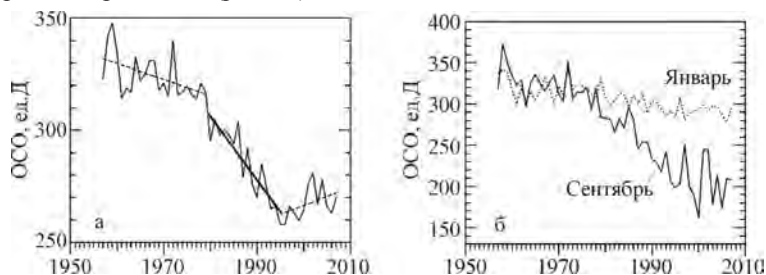


Рисунок 2 – Изменение ОСО над станцией Фарадей/Академик Вернадский в период 1957–2007 гг.: среднегодовые (а) и среднемесячные (б, январь и сентябрь) значения

По среднегодовым данным уровень ОСО над станцией в 1981–1995 гг. уменьшился на 50 ЕД. Весенний минимум ОСО на широте станции обычно наблюдается в сентябре–октябре. Рис. 2б показывает разницу в темпах весеннего (сентябрь, сплошная линия) и летнего (январь, пунктир) снижения ОСО.

Крупномасштабные атмосферные возмущения – планетарные волны – широко исследуются на протяжении последних десятилетий [8]. Бегущая составляющая планетарных волн, распространяясь в атмосфере, вызывает периодические вариации атмосферных параметров, регистрируемые в определенном пункте наблюдений (пример в ОСО на рис. 1). Существует также стационарная составляющая волнового возмущения, которая обуславливает сравнительно устойчивое пространственное распределение характеристик атмосферы с волнообразной структурой в горизонтальном или вертикальном направлениях. В антарктической стратосфере в весенний период доминируют волны с низкими зональными волновыми числами $m=1$ и $m=2$, преобладающей обычно является первая гармоника [8]. Это влечет за собой зональную асимметрию в стратосфере – наличие одного максимума и одного минимума, расположенных в приблизительно противоположных долготных секторах и формирующих региональные отличия условий в атмосфере.

Волновые возмущения планетарного масштаба четко выражены в долготном распределении ОСО. На рис. 3 показано распределение озона вдоль параллели 65°S . Видно преобладающее влияние волны $m=1$ с одним минимумом ОСО вблизи нулевого меридиана и одним максимумом в противоположном долготном секторе.

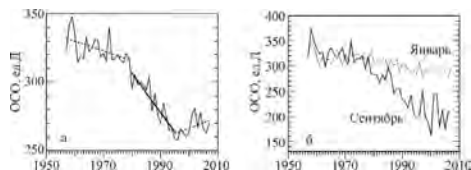


Рисунок 3 – Пример усредненного за сентябрь – ноябрь 1996 г. долготного распределения ОСО над Антарктическим регионом по данным TOMS вдоль параллели 65°S

Таким образом, в весенние месяцы основной вклад в изменчивость зонального распределения ОСО на широтах $50\text{--}80^{\circ}\text{S}$ вносит устойчивое смещение озоновой дыры относительно полюса ($m=1$). Это приводит к образованию квазистационарного зонального минимума ОСО чаще всего в атлантическом долготном секторе, вблизи нулевого меридиана.

Для исследования многолетних тенденций в положении экстремумов (максимума и минимума) квазистационарной волны были получены статистические характеристики усредненного за сентябрь – ноябрь долготного распределения. Долговременной тенденцией в положении экстремумов является сдвиг в восточном направлении. Среднее смещение зонального минимума за период 1957–2007 гг. составляет 45° по долготе. Такие изменения в фазе планетарных волн в нижней стратосфере могут быть связаны с условиями во внутритропической атмосфере: с изменением интенсивности зональной циркуляции и с обратным влиянием на распространение планетарных волн асимметрии в озоне и нагреве стратосферы, вызванной квазистационарными волнами.

Сценарии оценок CCMVal-2 [2] по данным моделирования предполагают продолжение смещения указанного минимума в ОСО в течение текущего столетия, но оно будет происходить под влиянием эффектов восстановления озонового слоя. Прогноз процессов изменения ОСО над Антарктикой на промежутке до конца 21-го столетия по результатам моделирования с учетом зональной асимметрии ОСО показывает задержку восстановления озонового слоя над морем Уэдделла (минимум озона) примерно на 20 лет на широте 60°S относительно модели со среднезональным уровнем ОСО. С другой стороны, мы ожидаем более раннее восстановление общего содержания озона до уровня 1980 года в районе Восточной Антарктики (максимум озона) по сравнению с моделью без учета зональной асимметрии.

Исследования поддержаны Киевским национальным университетом имени Тараса Шевченко, тема 11БФ051-01, и проектом FORCeS № 4012 Австралийской антарктической службы.

Литература

1. Charlton A.J., O'Neill A., Lahoz W.A., Berrisford P. The splitting of the stratospheric polar vortex in the Southern Hemisphere, September 2002: Dynamical evolution // *J. Atmos. Sci.* 2005. Vol. 62. No. 3. P. 590-602.
2. Eyring V., Cionni I., Bodeker G. E., et al. Multi-model assessment of stratospheric ozone return dates and ozone recovery in CCMVal-2 models // *Atmos. Chem. Phys.* 2010. Vol. 10. P. 9451-9472.
3. Grytsai A., Grytsai Z., Evtushevsky A., Milinevsky G., Leonov N. Zonal wave number 1–5 in planetary waves from the TOMS total ozone at 65°S // *Ann. Geophys.* 2005. Vol. 23, No. 5. P. 1565-1573.
4. Grytsai A.V., Evtushevsky O.M., Agapitov O.V., Klekociuk A.R., Milinevsky G.P. Structure and long-term change in the zonal asymmetry in Antarctic total ozone during spring // *Ann. Geophys.* 2007. Vol. 25. No. 2. P. 361-374.
5. Grytsai A.V., Evtushevsky O.M., Milinevsky G.P. Anomalous quasi-stationary planetary waves over the Antarctic region in 1988 and 2002 // *Ann. Geophys.* 2008. Vol. 26, No 5. P. 1101-1108.

6. Jadin E.A., Kondratyev K.Ya., Bekoryukov V.I., Vargin P.N. Influence of atmospheric circulation variations on the ozone layer // International Journal of Remote Sensing. 2005. Vol. 26. No. 16. P. 3467-3478.

7. Kravchenko V., Evtushevsky O., Grytsai A., Klekociuk A., Milinevsky G., Grytsai Z. Quasi-stationary planetary waves in late winter Antarctic stratosphere temperature as a possible indicator of spring total ozone // Atm. Chem. Phys. 2012. Vol. 12. P. 2865-2879.

8. Quintanar A.I., Mechoso C.R. Quasi-stationary waves in the Southern Hemisphere. Part I: Observational data // J. Climate. 1995. Vol. 8. No. 11. P. 2659-2672.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕТАБОЛИЗМ АНТАРКТИЧЕСКОЙ САЛЬПЫ (SALPA THOMPSONI FOXTON) В ГЕТЕРОГЕННОМ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Н.И. Минкина, Э.З. Самышев

*Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского,
Севастополь, niminkina@yandex.ru*

В Антарктике с 70-х годов и по настоящее время наблюдается инвазия желетелого планктонного организма - сальпы *Salpa thompsoni* Foxton - в основу ареала крыля южнее 60° ю.ш., сопровождающаяся катастрофическим возрастанием ее численности. Последнее вызывает законную тревогу, поскольку пищевая активность туникат высока, а пищевые спектры этих объектов совпадают [8, 10, 12]. Сальпы – пелагические туникаты, имеющие сложный жизненный цикл, который состоит из перемежающихся генераций полового (колониальные формы, или бластозоиды) и бесполого (одиночные формы, или оозоиды) размножения. Нами было показано, что две генерации различаются не только морфологически, но и уровнем энергетического обмена (ЭО) [8, 10, 12]. По типу питания сальп относят к неизбирательным фильтраторам, эффективно захватывающим частицы в широком спектре размеров. Обладая высокой плодовитостью, темпом роста и скоростями фильтрации, сальпы способны давать резкие «вспышки» численности, образуя плотные скопления [8, 12].

В ходе двух Украинских Антарктических экспедиций нами проведены экспериментальные исследования ЭО *S. thompsoni* при разных сценариях развития антарктического планктонного сообщества, наблюдавшихся в некоторых районах Атлантической части Антарктики в ранне-весенний период (в 1998 г. у о. Мордвинова, Южных Оркнейских о-вов и в 2002 г. в

проливе Брансфила). Целью исследований являлось выявление состояния популяции сальп при различных кормовых условиях.

С этой целью нами был разработан метод биологического мониторинга популяций зоопланктона на основании оценки пространственной изменчивости уровня их энергетического обмена в условиях гетерогенной среды, включающий схему экспериментов и метод анализа результатов (метод «благополучия пелагиали») [3]. Изучение ответной реакции популяций гидробионтов предполагает охват протяженных акваторий, но пространственная изменчивость измеряемых величин их ЭО остается не изученной. Данные о суточной и сезонной изменчивости уровня дыхания зоопланктеров как на организменном, так и на популяционном уровнях практически отсутствуют. Пространственная вариабельность ЭО гидробионтов остается «белым пятном» в экосистемных исследованиях, где важно оценить, каково суммарное воздействие среды обитания (пелагиали) на физиологическое состояние популяций массовых видов планктонных организмов, в том числе и туникат. Не менее важным является решение и обратной задачи: на основании оценки физиологического состояния популяций массовых видов планктона, т.е. оценки «парциальной активности» популяций, выявить области обследуемой акватории, «не благополучные» с точки зрения экологии. К таковым относятся водные массы, подверженные загрязнению или неблагоприятным, порой катастрофическим, изменениям в их сообществах, связанным с биотическими факторами (например, массовыми вспышками численности местных видов или видов-вселенцев).

Подробно схема экспериментов описана в работе [5]. Динамика потребления кислорода сальпами в опытах непрерывно регистрировалась с помощью полярографических датчиков, что позволило судить о наличии стресса и избежать связанных с этим погрешностей. Метод анализа результатов предполагает исключение составляющих дисперсии измеряемых при постоянной температуре величин интенсивности дыхания, связанных с условиями опытов. К таковым мы относим экспериментальную плотность популяции животных, выраженную в единицах массы [4, 9] и суточный ритм жизнедеятельности, присущий конкретному виду. В целях сравнения корректно использовать только значения интенсивности дыхания организмов, пересчитанные для постоянной величины концентрации массы C_0 , в качестве которой было выбрано близкое к минимальному значению диапазона (рис. 1). Рассчитаны зависимости приведенной интенсивности дыхания сальп (R_0/W) от сырой массы тела (W): $R_0/W=49.07 W^{0.04}$ (число опытов $N=43$) для одиночных форм и $R_0/W=25.77 W^{0.07}$ ($N=13$) для колониальных. Суточные ритм дыхания оценивался по выборке) полученных в разное время суток величин приведенной интенсивности дыхания сальп [4, 5]. Обе формы проявляли сходный суточный ритм дыхания. При приведенной плотности посадки животных в экспериментальные сосуды, равной 3 г сырой массы *л⁻¹, независимо от индивидуальной

массы тела их среднесуточная величина энергетического метаболизма составила $79.5 \text{ мкг O}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ у оозоидов и $41.5 \text{ мкг O}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ у бластозоидов (рис. 2). Эти значения принимаются за «норму» для данной формы сальп или соответствуют 100% в расчетах. Влияние гетерогенности среды обитания данного вида описывается оставшейся компонентой изменчивости интенсивности ЭО. Расчеты пространственного поля изменчивости ЭО сальп на обследованных полигонах приводятся в [6]. Ряды величин и вектор отклонений от статистической «нормы», рассчитываемые в узлах сетки станций, позволяют строить поля пространственной неоднородности уровня энергетического метаболизма массовых видов планктонных животных. Анализ и согласование полей различных океанографических и биологических характеристик является традиционной задачей океанологии.

При анализе этих полей выявлены области и причины ингибирования и успешной жизнедеятельности их популяций при разных сценариях развития планктонного сообщества. При благоприятных физико-химических условиях вектор и величина отклонения ЭМ сальп в океанической зоне зависит от обеспеченности желетелых кормом. Яркая выраженность этой связи у сальп обусловлена чрезвычайно высокой интенсивностью их питания, на порядок превосходящей рациона других массовых гетеротрофов в планктоне. Позитивные значения отклонений ЭМ сальп наблюдались в динамически активной зоне в районе о. Мордвинова [2] (рис. 3 II). Основным фактором, ингибирующим жизнедеятельность сальп (отрицательные отклонения), является дефицит пищи, имеющий место во время зимней и ранне-весенней фазы сукцессии планктонного сообщества или в результате механического сгущения желетелых в стационарированных вихрях, образующихся в узостях проливов или на мелководьях вследствие изрезанности береговой линии (в проливе Брансфилда (рис. 3 I), у о-вов Южно-Оркнейских и Кинг Джордж) [6]. Выявленные связи представляют интерес как для понимания механизма саморегуляции сообществ в антарктическом планктоне, в том числе – проникновения сальп в высокие широты, так и коррекции балансовых расчетов потоков вещества и энергии в антарктической зоне.



Рисунок 1 – Связь интенсивности дыхания салп R/W с концентрацией живой массы в респиromетрах при температуре 3°C . Здесь и на рис. 2: I – одиночные формы, II – колониальные (Минкина, Самышев, 2004).
 1 – $R/W = 161.22 C_w^{-0.84}$, $r^2=0.447$; 2 – $R/W = 85.38 C_w^{-0.91}$, $r^2=0.59$; 3 – рассчитана по данным T.Ikeda (1974) для 6 видов туникат: $R/W = 7.23 C_w^{-0.69}$, $N=15$, $r^2=0.817$; 4 – рассчитана по данным Е.В.Павловой для средиземноморских *S. maxima* (1975): $R/W = 40.21 C_w^{-0.57}$, $N=20$, $r^2=0.885$

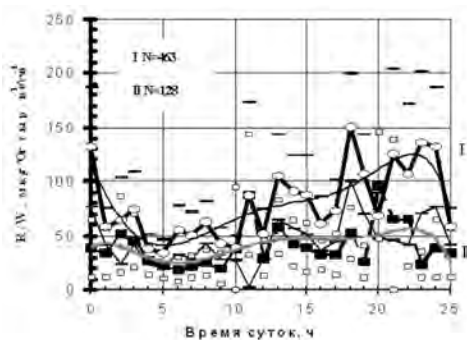


Рисунок 2 – Суточный ритм интенсивности дыхания при температуре 3°C у одиночной (I) и колониальной (II) форм *S. thompsoni*, рассчитанный для выбранной постоянной концентрации живой массы в опытах $C_{wo}=3 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$. Принимается за «норму» или 100%. Приведены объемы выборок (N) и доверительные интервалы для 90% уровня значимости

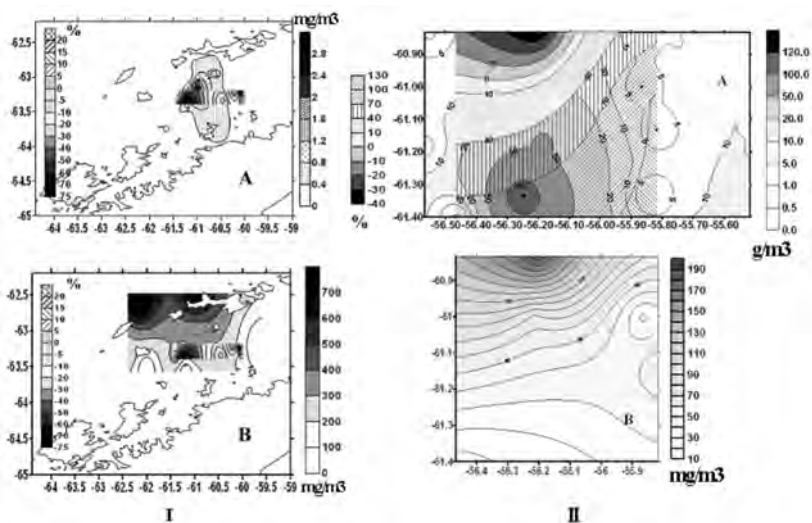


Рисунок 3 – Уровень энергетического обмена (ЭО) *Salpa thompsoni* в зависимости от обеспеченности пищей в слое 0-100 м. I - в проливе Брансфилда (март-апрель 2002 г.) (Минкина, Самышев, 2009), II - на полигоне у о. Мордвинова (март 1998 г.). Справа – шкалы распределения биомассы сальп (А) и фитопланктона (В) (по Л.В. Кузьменко (2004) (I) и Ю.В. Брянцевой (II)). Слева – шкалы пространственной вариабельности ЭО сальп в % отклонения от статистической «нормы»

Литература

1. Кузьменко Л.В. Фитопланктон западной части пролива Брансфилда // Укр. антарктический журнал. 2004. №2. С. 125-137.
2. Ломакин П.Д., Самышев Э.З. Океанографические условия в районе Южных Шетландских островов в марте-апреле 1997, 1998 г.г. и их влияние на распределение криля и сальп // Океанология. 2004. Т. 44. № 6. С. 882-891.
3. Минкина Н.И. Пространственная вариабельность уровня энергетического обмена зоопланктона (методика оценки) // Системы контроля окружающей среды. Средства, модели и мониторинг: сб. науч. Трудов /НАН Украины, Морск. гидрофиз ин-т.: Севастополь. 2007. С. 318-324.
4. Минкина Н.И., Павлова Е.В. Суточные изменения интенсивности дыхания гребневика *Mnemiopsis leidyi* в Черном море // Океанология. 1995. Т. 35. № 2. С. 241-245.

5. Минкина Н.И., Самышев Э.З. Интенсивность энергетического обмена у антарктических сальп // Системы контроля окружающей среды. Средства и мониторинг: Сб. науч. тр. / НАН Украины, Морск. Гидрофиз. Ин-т.: Севастополь. 2004. С. 238-245.

6. Минкина Н.И., Самышев Э.З. Опыт оценки пространственной неоднородности энергетического обмена планктонных животных на примере Черного моря и Антарктики // Системы контроля окружающей среды. Средства, информационные технологии и мониторинг: Сб. науч. тр. / НАН Украины Морск. Гидрофиз. Ин-т.: Севастополь. 2009. С. 360-369.

7. Павлова Е.В. Метаболизм средиземноморского зоопланктона / Биологическая структура и продуктивность планктонных сообществ Средиземного моря. Киев: Наук. думка. 1975. С. 124 -144.

8. Самышев Э.З. Сальпы в Атлантической части Антарктики (АЧА): состав, обилие и распределение в 1998 г. // Бюлл. Укр. Антарктич. центра. 2000. Вып. 3. С. 237-240.

9. Хайлов К.М., Празукин А.В., Минкина Н.И., Павлова Е.В. Концентрация и функциональная активность живого вещества в сгущениях разного уровня организации // Успехи соврем. биол. 1999. Т. 119. № 1. С.3–14.

10. Foxton P. The distribution and life history of *Salpa thompsoni* Foxton with observation on a related species, *Salpa gerlachei* Foxton // *Discovery Rep.* 1966. Vol. 21. № 4. P. 1-116.

11. Ikeda T. Nutritional ecology of marine zooplankton // *Mem. Fac. Fish. Hokkaido. Univ.* 1974. Vol. 22. P. 1-97.

12. Pakhomov E.V., Dubishar C.D., Strass V., Brichta M., Bathmann U.V. The tunicate *Salpa thompsoni* ecology in the Southern Ocean. I. Distribution, biomass, demography and feeding ecophysiology // *Mar. Biology.* 2006. Vol. 149. P. 609-623.

ПИТАНИЕ АНТАРКТИЧЕСКОГО КЛЫКАЧА *DISSOSTICHUS MAWSONI* (PISCES: NOTOTENIIDAE) В МОРЕ РОССА В ПРОМЫСЛОВЫЕ СЕЗОНЫ 2013-2014 ГГ.

Н.А. Мисарь

Южный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии Керчь, yugniro@kerch.com.ua

Антарктический клыкач *Dissostichus mawsoni* является наиболее ценным и перспективным промысловым видом рыб в Антарктике. До настоящего времени антарктический клыкач является мало изученным видом, что связано с огромным ареалом, короткими сроками и тяжелыми условиями его лова. Представленная работа включает результаты исследований по основному рациону питания антарктический клыкача в районе его международного промысла в море Росса (статистический подрайон 88.1).

В море Росса на участках и «В», «С», «Н», «I», «J» и «К» (разделение статистических подрайонов на участки в рамках АНТКОМ) наблюдаются различия в степени наполнения желудка пойманного антарктического клыкача. На участках «В» и «С» наполнение желудков ниже, чем на участках «Н», «I», «J» и «К». С увеличением средних баллов наполнения желудков наблюдалось увеличение средних уловов клыкача за сутки лова на различных промысловых участках. На всех участках моря Росса доминирующими объектами в питании клыкача являются глубоководные рыбы из семейства Macrouridae (*Macrourus whitsoni*, *Macrourus caml*), рыбы семейства Channichthyidae, в основном, ледяная рыба Девитта *Chionobathyscus dewitt* и виды из семейств Muraenolepididae и Nototheniidae. Всего в желудках клыкача было обнаружено 21 видов рыб. Из головоногих моллюсков важную роль в питании клыкача играет ледяной кальмар *Psychroteuthis glacialis*. Среди ракообразных на южных участках доминирует креветка *Notocrangon antarcticus*. Другие бентосные беспозвоночные попадают в желудок клыкача случайно и не являются пищей.

Рыбы семейства Nototheniidae в основном *Trematomus loennbergi* преобладали в пище клыкача на шельфе у ледника Росса на участке «J и L». На этом участке важную роль в питании клыкача играла креветка *Notocrangon antarcticus*. Средние баллы наполнения желудков на различных участках промысла положительно коррелировали со средними уловами за сутки лова.

В трофической цепи моря Росса антарктический клыкач занимает одно из высших звеньев потребляя высокоширотные виды рыб, головоногих моллюсков и ракообразных. Он имеет широкий спектр кормовых организмов и обладает достаточной пластичностью в питания, что обеспечивает ему стабильную кормовую базу.

МАЛОИЗУЧЕННЫЙ ЗУБАТЫЙ КИТ АНТАРКТИКИ – КОСАТКА (ORCINUS ORCA LINNAEUS, 1758)

Ю.А. Михалёв

Южно-Украинский национальный педагогический университет имени К.Д. Ушинского, Одесса, yuriy-mikhalev@rambler.ru

Косатки как хищники, несомненно, играют существенную роль в экосистемах вод Южного полушария. Активный промысел на них не велся. Они добывались лишь изредка, попутно с основным промыслом китов. Поэтому до настоящего времени косатки остаются сравнительно малоизученными животными. Некоторые сведения об их распределении, размерах и чертах биологии приведены в работах [1-4]. Различия косаток в водах Антарктики по размерам зубов отметили Берзин А.А. и Владимиров В.Л. (1982), а различия формы белого овального пятна на теле косаток описали Питман Р. и Энзор П. (Pitman R.L., Ensor R., 2003).

Нами обработаны данные по 323 косаткам, добытым на одесских китобойных флотилиях "Слава" и "Советская Украина". А также результаты наблюдений с научно-поисковых китобойных судов этих флотилий (рис. 1).

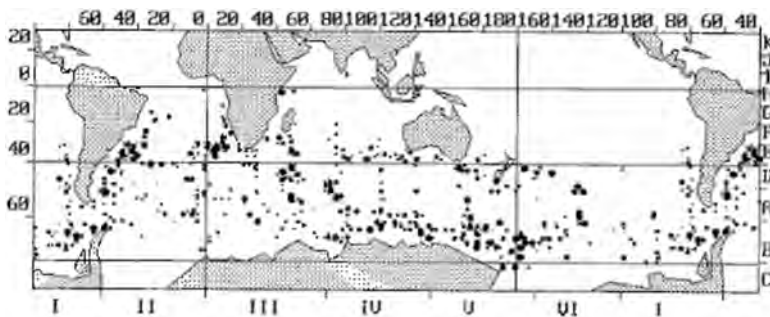


Рисунок 1 – Карта распределения косаток в Южном полушарии

Анализ распределения косаток показал [6] что в ноябре они чаще отмечались вдоль побережья Бразилии и Аргентины, в р-не о-вов Тристада-Кунья и Крозе. В декабре косатки чаще отмечались у о-вов Сен-Поль и Амстердам, а также наблюдались у побережья Новой Зеландии и Тасмании. Часть косаток в декабре проникает и в более высокие широты, а в январе мигрирует в Антарктику уже основная масса косаток. Наибольшие скопления отмечены в море Содружества, Росса и Беллингаузена. В феврале косатки постоянно встречаются на акватории от о-вов Баллени до Антарктического

п-ва. В марте идет откочевка на север в 30-е и 40-е широты, где они встречаются также в апреле и мае. Наиболее многочисленные скопления отмечены в р-не Рио-Гранде, на банке Обь, в заливе Прудс и в море Росса [5].

Анализ желудков 231 добытых косаток показал, что в антарктических водах основу их пищи (54%) составляют малые полосатики. Севернее же 50°ю.ш. малые полосатики служат им пищей только в 30% случаев. Остальную пищу составляют мелкие зубатые киты, ластоногие и рыбы.

Размеры 205 исследованных самцов варьировали от 4,5 м до 9,0 м при средней длине 7,26 м, а размеры 118 самок – от 3,7 м до 7,7 м при средней длине 6,42 м. Анализ веса семенников показал, что резкое увеличение их массы происходит при длине тела животных 7,1-7,5 м. Но наблюдается заметное увеличение массы семенников и в размерном классе 6,1-6,5 м. Аналогичная зависимость выявлена и при анализе веса яичников. Эти обстоятельства позволили предположить существование среди косаток более короткотелой разновидности, что нашло свое подтверждение при анализе числа следов беременности и овуляции на яичниках самок. Оказалось, что у самок длиной 5,6-6,0 м таких следов даже несколько больше (!), чем у самок на полтора метра длиннее (рис. 2).

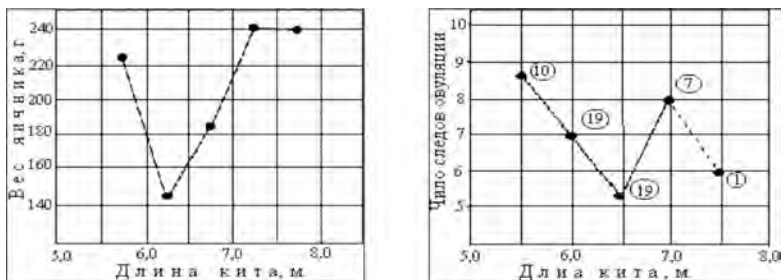


Рисунок 2 – Изменение массы яичников (а) и числа следов овуляции (б), в зависимости от длины самок косаток

Важно отметить, что в январе-феврале половозрелые короткотелые косатки добывались в районе моря Амундсена в течение не одного, а нескольких сезонов. Весной же и в начале лета они встречались у аргентинского побережья и в проливе Дрейка у берегов Земли Грейяма (рис. 3).

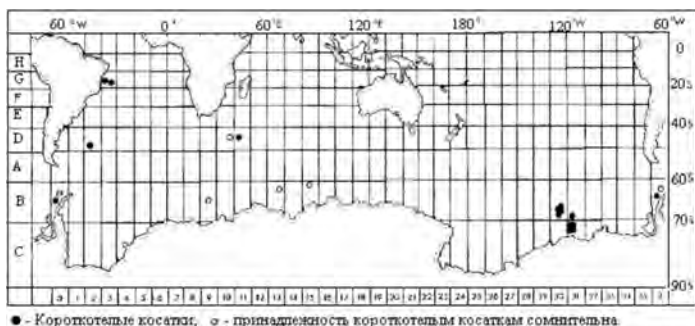


Рисунок 3 – Карта распределения короткотельных косаток

Для выявления различий в пропорциях частей тела было измерено 19 обыкновенных и 5 короткотельных самок косаток. Мы сознаем, что выборка слишком маленькая. Тем не менее, видно, что у короткотелой формы пропорции головы относительно большие, а грудные плавники крупнее, чем у обыкновенной косатки. Спинной плавник также больше, и слегка смещен ближе к голове. Хвостовая часть короче, а хвостовые лопасти относительно крупнее (табл. 1).

Таблица 1 – Стандартные промеры тела косаток (в процентах к зоологической длине)

Промеры тела	Обыкновенная косатка	Короткотелая косатка
от конца рыла до начала дыхал	11,70±0,23	12,40±0,47
от конца рыла до угла рта	9,40±0,26	9,67±0,30
от конца рыла до центра глаза	10,40±0,26	10,94±0,42
высота спинного плавника	10,40±0,34	10,84±0,68
длина спинного плавника	10,20±0,35	11,34±0,58
от конца рыла до спинного плавника	41,50±0,90	37,99±3,04
от развилки хвостовых лопастей до спинного плавника	49,50±1,24	51,57±3,89
малая длина грудного плавника (до пазухи)	10,64±0,31	11,64±0,39
большая длина грудного плавника	7,90±0,21	8,29±0,26
длина хвостовой лопасти	12,60±0,25	13,11±0,60
ширина хвостовой лопасти	8,00±0,79	8,33±0,43

Различия в средних размерах одновозрастных животных, в пропорциях их тела, в размерах при наступлении половой зрелости. Четкие различия в средней массе половых желез и количестве следов беременности и овуляции на яичниках при одной длине самок, а также обособленность района их обитания, позволяют заключить, что в Южном полушарии существует не один, а два вида косаток: обыкновенная - *Orcinus orca* Linnaeus, 1758, и короткотелая *Orcinus pana*. Совершенно ясно, что косатоки Южного полушария, по сравнению с промысловыми видами китов этого региона, еще изучены слабо и сделанные выводы нуждаются в подтверждении на большем материале.

Литература

1. Будыленко Г.А. Распределение мелких китообразных в Южной Атлантике. – Морские млекопитающие. Тезисы докладов 7-го Всес. Совещ., Москва, 1978. С. 50-52.
2. Дорошенко Н.В. О взаимоотношениях косатки и малого полосатика (хищник-жертва) в Антарктике. – Морские млекопитающие. Тезисы докладов 7-го Всес. Совещ., Москва, 1978. С. 107-109.
3. Слепцов М.М. Косатки Южного полушария. – Морские млекопитающие, Изд-во Наука, Москва, 1965. С. 53-59.
4. Томилин А.Г. Китообразные. Звери СССР и прилежащих стран, т. 9. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. 756 с.
5. Mikhalev Yu.A. Occurrences and distribution of cetaceans in the Pacific sector of the Antarctic Regions to the results of observations, 1973/74 and 1974/75 seasons. Cambridge: Rep. int. Whal. Commn., 1978. 28. P. 263-267.
6. Mikhalev Ju.A., Ivashin M.V., Savusin V.P., Zelenaya F.E. The Distribution and Biology of Killer Whales in the Southern Hemisphere. – Cambridge: Rep. Int. Whal. Commn., 1981. N 31. P. 551-566.

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА УКРАИНСКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «АКАДЕМИК ВЕРНАДСКИЙ»

Е. В. Моисеенко, Л. С. Глоба, А. Е. Берёзкина, Т. А. Калюжная
*Национальный антарктический научный центр Госинформнауки
Украины, moiseyenkoev@gmail.com*

Введение. Украинская станция «Академик Вернадский» расположена в Антарктике на маленьком острове (65°15' юж. ш., 64°15' зап. д.). Геологическая структура прилегающей территории не имеет ровных площадок для воздушного транспорта и удобных бухт для подхода морских судов. Природные

условия позволяют выполнять замену экипажа станции только один раз в год (антарктическим летом) и проводить кратковременные сезонные работы. Для выполнения Государственной научно-технической программы исследований в Антарктике и международных обязательств исследования проводятся в горах и на ледниках, в прибрежных и шельфовых регионах, в воде и подводных глубинах. Основная часть научных работ выполняется зимовщиками в течение года. Участники экспедиции длительное время изолированы от привычной социальной среды, живут в условиях формирования микросоциума и постоянного влияния экстремальных факторов. Системы жизнеобеспечения станции позволяют поддерживать нормальный уровень профессиональной деятельности зимовщиков. Учитывая уникальность условий пребывания украинских специалистов на станции и природного разнообразия окружающих территорий, для ученых открылись широкие возможности для исследований еще не полностью изученных механизмов адаптации человека к экстремальной жизнедеятельности и мониторинговых наблюдений местного биоразнообразия.

Медико-физиологические исследования. Многолетние медицинские наблюдения позволили выявить закономерности и структуру заболеваемости зимовщиков, определить эффективные пути применения лечебных и профилактических мероприятий, организовать оптимальную для имеющихся условий систему медицинского обеспечения. За последние годы медико-биологические исследования на станции «Академик Вернадский» существенно пополнили информационную базу, что позволило сделать новые шаги в решении вопросов науки о жизни и наметить перспективные пути дальнейших научных разработок. По результатам исследований медико-физиологического направления определены отчетливые сезонные периоды возникновения у зимовщиков психофизиологических нарушений с пролонгированным изменением психологических характеристик личности. Такие нарушения могут провоцировать возникновение и развитие конфликтных ситуаций, а также хронического стрессового состояния. Для углубленного исследования состояния центральных и автономных систем регуляции использовались методы электроэнцефалографии, вариационной ритмокардиографии, кефалографии и др. Результаты анализа ЭЭГ зимовщиков показали наличие признаков нарушений в структуре биоритмической организации, особенно, тех участков мозга, которые имеют отношение к психоэмоциональной сфере. Динамика показателей ритмокардиографии зимовщиков свидетельствовала о модификации баланса вегетативной регуляции. После экспедиции у зимовщиков выявлены существенные сдвиги многоуровневой регуляторной функции поддержки статокINETической устойчивости. Показано, что индивидуальные характеристики кефалографических данных могут зависеть от вариаций психоэмоционального происхождения. Продолжаются работы по изучению фундаментальных механизмов развития у зимовщиков «антарктического синдрома напряжения». После зимовки выявлены характерные морфо-функциональные изменения митохондриального

аппарата в системе крови. Признаки дисфункции и перенапряжения митохондрий отчетливо проявлялась после гипоксической стимуляции зимовщиков. При этом, уровни экспрессии мРНК гена HIF-1 α лейкоцитов периферической крови зимовщиков возрастали и тесно коррелировали с показателями реализации функциональных резервов систем дыхания и кровообращения. Таким образом, результаты исследований подтверждают наличие у зимовщиков признаков перенапряжения функциональных систем организма. Динамика таких изменений может иметь индивидуальные вариации в течение зимовки. Это может быть связано как с личностными характеристиками зимовщиков так и с индивидуальной чувствительностью к воздействию комплекса экстремальных факторов Антарктики. Опыт украинских антарктических экспедиций показал, что в системе жизнеобеспечения зимовщиков важное значение имеют: медицинский отбор, адекватное применение лечебно-профилактических средств, специальное обучение и тренинг операторов станции. Обучение и тренинг нужны каждому участнику экспедиции. Это связано с особенностями адаптации к экстремальным условиям антарктической среды и спецификой профессиональной деятельности человека в экспедиции на станции «Академик Вернадский». Аналогичные проблемы свойственны экипажам всех научных станций в Антарктике, в Арктике и в других условиях, где работы выполняются в изоляции от привычного социума и влиянии на организм комплекса экстремальных факторов окружающей среды. Поэтому многолетний опыт успешных исследований на украинской антарктической станции позволил дать практические предложения для совершенствования международной системы безопасного пребывания человека в Антарктике. Такие предложения были обсуждены и приняты к реализации на заседании COMNAP XXV AGM 7-10 июля 2013 года в г. Сеул (Южная Корея).

Биологические исследования. За последние годы разработки биологического направления внесли весомый вклад в копилку научных достижений. Во-первых, на станции «Академик Вернадский» проводятся широкомасштабные исследования биоразнообразия, которые включают отрасли зоологии, ботаники, микробиологии, вирусологии, генетики и т.д. В Антарктике исследования выполняются в условиях равнинных, прибрежных, горных и морских экосистем. По инициативе отечественных биологов созданы и получили международное признание специальные охраняемые районы. Такие охраняемые зоны позволяют выполнять перманентные исследования и отслеживать динамические процессы в природных условиях среды обитания. Новые достижения биологических исследований заключаются в описании ряда неизвестных науке биологических объектов, выяснении новых путей миграции, генетической идентификации видов, механизмов адаптации, а также внедрении в медицинскую практику фармакологических средств антарктического происхождения. Во-вторых, в рамках биологического направления начаты и продолжают набирать темпы работы по созданию отечественной базы биоло-

гических данных антарктических исследований. На основе отдельно взятой отрасли биологических исследований в Антарктике создана пилотная рабочая модель такой базы данных, электронная версия которой позволяет адаптироваться к ведущим международным базам биологического профиля. Продолжены работы по внедрению геоинформационных (ГИС) технологий в систему биологических исследований. Благодаря использованию ГИС-технологий расширяются возможности планирования и прогнозирования исследований, а также изучения динамики региональных экосистемных изменений в зависимости от вариаций глобального климата. Таким образом, перманентные исследования медико-биологического направления вносят достойный вклад к международной антарктической информационной базе данных, что обеспечивает Украине правовую основу для полноправного участия в научной и хозяйственной деятельности в Антарктике.

ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ГУМУСА НЕКОТОРЫХ ПОЧВ АНТАРКТИКИ

Н.В. Мухаметова, Е.В. Абакумов

*Санкт-Петербургский государственный университет,
e_abakumov@mail.ru*

Введение. Антарктика – большой континент, где ареалы флоры и фауны суши ограничены и представлены открытыми нунатаками, отвесными скалами и свободными ото льда и снега земли оазисов и островов. Почвы характеризуются низкой мощностью профиля, низким содержанием органического вещества, невысокой биомассой и запасами питательных веществ, таких как, например азот и фосфор (за исключением орнитосолей). Почвы Антарктики наименее изученные в мире. Это связано со сложной доступностью Антарктического континента. В свободных ото льда областях Антарктики процессы образования почвы включают интенсивное физическое выветривание и биохимические процессы связанные с трансформацией органического вещества.

Органическое вещество почв Антарктики слабо гумифицировано, в нем преобладают фульвокислоты и детритные формы неразложившегося гумуса. Для циркумполярных зон характерны замедленные темпы гумификации органического вещества, что связано с низкой продолжительностью периода биологической активности, а также невысокими величинами поступления опада в почву. Временные сроки поступления опада в почвы Антарктики лимитированы короткими периодами вегетации, а продолжительность периодов разложения опада лимитируется температурными условиями. Таким образом, исходя из современных представлений о процессе гумификации, в почвах Антарктического континента такой процесс не может осуществляться очень активно. За-

медленность процессов гумификации и минерализации органического вещества, связанная с климатическими условиями, а также с низкой активностью микобиоты, приводит к своеобразной консервации растительных остатков и соответствующему аккумулятивному типу гумусообразования в органогенных горизонтах слаборазвитых литогенных почв. Одну из главных ролей в процессах гумификации играют вещества –предшественники гумификации, в связи с этим, почвы Антарктики можно разделить на две категории: почвы под растительными ассоциациями (лишайники, мхи, высшие сосудистые растения (*Deschampsia antarctica* и *Colobanthus quitensis*) и почвы под гуано.

В данной работе были проанализированы пробы почв под такими веществами гумусообразователями, как мхи и гуано (разной степени минерализации).

Объекты и методы. Аналитические исследования выполнены на основе полевых материалов 53-й (2007-2008 гг.) и 55-й (2009-2010 гг.) Российской Антарктической экспедиций. Пробы почв, их описание и фотографические материалы получены участником почвенно-мерзлотного и микробиологического отрядов сезонных экспедиций Е.В. Абакумовым.

Проанализированы следующие виды почв: Глеезем серогумусовый среднесуглинистый на делювиальных тяжелых суглинках (о. Кинг-Джордж); Петрозем орнитокопрогенный на скальном грунте (о. Кинг-Джордж); Литозем орнитокопрогенный супесчаный на супесчаном делювии андезито-базальтов (о. Кинг-Джордж); Петрозем щепнистый на элювии гнейса (Земля Мэри Бэрд). Оригинальные профили изученных почв приведены на рисунке 1.

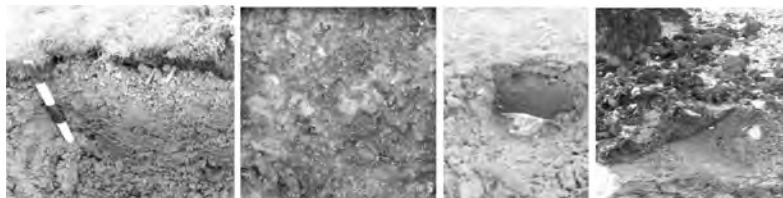


Рисунок 1 – Профили почв: а –Глеезем серогумусовый (о. Кинг-Джордж); б – Петрозем орнитокопрогенный (о. Кинг-Джордж); с –Литозем орнитокопрогенный (о. Кинг-Джордж); d –Петрозем щепнистый (Земля Мэри Бэрд).

Определяли следующие аналитические характеристики: содержание углерода органических соединений методом Тюрина; содержание общего азота методом Кьельдаля; количество легкой фракции органического вещества (Methods of Soil Analysis, 1994); групповой и фракционный состав гумусовых веществ по методу В.В. Пономаревой.

Результаты исследования. В исследуемых пробах были обнаружены сравнительно высокие показатели содержания органического углерода в

органоминеральных горизонтах, что свидетельствует о медленной трансформации органических остатков в почве. Это приводит к накоплению тонкодисперсных органических остатков. Происходящий процесс подтверждается результатами определения легкой фракции в анализируемых почвах, которая в среднем составила 29,1% от почвы. Во всех пробах наблюдается высокое содержание азота, особенно в орнитогенных почвах.

Абиотические и биотические процессы исследуемой территории способствуют своего рода “консервации” органических веществ, что определяет их накопление до величины, контролируемой конкретной гидротермической обстановкой.

Исследованные пробы почв характеризуются фульватным, гуматно-фульватным типом гумуса. Высоким содержанием групп фульвокислот отличаются орнитогенные почвы, это может быть связано с тем, что в поступающем органическом веществе содержится большое количество водо- и кислоторастворимых органических веществ различного происхождения. Одинаковым фракционно-групповым составом характеризуются пробы почв, образующиеся подо мхом, несмотря на то, что эти почвы находятся в разных климатических поясах. Данные почвы отличаются только тем, что в почве субантарктической области увеличивается обогащенность гумуса азотом (см. табл. 1).

Выводы. Высокие показатели содержания органического углерода в почвах свидетельствуют о большой доле мелкодисперсного органического вещества (не подстилочный материал и не коллоидные формы гумуса), образующегося в грубогумусовых или грубогумусированных горизонтах почв. Это заметно и по результатам фракционно-группового анализа гумуса, так как все проанализированные образцы характеризуются высоким содержанием негидролиземого остатка. Данная закономерность хорошо согласуется с низкими показателями степени гумификации органического вещества, что связано с невысоким периодом биологической активности.

Процессы гумусообразования на территории Антарктиды проходят в почвах, образующихся под разными веществами – гумусообразователями растительного и животного происхождения. В почвах под одним и тем же растением мхом в разных экоклиматических регионах Антарктиды аккумулируются примерно одинаковые по количеству и фракционно-групповому составу органические вещества, но в образце почвы с о. Кинг-Джордж наблюдается увеличение азота в составе гумуса относительно почвы континентальной Антарктики (Земля Мэри Бэрд).

Значительное превышение фульвокислот над гуминовыми кислотами наблюдается в орнитогенных почвах, потому что в составе поступающего органического вещества содержится большое количество водорастворимых и кислоторастворимых веществ различного состава.

Работа выполнена при поддержке РФФИ: гранты №№ 12-04-00680-а, 13-04-90411 укр-ф-а.

Таблица 1 – Содержание углерода органических соединений и общего азота (в % к почве) и фракционно-групповой состав гумуса почв (в % к Собщ)

Пробы почв	С	N	C/N	Фракции гуминовых кислот				Фракции Фульвокислот				С _{гк} /С _{фк}	Н.О.	
				1		3		1a		3				
				1	2	3	сумма	1	2	3	сумма			
о. Кинг-Джордж, Глеземсерог умусовый	1,73	0,24	7,2	5,8	5,2	15,0	26,0	2,3	2,9	6,9	19,7	31,8	0,81	42,2
о. Кинг-Джордж, Петроземорнитоконпрогенный	7,22	3,82	1,9	5,3	0,4	0,3	6,0	3,2	42,2	4,3	3,6	53,3	0,11	40,7
о. Кинг-Джордж, Литоземкопрогенно-гумусированный	7,56	1,08	7,0	8,9	3,4	8,2	20,5	2,2	25,7	5,0	13,9	46,8	0,44	32,7
Земля Мэри Бэрд, Петрозем щебнистый	4,67	0,42	11,1	6,6	1,5	15,4	23,5	1,1	18,0	9,4	6,6	35,1	0,67	41,3

Н.О. – негидролизуемый остаток
 С_{гк}/С_{фк}– отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот

МОНИТОРИНГ САНИТАРНО- ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В РАЙОНЕ ПОЛЕВОЙ БАЗЫ «ГОРА ВЕЧЕРНЯЯ» (ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА)

В.Е.Мямин

*Белорусский государственный университет, Минск,
vladmiamin@mail.ru*

Во время полевого сезона 2012-2013 годов научно-экспедиционным составом 5 Белорусской антарктической экспедиции (58 Российской антарктической экспедиции) в районе полевой базы «Гора Вечерняя» (Восточная Антарктида, Земля Эндерби, оазис Холмы Тала, участок Вечерний) были проведены исследования наличия санитарно-показательных микроорганизмов на территории и в помещениях полевой базы. Данные исследования проводились впервые и преследовали 2 цели:

1. Оценить санитарно-эпидемиологическое качество различных источников водозабора, используемых для нужд научно-экспедиционного состава.

2. Оценить влияние пребывания научно-экспедиционного состава (3 человека) на санитарно-эпидемиологическую ситуацию, складывающуюся на протяжении полевого сезона.

Учитывали общее микробное число (ОМЧ) – общее число колоний, вырастающих в течение 24 часов при температуре 37°C при посеве 1 мл исследуемой воды на поверхность мясо-пептонного агара. Также определяли коли-индекс – количество клеток бактерий кишечной палочки в 1 л воды. Этот показатель определялся при посеве бактерий на среду ЭНДО [2].

Исследования проводились в начале и конце полевого сезона. В качестве источников водозабора для нужд научно-экспедиционного состава рассматривались временные водотоки, проходящие по территории полевого лагеря: водоток 1 (30 м от ЦУБ, 67°39'29,2" ю.ш., 46°09'35,9" в.д., 63 м н/у моря) и водоток 2 (30 м от ЦУБ, 67°39'34,2" ю.ш., 46°09'36,1" в.д., 71 м н/у моря). Кроме того в качестве источника водозабора использовалось озеро Нижнее (200 м от ЦУБ, 67°39'23,0" ю.ш., 46°09'37,9" в.д., 41 м н/у моря) (рис. 1).

Контролю подвергались также начальные (40 м от ЦУБ, 67°39'33,5" ю.ш., 46°09'35,9" в.д., 70 м н/у моря) и конечные (200 м от ЦУБ, 67°39'30,1" ю.ш., 46°09'45,8" в.д., 48 м н/у моря) сегменты сточного ручья (место выброса бытовых отходов), русло основного (300 м от ЦУБ, 67°39'28,8" ю.ш., 46°09'48,7" в.д., 41 м н/у моря) сточного ручья (место выброса основных хозяйственно-бытовых и фекальных отходов) (рис. 2).

Контролировались также микроозера (территория ЦУБ, $67^{\circ}39'33,4''$ ю.ш., $46^{\circ}09'37,8''$ в.д., 70 м н/у моря) и почва (территория ЦУБ, $67^{\circ}39'33,4''$ ю.ш., $46^{\circ}09'37,8''$ в.д., 70 м н/у моря) на территории полевой базы (рис. 3).



Рисунок 1 – Точки контроля водозабора: временный водоток 1 (тонкая стрелка), озеро Нижнее (толстая стрелка)



Рисунок 2 – Точки контроля сточного ручья: начало (тонкая стрелка), конец (средняя стрелка), русло основного сточного ручья (толстая стрелка)



Рисунок 3 – Точки контроля на территории базы: микроозера (тонкая стрелка), почва (толстая стрелка)

Данные анализов на наличие санитарно-показательных микроорганизмов в начале и конце полевого сезона приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Анализ воды и почвы на наличие санитарно-показательных микроорганизмов в начале полевого сезона (26.12.2012 г)

Источник воды и почвы для анализа	Общее микробное число (ОМЧ), кл/мл	Коли-индекс, кл/л
Временный водоток 1	430	8
Временный водоток 2	6	0
Озеро Нижнее	2	0
Начало сточного ручья	140	9
Конец сточного ручья	12	0
Русло основного сточного ручья	540/4 ¹	27/0 ¹
Микроозеро на территории базы	680	0
Почва на территории базы	2500 ²	0 ²

Примечание: ¹ – первое значение указывает количество бактерий через 30 минут после сброса бытовых и фекальных отходов, второе значение указывает количество бактерий через 24 часа после сброса бытовых и фекальных отходов;

² – указаны количества бактерий в кл/г (ОМЧ) и кл/кг (коли-индекс)

Таблица 2 – Анализ воды и почвы на наличие санитарно-показательных микроорганизмов в конце полевого сезона (02.03. 2013 г.)

Источник воды и почвы для анализа	Общее микробное число (ОМЧ), кл/мл	Коли-индекс, кл/л
Временный водоток 1	115	8
Временный водоток 2	4	0
Озеро Нижнее	2	0
Начало сточного ручья	360	9
Конец сточного ручья	10	0
Русло основного сточного ручья	430/5 ¹	27/0 ¹
Микроозеро на территории базы	840	0
Почва на территории базы	3200 ²	0 ²

Примечание: ¹ – первое значение указывает количество бактерий через 30 минут после сброса бытовых и фекальных отходов, второе значение указывает количество бактерий через 24 часа после сброса бытовых и фекальных отходов;

² – указаны количества бактерий в кл/г (ОМЧ) и кл/кг (коли-индекс)

Как следует из данных таблицы 1, один из временных водотоков (временный водоток 1), который использовался для водозабора, был непригоден по нормам для нужд водозабора. Так, общее микробное число для питьевой воды не должно было превышать 50, а коли-индекс должен был быть не более 2-3 [1]. Очевидно, что в данном случае имело место загрязнение водотока бытовыми и хозяйственными отходами, что действительно могло быть, поскольку временный водоток 1 проходил по территории полевой базы. В связи с этим в начале полевого сезона 2012-2013 годов было решено заменить водозабор из временного водотока 1 на водозабор из временного водотока 2 и озера Нижнее, которые удовлетворяли микробиологическим нормам.

Следует отметить, что деятельность научно-экспедиционного состава практически не изменила санитарно-эпидемиологическую ситуацию, сложившуюся на протяжении полевого сезона, о чем свидетельствует микробиологический анализ сточных вод. Даже в конце сезона кишечной палочки не было обнаружено в почве и микроозерах на территории полевой базы. Она фиксировалась только в начале сточного ручья для выброса бытовых отходов и в первые часы в русле основного сточного ручья (место выброса основных хозяйственно-бытовых и фекальных отходов), но через 24 часа ситуация уже была в норме.

Проведенный микробиологический анализ воздуха помещений ЦУБа,

в которых проживал научно-экспедиционный состав, не выявил наличия санитарно-показательных микроорганизмов и превышения общего микробного числа как в начале полевого сезона, так и в его конце (табл. 3).

Таблица 3 – Анализ воздуха помещений ЦУБа на бактериальную обсемененность

Помещения ЦУБа	Общее микробное число (ОМЧ), кл/м³	Количество санитарно-показательных микроорганизмов
Жилое помещение 1	5/9	0/0
Жилое помещение 2	8/12	0/0
Кают-компания	13/22	0/0
Лабораторное помещение	3/14	0/0
Моечная	7/10	0/0
Прихожая	4/5	0/0

Примечание:

первое значение указывает количество микроорганизмов в начале сезона (26.12.12 г.), второе значение указывает количество микроорганизмов в конце сезона (02.03.13 г.).

Таким образом, анализируя все вышеприведенные данные можно констатировать, что пребывание научно-экспедиционного состава в течение полевого сезона не оказывает вредного воздействия на санитарно-эпидемиологическую ситуацию, складывающуюся в районе расположения полевой базы «Гора Вечерняя».

Литература

1. Алешукина А. В. Медицинская микробиология. Ростов н/д: Феникс, 2003. 480 с.
2. Лабинская А. С., Волина Е. Г. Руководство по медицинской микробиологии. Общая и санитарная микробиология. Москва: Бином, 2008. 1080 с.

ВОЗМОЖНАЯ РОЛЬ МЕЛАНИНОВ В АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ АНТАРКТИДЫ К ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ ФАКТОРАМ

**В.Е. Мямин¹, Н.В. Гавриленко¹, И.И. Азарко¹, В.Б. Оджаев¹,
О.И. Бородин², Ю.Г. Гигиняк², В.П. Курченко¹**

¹Белорусский государственный университет, Минск, kurchenko@tut.by

²НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, Минск, belantarct2014@mail.ru

Живые организмы Антарктики часто относят к экстремофилам, поскольку они способны выживать в самых неблагоприятных условиях, зачастую воздействующих на них в виде абиотических факторов внешней среды. В Восточной Антарктиде расположен абсолютный полюс холода, в котором 10 августа 2010 года зафиксирована самая низкая на планете температура воздуха – минус 93,2 °С. Особенно сильно сверхнизкие температуры воздействуют на обитателей Антарктики в период антарктической зимы, которая длится более 6 месяцев, с апреля по сентябрь. Даже в прибрежных районах, характеризующихся более мягким климатом по сравнению с континентальной Антарктидой, значения температуры редко поднимаются выше нуля градусов по Цельсию. Другой особенностью (особенно Восточной Антарктиды) являются сильные стоковые (катабатические) ветра, достигающие максимальной силы (более 60 м/сек) в прибрежных районах и дующие практически непрерывно круглые сутки с апреля по ноябрь. В период короткого антарктического лета (около 2 месяцев, декабрь-январь) животный и растительный мир этого региона подвержен довольно жесткому воздействию суммарной солнечной радиации – более 30 ккал/см² в месяц. В то же время в период зимы практически весь материк не получает тепла солнечной коротковолновой радиации. В Антарктиде находятся самые засушливые регионы планеты – сухие долины Мак-Мердо, которые относятся к пустыням и занимают площадь около 8 тыс. км², которая непокрыта снегом и льдом. Осадки в некоторых регионах долин Мак-Мердо не выпадали более двух миллионов лет. Среди микроорганизмов-экстремофилов Антарктики встречаются самые разнообразные – психрофилы, алкалофилы, ацидофилы, барофилы, осмофилы, галофилы, ксерофилы и многие другие. Несомненно, непростые условия выживания организмов Антарктиды требуют и развития сложных адаптационных механизмов к довольно жесткому воздействию различных факторов.

В публикации речь пойдет о возможной роли меланинов в адаптации растений Восточной Антарктиды к коротковолновой солнечной радиации. Наблюдения и сбор материала были проведены во время полевого сезона 2012-2013 годов научно-экспедиционным составом 5 БАЭ (58 РАЭ) в райо-

не полевой базы «Гора Вечерняя» (Восточная Антарктида, Земля Эндерби, оазис Холмы Тала, участок Вечерний, 67°39' ю. ш., 46°09' в. д.).

В период с января по февраль в районе базирования полевой базы «Гора Вечерняя» наблюдались положительные температуры (до плюс 8,4 °С), что сопровождалось интенсивным таянием снежного покрова. В образующихся на скальных выступах ручьях нередко наблюдалось развитие микроорганизмов, которые окрашивали в характерный коричнево-черный (черный) цвет каменные породы (рис. 1).

Развивающиеся микроорганизмы были довольно тесно ассоциированы с каменными породами и плохо отделялись, формируя плотную пленку. Интересно, что температура в таком «черном ручье» была на 2-3°C выше (примерно 3-4°C), чем в обычных ручьях (примерно 1-2°C), наблюдаемых рядом. Видовой состав микробиоты этих ручьев находится в стадии изучения, но возможно эти микроорганизмы представляют собой цианобактерии или чёрные дрожжи, подобные *Exophiala nigra* (*Nadsoniela nigra*), выделенные из биотопов Антарктики украинскими исследователями, для которых характерен синтез меланиновых пигментов [1].

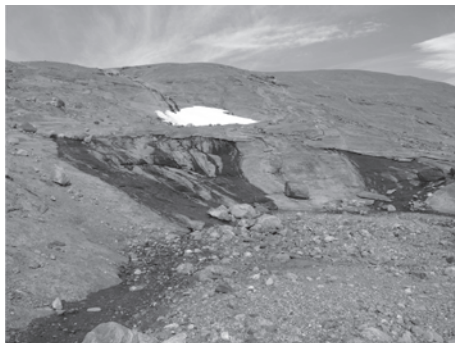


Рисунок 1 – Развитие микробиоты в ручьях талого снега на поверхности скальных обнажений

Необходимо отметить, что в данном регионе довольно часто встречались наземные зеленые макро-водоросли *Prasiola crispa*, обильно развивающиеся на субстратах с повышенным содержанием Р и N, что связано с находящейся рядом колонией пингвинов Адели (*Pygoscelis adeliae*). Нами было замечено, что в случае протекания «черного ручья» через *Prasiola crispa*, водоросли окрашивались в черный цвет, что возможно свидетельствовало о том, что микробиота «черных ручьев» способна использовать *Prasiola crispa* как субстрат для роста (рис. 2).

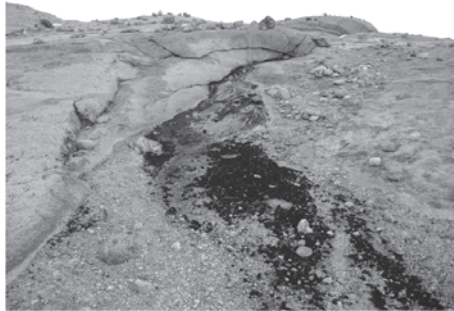


Рисунок 2 – Окрашивание водорослей *Prasiola crispa* в черный цвет при протекании через него «черного ручья»

Такие образцы водорослей были нами собраны, высушены при комнатной температуре и коллектированы для последующего выделения меланиновых пигментов.

Кроме того, в сферу нашего внимания как потенциальные продуценты меланиновых пигментов попали накипные лишайники, встречающиеся в районе базирования полевой базы «Гора Вечерняя» повсеместно и также обладающие характерным черным цветом (рис. 3).

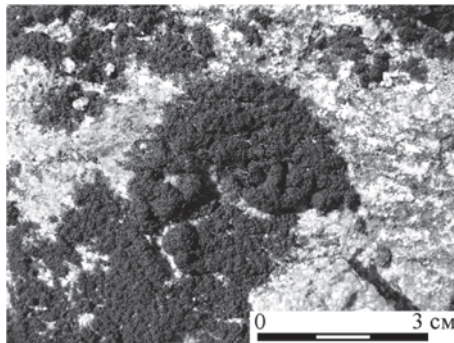


Рисунок 3 – Накипные лишайники на поверхности скальных выступов

Эти лишайники были нами собраны, высушены при комнатной температуре и коллектированы для последующего выделения меланиновых пигментов.

Из образцов высушенных наземных водорослей и накипного лишайника были выделены пигменты путем экстракции 1 М NaOH с последую-

щим их осаждением HCl. Осадок растворяли в 1 М NaOH и повторно осаждали HCl. После диализа пигмент сушили при комнатной температуре. Исследование парамагнитных свойств высушенных наземных водорослей, накипного лишайника и выделенных из них пигментов проводилось на стационарном спектрометре в X-диапазоне (9.3 ГГц) при комнатной температуре. В качестве эталонных использовались образцы ДФПГ и MgO с ионами Mn^{2+} .

Все исследуемые образцы характеризуются интенсивным парамагнитным поглощением в районе значений g-фактора близкого к 2.0023. В зависимости от продуцента меланинового пигмента на спектрах ЭПР зафиксированы одиночные сигналы без сверхтонкой структуры с величиной g-фактора в интервале 2.0032-2.0043. Отличительной особенностью меланиновых пигментов от других биополимеров, независимо от их происхождения и структурных особенностей, является наличие стабильного парамагнитного поглощения близкого по своим качественным характеристикам к поглощению свободного электрона [2]. Для исходных высушенных водорослей и лишайника наблюдается, помимо одиночного сигнала с $g=2.0016-2.0022$, ряд сверхшироких линий. Форма линии меланиновых пигментов близка к лоренцевой, но несколько асимметричная. Параметры спектров ЭПР для исследованных образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения g-фактора, ширины линии (ΔH) и концентрации ПЦ (N) для водоросли *Prasiola crispa*, накипного лишайника и меланиновых пигментов из них

№ образца	образец	ΔH , Гс (G)	$N \times 10^{-17}$, спин/г (spin/g)
1	водоросли <i>Prasiola crispa</i>	5.5	0.7
1	меланин из образца № 1	7.3	6.8
2	накипной лишайник	6.0	0.8
2	меланин из образца № 2	3.8	2.2

С целью выявления природы парамагнетизма исследуемых образцов была изучена динамика взаимодействия СВЧ поля со спиновой системой выделенных меланинов, водорослей *Prasiola crispa* и накипных лишайников. На основе зависимостей интенсивности сигнала от мощности СВЧ-излучения, снятых при комнатной температуре измерения и частоте модуляции 25 кГц, для образцов меланинового пигмента, полученного из водорослей и лишайника, были определены времена спин-решеточной релаксации и обменного взаимодействия. Ранее было показано, что ход кривых зависимости интенсивности сигнала ЭПР фракций грибоного меланина, отличающихся массовым числом,

от мощности СВЧ-излучения не меняется [3]. Кинетика спада амплитуды сигнала при повышенной мощности свидетельствует о неоднородном характере уширения сигнала ЭПР вышеуказанных образцов. Линия спектра имела слегка асимметричную форму, среднюю между лоренцовой и гауссовой. Регистрация такого сигнала ЭПР может расцениваться как идентификационная характеристика черных и коричневых меланиновых пигментов.

В заключение необходимо отметить, что благодаря большому количеству неспаренных электронов меланиновые пигменты, обнаруженные в экстрактах водорослей *Prasiola crispa*, накипного лишайника и микробиоты «черных ручьев» на самих растениях, способны выполнять роль фото- и радиопротекторов, защищающих клетки от экстремальных абиогенных факторов среды обитания. Одним из ярких проявлений протекторных функций меланинов является их фотозащитное действие. Показано, что поглощенная меланинами энергия УФ и видимого излучения ведет к росту количества парамагнитных центров в молекулах полимера и может рассеиваться в виде тепла [2]. После этого процесса количество парамагнитных центров в биополимере уменьшается. Обратимый характер изменения парамагнитных свойств при продолжительном воздействии УФ-излучения на меланиновые пигменты микробиоты водорослей *Prasiola crispa* и накипного лишайника, является важным свойством этих экстремофильных растений.

Литература

1. Таширев Л. Б., Романовская В. А., Рокитко П. В., Матвеева Н. А. Шилин С. О., Таширева А. А. Синтез меланиновых пигментов антарктическими чёрными дрожжами // Мікробіологічний журнал. 2012. Т. 74. N 5. С. 2-8.
2. Азарко И.И., Карпович И.А., Кукулянская Т. А., Лукин В.Н., Оджаяев В.Б., Зуева О.Ю. Изучение свободнорадикального состояния меланинов в комплексах биополимеров с помощью СВЧ-измерений //СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: Матер. 13 междунар. конф., Севастополь, 8-12 сент. 2003 г. Севастополь, 2003. С. 732-733.
3. Азарко И.И., Карпович И.А., Кукулянская Т.А., Курченко В.П., Новиков Д.А., Попок В.Н., Янковский О.Н. СВЧ-измерения биологически активных соединений // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: Матер. 11 междунар. Крымской конф., Севастополь, 10-14 сент. 2001 г. Севастополь, 2001. С. 95-96.

НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОБИАЛЬНЫХ ЭНДОЛИТНЫХ И ГИПОЛИТНЫХ СООБЩЕСТВ УЧАСТКА ВЕЧЕРНИЙ ОАЗИСА ХОЛМЫ ТАЛА (ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА)

В.Е. Мямин¹, А.В. Долгих², Л.В. Никитина¹

¹Белорусский государственный университет, Минск,

vladmiamin@mail.ru

²Институт географии РАН, Москва, dolgikh@igras.ru

Большие площади скальных обнажений гранитоидов Восточной Антарктиды покрыты бурыми и красновато-бурыми пластинами, под которыми в десквамационных трещинах повсеместно встречаются эндолитные сообщества. Эти сообщества являются довольно сложными по структуре и представлены комплексом различных микроорганизмов, таких как лишайники, грибы, водоросли, археобактерии, эубактерии. Многие из них являются литотрофными, большая группа эндолитных микроорганизмов – автотрофы [9]. Эндолитные организмы на территории Антарктиды впервые детально были изучены в Сухих Долинах [6]. Данные явления широко представлены на территории Антарктиды и являются важными первичными продуцентами. М.А. Глазовская отмечала важную роль таких организмов в биохимическом выветривании [2]. Под действием в том числе эндолитных микроорганизмов происходит разрушение первичных минералов и образование специфических эндолитных горизонтов под десквамационными плитками, поверхность которых покрыта скальными «загарами». Здесь важным продуктом биогеохимического выветривания являются органо-минеральные биопленки внутри эндолитной системы [4].

Участок Вечерний (S67°39' E46°10') оазиса Холмы Тала расположен в западной части Земли Эндерби. Площадь его 6,7 км², вытянут субширотно на 6,8 км, ширина до 1,9 км, находится в 4 км к востоку от участка Молодежный, где располагается станция «Молодежная». Основная часть территории – низкорья горы Вечерней, сложенные докембрийскими гнейсами, эндербитами, кристаллическими сланцами, интрузивами гранитоидного состава [1].

Во время полевого сезона 2012-2013 годов 58 РАЭ и 5 БАЭ были отобраны два образца (А и В) микробильных эндолитных сообществ и один образец (С) гиполитных сообществ. Исследуемые объекты расположены на прибрежном скалистом мысу высотой до 6,4 м у бухты Лазурная в восточной части участка Вечерний (S 67° 39,4' E 46°10,5'). Коренные массивно-кристаллические породы здесь представлены чарнокитовыми ортогнейсами

(полевые шпаты, кварц, роговая обманка, биотит) с интрузиями пегматитов (полевые шпаты, кварц, биотит) шириной до 0,5-0,7 м [7] (рис. 1).

Десквамационные плитки и скальные «загары» в прибрежной зоне выражены слабее и встречаются реже по сравнению с удаленными от моря территориями. Поверхность имеет бурый оттенок по сравнению с серой коренной слабыветренной породой. Под десквамационными плитками повсеместно встречаются эндолитные организмы, формирующие эндолитные органо-минеральные горизонты. Толщина десквамационных плиток зависит от размеров минералов в гранитоидах, варьирует от 3 до 15 мм. Мощность эндолитного горизонта также напрямую зависит от размерности разрушаемых под плитками минералов коренной породы (3-10, местами до 25 мм). В небольших углублениях на скальных обнажениях скапливается мелкозем, в том числе переотложенные разрушенные десквамационные плитки и мелкозем из эндолитных горизонтов, мощностью до 1-2 см.

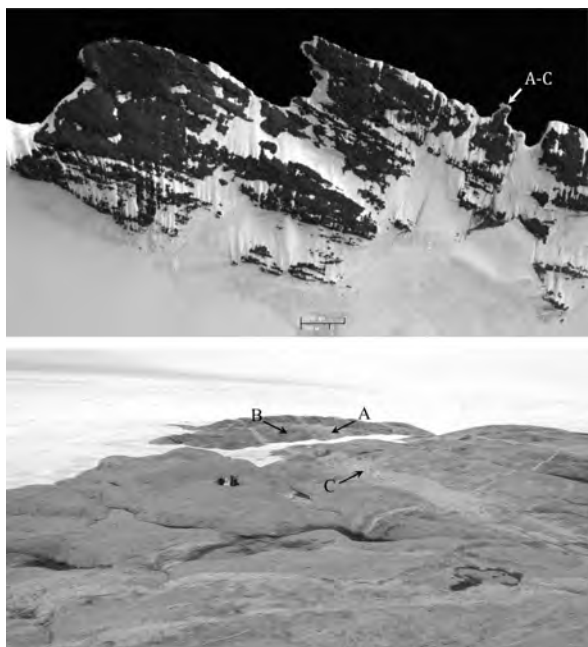


Рисунок 1 – Места отбора эндолитных (образцы А и В) и гиполитных (образец С) микробных сообществ на скалистом мысу у бухты Лазурная (снимок Landsat, 2006)

В небольших депрессиях на скальной поверхности отмечаются засоленные участки с выцветами легкорастворимых солей, а также еще полностью не высохшие временные небольшие водоемы диаметром до 2-3 м с высоким содержанием солей (TDS более 4000 ppm).

Прибрежные территории часто посещаются пингуинами Адели (*Pygoscelis adeliae*), рядом с исследуемым участком располагается несколько гнездовых южнополярного поморника (*Catharacta maccormicki*). Таким образом, здесь отмечается дополнительный привнос органического орнитогенного материала, и данные эндолитные системы отличаются от скальных обнажений горы Вечерней, где привнос орнитогенного материала существенно меньше.

Отобранные 3 образца мелкозема с микробиальными сообществами были наиболее характерны для данной прибрежной территории почвоподобных систем.

Образец А отобран из внутреннего 5-8 мм эндолитного горизонта под более мощными 6-10 мм десквамационными плитками на пегматитах кварц-полевошпатового с биотитом состава, где отдельные зерна кварца достигают размеров более 20 мм.

Образец В отобран из эндолитного органо-минерального горизонта мощностью 3-5 мм под десквамационной плиткой толщиной также 3-5 мм на чарнокитовых ортогнейсах, или эндербитах (полевые шпаты, кварц, гиперстен, диопсид, роговая обманка, биотит).

Образец С отобран из мелкоземистого субстрата, содержащего, по видимому, переотложенные продукты выветривания окружающих эндолитных систем. Легкорастворимые соли и карбонаты в отобранных образцах обнаружены не были (рис. 2).

Отобранные образцы помещали в раствор 4% формалина, делали смыв, полученную в результате суспензию микроорганизмов использовали для определения численности, биомассы и некоторых морфометрических параметров микробиальных эндолитных и гиполитных сообществ.

Для анализа количественных и морфометрических параметров микробиальных сообществ применяли метод эпифлуоресцентной микроскопии на ядерных фильтрах с диаметром пор 0,2 мкм. Использовали инвертированный микроскоп «Axiovert 25» с телекамерой AxioCam MRc. Приготовленные препараты просматривали под иммерсионным объективом (100 х). Снимки делали в программе Axiovision Rel. 4.4 по 10 параллельных с каждого фильтра. Обработка полученных данных производилась в программе Image-Pro Plus. Создан макрос на встроенном макроязыке Image-Pro Plus для автоматизации процесса цветовой и тоновой коррекции изображения и подсчета объектов с выводом их геометрических характеристик.

Использование вышеописанных программ позволило с большой точностью получить ряд параметров, необходимых для характеристики морфологических особенностей микроорганизмов, провести их количественный учет и рассчитать биомассу образцов с учетом размеров каждой бактериальной клетки (табл. 1).

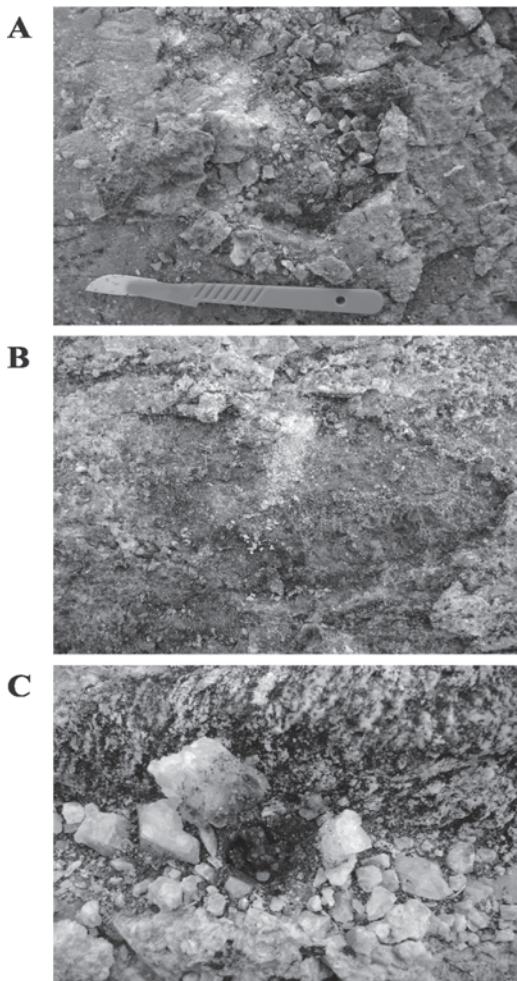


Рисунок 2 – Эндолитные (образцы А, В) и гиполитные (образец С) сообщества побережья бухты Лазурная

Таблица 1 – Численность, биомасса и некоторые морфометрические параметры микробиальных эндолитных и гиполитных сообществ мыса у бухты Лазурная

Характеристика		Образец		
		А	В	С
Численность, клеток/грамм образца	X	0,69 · 10 ⁹	0,47 · 10 ⁹	0,21 · 10 ⁹
	SD	± 0,16 · 10 ⁹	± 0,16 · 10 ⁹	± 0,09 · 10 ⁹
Площадь клеток, мкм ²	X	1,16	1,17	0,80
	SD	± 0,16	± 0,20	± 0,29
Длина клеток, мкм	X	1,43	1,41	1,28
	SD	± 0,11	± 0,11	± 0,29
Ширина клеток, мкм	X	1,02	1,04	0,80
	SD	± 0,09	± 0,11	± 0,13
Отношение длина/ширина	X	1,40	1,34	1,61
	SD	± 0,12	± 0,07	± 0,25
Диаметр клеток, мкм	X	1,17	1,17	0,96
	SD	± 0,08	± 0,10	± 0,19
Периметр клеток, мкм	X	4,33	4,30	3,75
	SD	± 0,33	± 0,47	± 0,81
Объем клеток, мкм ³	X	0,76	0,77	0,45
	SD	± 0,16	± 0,20	± 0,24
Биомасса, мг/грамм образца	X	0,51	0,35	0,09
	SD	± 0,14	± 0,11	± 0,05

Примечание: X – среднее значение, SD – среднее отклонение

Микрофотографии образцов представлены на рисунке 3.

Анализируя данные таблицы 1, можно отметить некоторые интересные особенности. С одной стороны, по численности, морфометрическим параметрам, образуемой биомассе микроорганизмы эндолитных сообществ А и В практически не отличались друг от друга, но довольно сильно отличались от гиполитного сообщества С. Интересно, что численность, и особенно биомасса микроорганизмов эндолитных сообществ А и В была значительно выше, чем численность и биомасса гиполитного сообщества С мыса у бухты Лазурная. Так, эндолитное сообщество А превышало по биомассе гиполитное сообщество С более чем в 5 раз, то есть являлось значительно более продуктивным.

Необходимо учитывать и тот факт, что при данном способе учета микроорганизмов их численность могла быть значительно занижена,

поскольку учету подвергались только те микроорганизмы, которые вымывались в виде отдельных клеток с поверхности мелкоземистых пород. Известно, что многие микроорганизмы эндолитных сообществ образуют биопленки и тесно ассоциированы с породами [8]. Но даже при таком способе учета количество микроорганизмов в эндолитных сообществах довольно сравнимо с количеством микроорганизмов, встречаемых в разных типах почв умеренных широт. Так, в песчаных почвах количество микроорганизмов достигает $0,9-1,2 \times 10^9$ клеток/грамм почвы, а в черноземных почвах – $2-5 \times 10^9$ клеток/грамм почвы [3].

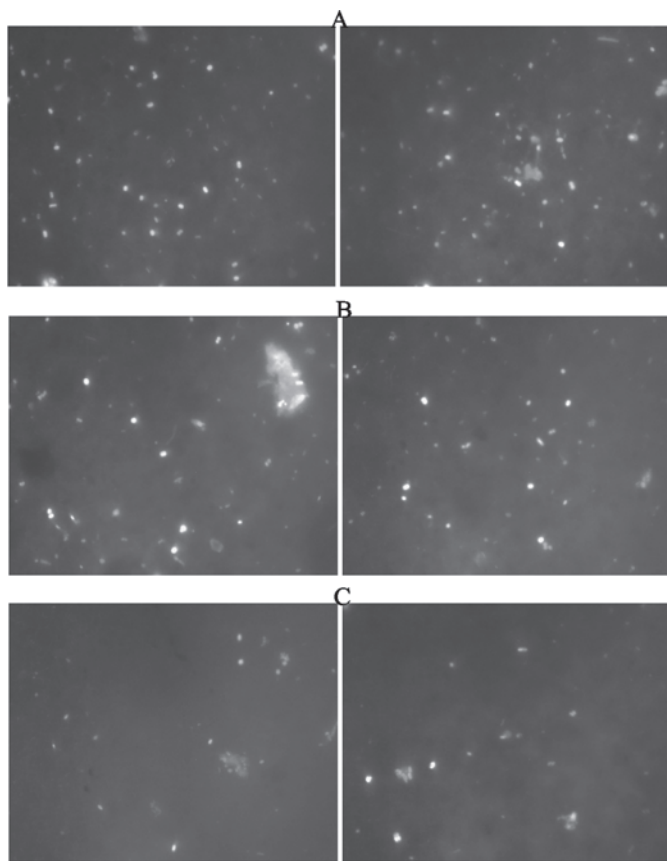


Рисунок 3 – Микрофотографии (увеличение в 1000 раз) микробильных эндолитных (образцы А, В) и гиполитных (образец С) сообществ мыса у бухты Лазурная

Проведенные недавно исследования бактериальных комплексов почв влажных долин оазиса Ларсеман (Восточная Антарктида) позволяют сделать выводы, что в эндолитном органо-минеральном горизонте численность микроорганизмов одна из самых высоких (примерно $0,5 \times 10^9$ клеток/грамм) по сравнению с другими почвами оазиса [5]. Полученные нами данные по численности микроорганизмов в изучаемых эндолитных сообществах (примерно $0,47-0,69 \times 10^9$ клеток/грамм) хорошо соотносятся с этими данными и свидетельствуют об их высокой биопродуктивности.

Литература

1. Александров М.В. Ландшафтная структура и картирование оазисов Земли Эндерби. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 152 с.
2. Глазовская М.А. Выветривание и первичное почвообразование в Антарктиде // Научные докл. Высшей школы. Сер. Геолого-географические науки. 1958. № 1. С. 63–76.
3. Громов Б.В., Павленко Г.В. Экология бактерий. Л.: Изд. ЛГУ, 1989. 248 с.
4. Мергелов Н.С., Горячкин С.В., Шоркунов И.Г., Зазовская Э.П., Черкинский А.Е. Эндолитное почвообразование и скальный “загар” на массивно-кристаллических породах в восточной Антарктике // Почвоведение. 2012. № 10. С. 1027–1044.
5. Соина В.С., Газимуллина А.Г., Мергелов Н.С., Лысак Н.В., Лапыгина Е.В. Бактериальные комплексы в почвах влажных долин оазиса Ларсеман (Восточная Антарктида) // Альманах современной науки и образования. 2012. № 9 (64). С. 195–200.
6. Friedmann E.I., Ocampo R. Endolithic bluegreen algae in the Dry Valleys: primary producers in the Antarctic desert ecosystem // Science. 1976. V. 193. P. 1247–1249.
7. Grew E.S. Precambrian basement at Molodezhnaya Station, East Antarctica // Geol. Soc. America Bulletin. 1978. Vol. 89. P. 801–813.
8. Rios A., Grube M., Sancho L.G., Ascaso C. Ultrastructural and genetic characteristics of endolithic cyanobacterial biofilms colonizing Antarctic granite rocks // FEMS Microbiol Ecol. 2007. V. 59. P. 386–959. Wierzbos J., Rios A., Sancho L.G., Ascaso C. Viability of endolithic micro-organisms in rocks from the McMurdo Dry Valleys of Antarctica established by confocal and fluorescence microscopy // J Microsc. 2004. V. 216. P.57–61.

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАКТЕРИЙ, ИЗОЛИРОВАННЫХ В УЧАСТКЕ ВЕЧЕРНИЙ ОАЗИСА ХОЛМЫ ТАЛА (ВОСТОЧНАЯ АНТАКРКТИДА)

В.Е. Мямин¹, С.К. Лозюк², А.В. Сидоренко², Л.Н. Валентович²
¹Белорусский государственный университет, Минск, vladmiamin@mail.ru
²Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск

В последние десятилетия микробиота Антарктики стала предметом интенсивных исследований и рассматривается как источник выделения экстремофильных микроорганизмов, интересных для систематиков и экологов и в то же время перспективных для биотехнологии. В пробах антарктических почв, льда, водоемов найдены как виды – «универсалы», широко распространённые по всей территории планеты, так и представители новых таксонов – специфических обитателей этого континента [1]. Психрофильные микроорганизмы являются продуцентами разнообразных ферментов – липаз, протеаз, эндонуклеаз рестрикции, фосфатаз, которые активны в более широком диапазоне температур и рН среды по сравнению с ферментами мезофильных микроорганизмов [2].

Во время 5 Белорусской антарктической экспедиции (58 Российской антарктической экспедиции) в районе базирования полевой базы «Гора Вечерняя» (Восточная Антарктида, Земля Эндерби, оазис Холмы Тала, участок Вечерний) из временных водоёмов побережья бухты Лазурная, залив Алашеева, море Космонавтов, 67°39' ю. ш., 46°10' в. д. (рис. 1) был изолирован ряд бактериальных микроорганизмов.

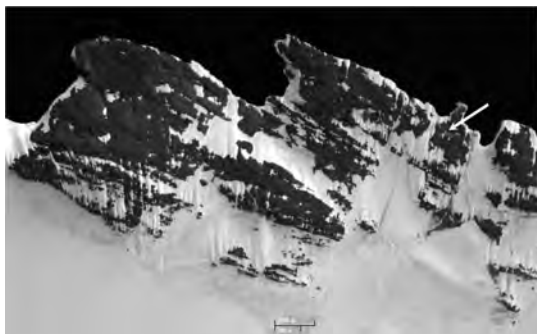


Рисунок 1 – Район участка Вечерний оазиса Холмы Тала (стрелкой указана область мыса бухты Лазурная, из временных водоемов которой выделялись культуры микроорганизмов) (снимок Landsat, 2006)

Всего для исследования было выбрано 11 пресноводных временных микроозер. В период декабря-января полевого сезона 2012-2013 годов температура в этих микроозерах достигала значительных величин (до +18°C), что создавало благоприятные условия для развития биологических объектов в этих водоемах. Для многих из этих микроозер было характерно цветение воды и довольно быстрое формирование интенсивных донных отложений (рис. 2).

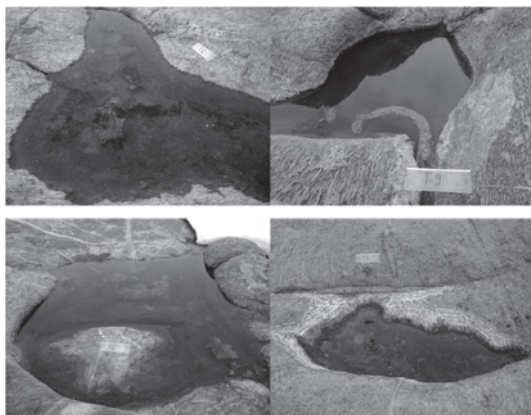


Рисунок 2 – Развитие живых объектов в микроозерах мыса бухты Лазурная

Для этих микроозер были характерны различные значения pH и общей минерализации (TDS) (табл. 1), что делало каждое из них уникальным биоценозом с характерным только для него видовым составом обитающих организмов.

Бактерии при выделении выращивались на полноценном питательном агаре при температурах +5°C и +20°C. Всего было выделено из пресноводных водоемов 92 штамма бактерий. Интересно, что некоторые из них были распространены во всех исследованных водоемах, а некоторые выделялись только из конкретных водоемов. Следует также отметить, что в процессе работы было выделено и несколько видов психрофильных (нормально развивающихся при низких температурах) микроорганизмов (рис. 3).

Из выделенных изолятов бактерий были отобраны 33 штамма, изолированных из различных источников и отличающихся по фенотипическим признакам (форма колоний, скорость роста). Для данных бактерий был определен температурный диапазон роста, проведён тест на каталазу (табл. 2), описана и сфотографирована форма образуемых колоний

(рис 4А). Клетки всех штаммов были окрашены по Граму, микроскопированы и сфотографированы (рис 4Б). Со всеми штаммами был проведён тест с КОН.

Таблица 1 – Физико-химические параметры в микроозерах и количество различных типов бактериальных колоний, образующихся при высеве воды из микроозёр на чашки с полноценным питательным агаром

Обозначение микроозера	Физико-химические параметры		Количество различных типов бактериальных колоний
	рН	TDS (мг/л)	
T1	10,1	271	7
T2	9,8	631	7
T3	8,0	86	8
T4	9,6	19610	10
T5	10,0	458	8
T6	9,6	580	15
T7	9,9	1902	11
T8	9,5	159	6
T9	9,5	4470	5
T10	8,3	94000	2
T11	10,0	1640	13

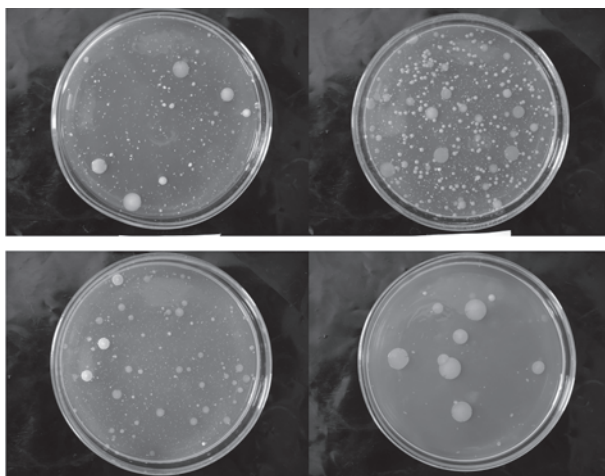


Рисунок 3 – Культивируемые микроорганизмы из различных микроозер

Таблица 2 – Фенотипические признаки бактериальных культур, выделенных в районе участка Вечерний оазиса Холмы Тала

№	Название штамма	Рост при +5° С	Рост при +18° С	Рост при +37° С	Каталазная активность	Тест с КОН
1	1т.1.5.1	+/-	+	+/-	+	-
2	1т.3.20.1	+	+	+	+	-
3	2т.2.5.2	+	+	+	+	-
4	2т.5.20.1	+	+	+	+	-
5	2т.5.20.2	+	+	+/-	+	-
6	3т.5.20	-	+	+	+	+
7	5т.1.5	+	+	+/-	-	-
9	5т.2.5.1	+/-	+	+/-	-	-
10	5т.3.20	+	+	+/-	+	+
11	6т.2.5	+	+	+/-	-	-
12	6т.3.5.2	+	+	+	-	+
13	6т.4-2.20	+/-	+/-	-	+	-
14	6т.4.5	+	+	+/-	-	-
15	6т.5.5	+/-	+	-	+	+
16	7т.1.5	+/-	+/-	+	+	+
17	7т.2.5.1	+/-	+	-	-	-
18	7т.4.20.1	+	+	+/-	-	-
19	7т.4.20.2	+	+	+/-	-	-
20	9т.2.5	+/-	+/-	-	-	-
21	9т.4.5	+/-	+/-	+	+	+
22	11т.1.5.1	+/-	+	-	+	-
23	11т.4.20.1	+/-	+/-	+/-	+	+
24	11т.4.20.2	+/-	+	+/-	+	+
25	11т.2.20	+/-	+	+/-	-	-
26	11т.5.5	+/-	+	-	-	-
27	11т.7.20.1	+	+	-	-	+
28	11т.7.20.2	+	+	-	-	+
29	Хт.6.20.3	+/-	+	+	-	+
30	Хт.6.20.4	+/-	+/-	-	+	+
31	Керн 2	+	+	+	+	-
32	Зел.сн.1.20	+/-	+	-	-	-
33	Зел.сн.4.5	+/-	+	-	-	-
34	Зел.сн.7.5	+/-	+	-	-	-

Примечание. В графе рост «+» означает, что видны изолированные колонии по штриху, «+/-» - рост только в зоне медальона, «-» - отсутствие роста. Учёт результатов проводился через 6 дней после засева. В тесте с КОН: «+» - грамположительные, «-» - грамотрицательные.

С целью сохранения штаммов, привезённых из Антарктиды, была отработана методика криоконсервации бактерий. Штаммы выращивались 6 дней в пробирках при +20°C на скошенном полноценном агаре, затем клетки смывали и ресуспендировали в растворе для замораживания (1 часть LB-бульона : 1 часть 20% глицерина), помещали в пробирки типа «эппендорф» и хранили при -80°C. Через пять месяцев хранения все штаммы удалось успешно высеять на чашки с полноценным агаром.

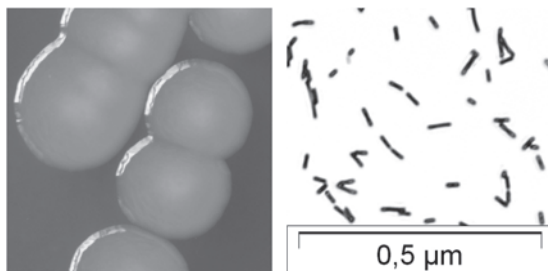


Рисунок 4 – Фотография колоний штамма 5т.3.20 и микрофотография клеток этого же штамма, окрашенных по Граму

На следующем этапе работы, из ряда штаммов были выделены нуклеиновые кислоты и амплифицирована 16S рДНК с помощью праймеров *Bact* 8F и 1492R [3]. Ампликоны клонированы в составе плазмидного вектора pJET1.2. В дальнейшем планируется клонировать 16S рДНК всех привезённых из Антарктиды бактерий и установить их нуклеотидную последовательность. Это позволит определить их систематическое положение и провести филогенетический анализ. Проводится скрининг выделенных бактериальных культур на наличие протеолитической, липолитической, ДНКазной, амилитической активности с целью выявления перспективных продуцентов ферментов.

Литература

1. Zhang H., Hosoi-Tanabe S., Nagata S., Ban S., Imura S. (2008) Cultivation and characterization of microorganisms in antarctic lakes. *Oceans 2008-MTS/IEEE Kobe Techno-Ocean*.
2. Van den Burg. Extremophiles as a source for novel enzymes. *Curr. Opin. Microbiol.* 2003. 6. 213-218.
3. Lane DJ (1991) 16S/23S rRNA sequencing. In: Stackebrandt E, Goodfellow M (eds) *Nucleic Acids Techniques in Bacterial Systematics*. 1991. P. 115–147.

НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЕМОВ УЧАСТКА ВЕЧЕРНИЙ ОАЗИСА МОЛОДЕЖНЫЙ (ХОЛМЫ ТАЛА, ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА)

В.Е. Мямин, Л.В. Никитина

*Белорусский государственный университет, Минск,
vladmiamin@mail.ru*

Пресноводные озера Антарктики довольно разнообразны и уникальны. Некоторые из них являются постоянными и вскрываются ото льда в период антарктического лета, некоторые – покрыты льдом постоянно. В прибрежных, более теплых областях, большой интерес представляет изучение временных пресных озер, образованных в результате сезонных таяний ледников. Изучается как видовой состав микроорганизмов, так и их количественные характеристики, выделяются специфические физиологические группы микроорганизмов [1, 2].

Во время полевого сезона 2012-2013 годов в районе полевой базы «Гора Вечерняя» (Восточная Антарктида, Земля Эндерби, оазис Холмы Тала, участок Вечерний) научно-экспедиционным составом 5 Белорусской антарктической экспедиции (58 Российской антарктической экспедиции) также был собран материал из различных пресноводных водоемов для анализа некоторых характеристик бактериопланктона, в них содержащегося. Всего пробы были взяты из 44 пресноводных водоемов, характеризующихся как большим, так и малым водозапасом. Некоторые из этих водоемов являлись постоянными, вскрывающимися полностью или частично в период антарктического лета (декабрь-февраль). Довольно много наблюдалось и небольших временных водоемов, фиксируемых только в этот период. Условно все исследованные водоемы были разделены на 3 группы: проточные (18), слабопроточные (4) и непроточные (22). Довольно большая часть проточных водоемов относилась к постоянным озерам с большим водозапасом, который поддерживался примерно на постоянном уровне за счет питающих эти водоемы снежников и ледников. В то же время непроточные водоемы характеризовались, как правило, небольшим водозапасом и образовывались на неровностях рельефа местности в результате таяния снега. Поскольку водозапас этих водоемов был невелик, часто мы наблюдали пересыхание таких водоемов в течение полевого сезона или полное их промерзание при понижении температуры. Сбор материала проводили в период декабрь-январь. Для исследуемых водоемов определяли также некоторые физико-химические параметры, такие как pH, температура (T), общая минерализация (TDS). Фотографии типичных проточных и непрот-

точных водоемов и их физико-химические характеристики представлены на рисунке 1 и в таблицах 1 и 2.

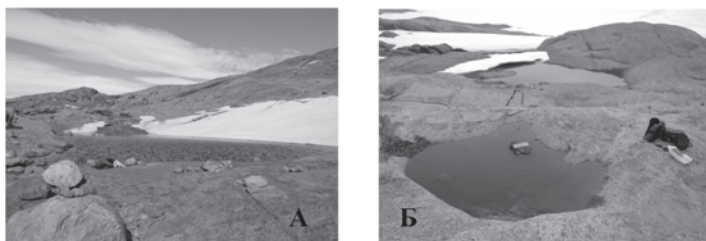


Рисунок 1 – Фотографии типичных проточных (А) и непроточных (Б) озер в участке Вечерний оазиса Холмы Тала

Таблица 1 – Некоторые параметры проточных озер участка Вечерний оазиса Холмы Тала

Обозначение озера	Размеры, м	Глубина, м	Проточность	Физико-химические параметры		
				рН	TDS, ppm	T, °C
Нижнее	50 x 100	3,5	да	6,5	13	+ 0,2
Верхнее 1	25 x 25	1,5	да	6,7	16	+ 1,8
Верхнее 2	20 x 50	1,5	да	6,8	17	+ 1,1
Верхнее 3	20 x 40	1	да	6,6	18	+ 4,1
Гнездовое	20 x 30	1	да	6,9	10	+ 1,5
Промежуточное	20 x 50	1	да	7,0	15	+ 1,2
Таялка 12	15 x 20	0,8	да	7,0	35	+ 2,1
Таялка 13	15 x 15	0,5	да	7,2	32	+ 3,8
Таялка 14	15 x 20	0,8	да	7,1	26	+ 3,3
Таялка 15	20 x 20	0,8	да	6,9	12	+ 4,5
Таялка 16	4 x 10	0,4	да	6,8	12	+ 5,5
Таялка 17	1,5 x 3	0,2	да	6,7	6	+ 6,0
Таялка 18	10 x 25	0,3	да ¹	6,9	35	+ 3,5
Таялка 21	20 x 20	0,3	да	6,6	7	+ 2,1
Таялка 22	15 x 30	0,2	да	6,6	10	+ 3,4
Таялка 23	15 x 30	0,8	да	6,6	9	+ 4,4
Таялка 24	10 x 20	0,1	да	7,1	28	+ 13,5
Таялка 25	1 x 3	0,05	да	6,7	21	+ 11,5
Таялка 31	3 x 3	0,05	да ¹	7,6	45	+ 12,5
Таялка 33	30 x 40	1,5	да	7,4	24	+ 5,0
Таялка 38	3 x 7	0,1	да ¹	6,7	66	+ 4,0
Таялка 39	7 x 10	0,25	да ¹	6,6	20	+ 4,0

Примечание: да¹ – озеро является слабопроточным

Таблица 2 – Некоторые параметры непроточных озер участка Вечерний оазиса Холмы Тала

Обозначение озера	Размеры, м	Глубина, м	Проточность	Физико-химические параметры		
				pH	TDS, ppm	T, °C
Озеро 147	3 x 8	0,4	нет	7,3	92	+ 7,8
Таялка 1	5 x 5	0,3	нет	10,1	271	+ 13,0
Таялка 2	4 x 5	0,3	нет	9,8	631	+ 14,0
Таялка 3	1,5 x 2	0,2	нет	8,0	86	+ 16,0
Таялка 4	0,5 x 1,5	0,15	нет	9,6	19610	+ 15,0
Таялка 5	2 x 2	0,25	нет	10,0	458	+ 16,0
Таялка 6	2 x 3	0,25	нет	9,6	580	+ 13,0
Таялка 7	0,5 x 1	0,3	нет	9,9	1902	+ 13,0
Таялка 8	1 x 2,5	0,2	нет	9,5	159	+ 15,0
Таялка 9	1 x 1,5	0,5	нет	9,5	4470	+ 12,0
Таялка 10	0,5 x 0,5	0,1	нет	8,3	94000	+ 12,0
Таялка 11	1 x 1	0,2	нет	10,0	1640	+ 13,0
Таялка 19	10 x 10	0,25	нет	7,6	432	+ 4,0
Таялка 20	20 x 25	1,2	нет	7,0	107	+ 2,5
Таялка 26	5 x 10	0,25	нет	9,3	195	+ 15,0
Таялка 27	1 x 5	0,1	нет	9,4	410	+ 11,5
Таялка 28	0,5 x 5	0,1	нет	8,0	1531	+ 6,0
Таялка 29	3 x 5	0,2	нет	7,1	272	+ 12,5
Таялка 32	4 x 5	0,15	нет	8,8	312	+ 4,0
Таялка 34	7 x 10	0,5	нет	7,1	≥2000	+ 2,0
Таялка 36	1 x 3,5	0,1	нет	6,3	151	+ 4,0
Таялка 37	4 x 8	0,15	нет	6,6	156	+ 4,0

Как следует из данных таблиц 1 и 2 проточные и непроточные водоемы значительно отличались друг от друга по физико-химическим параметрам. Так, для воды проточных и слабопроточных водоемов были характерны значения pH в кислой или нейтральной области (6,5-7,6), а для воды большинства непроточных водоемов значения pH находились преимущественно в щелочной области (максимум 10,1). Средняя температура проточных водоемов была + 3-4 °C (только в трех мелководных озерах была выше 10°C), тогда как температура непроточных водоемов часто достигала значений в + 12-15°C. Значения общей минерализации (TDS) были низкими в проточных (6-35 ppm) и слабопроточных водоемах (20-66 ppm). В непроточных водоемах значения TDS были разнообразными, но чаще довольно высокими (86-94000 ppm).

В изучаемых пресноводных озерах были исследованы некоторые параметры бактериопланктона, такие как численность, биомасса и некоторые морфометрические параметры (табл. 3 и 4).

Таблица 3 – Численность, биомасса и некоторые морфометрические параметры бактерии планктона проточных пресноводных озер участка Вечерний оазиса Холмы Тала

Обозначение	Численность, млн. кл / мл	Площадь клеток, мкм ²	Длина клеток, мкм	Ширина клеток, мкм	Отношение длины / ширина	Диаметр клеток, мкм	Периметр клеток, мкм	Объем клеток, мкм ³	Биомасса, мг / л		
										не определялось	
Нижнее	<0,01	не определялось									0
Верхнее 1	<0,01	не определялось									0
Верхнее 2	<0,01	не определялось									0
Верхнее 3	0,02±0,02	0,5±0,3	1,2±0,5	0,5±0,2	2,8±1,0	0,8±0,3	3,0±1,2	0,3±0,3	0,007±0,008		
Гнездовое	0,07±0,02	0,6±0,2	1,4±0,3	0,6±0,1	2,7±0,6	0,9±0,2	3,4±0,7	0,3±0,1	0,022±0,013		
Промежуточное	<0,01	не определялось									0
Тялка 12	0,01±0,01	0,9±0,5	1,8±0,7	0,6±0,1	2,9±1,1	1,1±0,4	4,3±1,5	0,7±0,7	0,011±0,010		
Тялка 13	0,03±0,01	0,6±0,2	1,2±0,5	0,6±0,1	2,2±0,7	0,8±0,2	3,1±1,0	0,3±0,1	0,008±0,006		
Тялка 14	0,01±0,01	0,7±0,3	1,4±0,5	0,6±0,1	2,3±0,7	0,9±0,2	3,5±1,2	0,4±0,2	0,006±0,005		
Тялка 15	0,01±0,01	1,1±0,4	2,2±0,7	0,7±0,1	3,4±1,2	1,2±0,3	5,1±1,4	0,8±0,5	0,008±0,006		
Тялка 16	0,01±0,01	0,7±0,2	1,7±0,5	0,6±0,1	3,5±1,1	1,0±0,2	3,9±1,0	0,4±0,2	0,005±0,003		
Тялка 17	0,13±0,03	0,5±0,1	1,0±0,1	0,6±0,1	1,9±0,2	0,7±0,1	2,6±0,4	0,2±0,1	0,025±0,012		
Тялка 18	0,17±0,03	0,7±0,1	1,4±0,2	0,6±0,1	2,3±0,4	1,0±0,1	3,8±0,5	0,4±0,1	0,062±0,011		
Тялка 21	<0,01	не определялось									0
Тялка 22	0,01±0,01	0,6±0,4	1,2±0,5	0,6±0,2	2,0±0,7	0,8±0,3	3,1±1,2	0,3±0,3	0,004±0,006		
Тялка 23	0,03±0,01	0,6±0,1	1,2±0,2	0,6±0,1	2,0±0,3	0,9±0,1	3,0±0,4	0,3±0,1	0,008±0,003		
Тялка 24	0,13±0,03	0,5±0,1	1,2±0,2	0,5±0,1	2,3±0,2	0,8±0,1	2,9±0,4	0,2±0,1	0,029±0,014		
Тялка 25	0,05±0,01	0,5±0,2	1,1±0,3	0,6±0,1	2,0±0,6	0,8±0,2	2,9±0,7	0,2±0,1	0,012±0,006		
Тялка 31	0,28±0,03	0,5±0,2	1,2±0,3	0,5±0,1	2,2±0,5	0,8±0,2	3,1±0,7	0,2±0,1	0,066±0,030		
Тялка 33	0,09±0,02	0,8±0,3	1,6±0,4	0,6±0,1	2,7±0,5	1,0±0,2	4,1±0,9	0,5±0,2	0,041±0,021		
Тялка 38	0,32±0,04	0,5±0,1	1,2±0,1	0,5±0,1	2,2±0,2	0,8±0,1	3,2±0,4	0,2±0,1	0,074±0,026		
Тялка 39	0,68±0,09	0,8±0,1	1,6±0,1	0,6±0,1	2,6±0,2	1,1±0,1	4,1±0,3	0,5±0,1	0,312±0,047		

Таблица 4 – Численность, биомасса и некоторые морфометрические параметры бактерии планктона непроточных пресноводных озер участка Вечерний оазиса Холмы Тала

Обозначение	Численность, млн. кл / мл	Площадь клеток, мкм ²	Длина клеток, мкм	Ширина клеток, мкм	Отношение длины / ширина	Диаметр клеток, мкм	Периметр клеток, мкм	Объем клеток, мкм ³	Биомасса, мг / л
Озеро 147	0,47±0,10	0,5±0,1	1,1±0,1	0,5±0,1	2,0±0,2	0,8±0,1	2,8±0,4	0,2±0,1	0,096±0,036
Тялка 1	4,52±0,67	0,3±0,1	0,8±0,1	0,5±0,1	1,5±0,2	0,6±0,1	2,1±0,2	0,1±0,1	0,475±0,169
Тялка 2	1,32±0,17	0,3±0,1	0,8±0,1	0,5±0,1	1,7±0,2	0,6±0,1	2,2±0,3	0,1±0,1	0,161±0,066
Тялка 3	1,52±0,26	0,5±0,1	1,1±0,1	0,6±0,1	1,9±0,1	0,8±0,1	2,8±0,3	0,2±0,1	0,317±0,119
Тялка 4	2,02±0,34	0,6±0,1	1,3±0,2	0,6±0,1	2,1±0,2	0,9±0,1	3,3±0,4	0,3±0,1	0,631±0,224
Тялка 5	3,01±0,36	0,3±0,1	0,8±0,1	0,4±0,1	1,9±0,2	0,6±0,1	2,0±0,3	0,1±0,1	0,269±0,119
Тялка 6	0,95±0,12	0,4±0,1	1,0±0,1	0,5±0,1	1,9±0,1	0,7±0,1	2,5±0,2	0,2±0,1	0,151±0,034
Тялка 7	2,82±0,41	0,4±0,1	1,0±0,1	0,6±0,1	1,8±0,1	0,7±0,1	2,6±0,2	0,2±0,1	0,506±0,137
Тялка 8	0,95±0,29	0,8±0,3	1,8±0,5	0,5±0,1	3,1±0,8	1,0±0,2	4,3±1,0	0,5±0,2	0,401±0,192
Тялка 9	2,22±0,28	0,4±0,1	0,9±0,1	0,5±0,1	1,7±0,2	0,7±0,1	2,3±0,3	0,1±0,1	0,307±0,109
Тялка 10	4,46±0,40	0,5±0,1	1,1±0,1	0,6±0,1	1,7±0,1	0,8±0,1	2,8±0,3	0,2±0,1	0,939±0,280
Тялка 11	2,02±0,32	0,7±0,1	1,5±0,2	0,6±0,1	2,4±0,3	1,0±0,1	3,7±0,5	0,4±0,1	0,771±0,205
Тялка 19	0,49±0,10	0,4±0,1	0,9±0,1	0,5±0,1	1,7±0,1	0,7±0,1	2,3±0,4	0,1±0,1	0,069±0,027
Тялка 20	0,24±0,03	0,5±0,1	1,1±0,1	0,6±0,1	1,9±0,1	0,8±0,1	2,7±0,4	0,2±0,1	0,048±0,015
Тялка 26	0,71±0,14	0,4±0,1	1,0±0,1	0,6±0,1	1,8±0,2	0,7±0,1	2,6±0,3	0,2±0,1	0,130±0,054
Тялка 27	1,47±0,23	0,5±0,1	1,0±0,1	0,6±0,1	1,7±0,1	0,7±0,1	2,6±0,3	0,2±0,1	0,274±0,090
Тялка 28	0,49±0,16	0,6±0,3	1,3±0,3	0,6±0,1	2,0±0,2	0,9±0,2	3,5±1,0	0,3±0,2	0,176±0,159
Тялка 29	0,52±0,08	0,4±0,1	0,9±0,1	0,5±0,1	1,6±0,1	0,7±0,1	2,4±0,4	0,1±0,1	0,076±0,035
Тялка 32	0,89±0,15	0,5±0,1	1,1±0,1	0,5±0,1	2,0±0,2	0,8±0,1	2,8±0,3	0,2±0,1	0,177±0,043
Тялка 34	0,66±0,11	0,5±0,1	1,2±0,2	0,5±0,1	2,3±0,3	0,8±0,1	3,0±0,4	0,2±0,1	0,146±0,056
Тялка 36	0,60±0,09	0,5±0,1	1,2±0,2	0,5±0,1	2,4±0,2	0,8±0,1	3,0±0,4	0,2±0,1	0,139±0,059
Тялка 37	0,22±0,06	0,5±0,1	1,1±0,1	0,6±0,1	1,9±0,2	0,8±0,1	2,9±0,4	0,2±0,1	0,046±0,018

Для этого образцы хранили в растворе 4 % формалина. Для анализа количественных и морфометрических параметров бактериопланктона применяли метод эпифлуоресцентной микроскопии на ядерных фильтрах с диаметром пор 0,2 мкм. Использовали инвертированный микроскоп «Axiovert 25» с телекамерой AxioCam MRc. Приготовленные препараты просматривали под иммерсионным объективом (100 х). Снимки делали в программе Axiovesion Rel. 4.4 по 10 параллельных с каждого фильтра. Обработка полученных данных производилась в программе Image-Pro Plus.

Как следует из данных, представленных в таблицах 3 и 4 общая численность бактериальных клеток в проточных водоемах была довольно низкой и находилась в пределах от $0,01 \pm 0,01$ млн. кл / мл до $0,13 \pm 0,03$ млн. кл / мл. А в пяти из 18 довольно крупных проточных водоемов бактериопланктона вообще зафиксировано не было. Численность бактерий в слабопроточных водоемах была выше и находилась в диапазоне от $0,17 \pm 0,03$ млн. кл / мл до $0,68 \pm 0,09$ млн. кл / мл. В тоже время численные характеристики бактериопланктона непроточных водоемов колебались в широких пределах – от $0,22 \pm 0,06$ млн. кл / мл до $4,52 \pm 0,67$ млн. кл / мл.

Биомасса бактериопланктона проточных водоемов находилась в пределах $0,004 \pm 0,006$ – $0,041 \pm 0,021$ мг / л. Биомасса бактериопланктона слабопроточных водоемов находилась в пределах $0,062 \pm 0,011$ – $0,312 \pm 0,047$ мг / л, биомасса бактериопланктона непроточных водоемов находилась в пределах $0,046 \pm 0,018$ – $0,939 \pm 0,280$ мг / л.

Среднее количество микробиальной биомассы, рассчитанное для проточных водоемов, составило $0,011 \pm 0,010$ мг / л, для слабопроточных – $0,128 \pm 0,076$ мг / л, для непроточных – $0,287 \pm 0,095$ мг / л. Таким образом, можно сделать заключение, что биопродуктивность бактериопланктона в непроточных водоемах самая максимальная и более чем в 20 раз выше биопродуктивности бактериопланктона проточных водоемов. Слабопроточные водоемы тоже довольно продуктивны, но уступают по этому показателю непроточным водоемам в 2 раза.

Необходимо отметить, что вышесказанное правильно при расчете биомассы бактериопланктона на 1 литр воды водоема. Но необходимо учитывать и тот факт, что водозапас непроточных водоемов, как правило, довольно небольшой, так что в целом биопродуктивность такого водоема может быть низкой по сравнению с биопродуктивностью проточных водоемов, для большинства из которых характерен большой водозапас. Тем не менее, непроточные водоемы можно рассматривать как локальные сезонные центры интенсивного образования органического вещества.

Литература

1. Sjoling S., Cowan, D.A. (2003) High 16S rDNA bacterial diversity in glacial meltwater lake sediment, Bratina Island, Antarctica. *Extremophiles* 7. 275-282.
2. Van den Burg. (2003) Extremophiles as a source for novel enzymes. *Curr. Opin. Microbiol.* 6. 213-218.

ПРОВЕДЕНИЕ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ РАЗЛИЧНЫХ МОРЕЙ ЮЖНОГО ОКЕАНА В СОСТАВЕ РОССИЙСКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ

А.В. Неелов, А.Ф. Пушкин, И.С. Смирнов

Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург. smiris@zin.ru

Изучение фаунистического состава морской антарктической биоты отечественными биологами было начато в 1956 г. в составе 1-й Комплексной антарктической экспедиции (КАЭ) и продолжалось в последующих экспедициях КАЭ, потом в составе Советской антарктической экспедиции (САЭ), а затем и в Российской антарктической экспедиции (РАЭ). Сбор материалов осуществляли с борта экспедиционных исследовательских судов д/э «Обь», «Михаил Сомов», НЭС «Академик Фёдоров» и «Академик Трёшников». Значительный вклад в познание таксономической структуры фауны глубоководных зон Южного океана внесли работы на академических НИС «Академик Курчатов», «Дмитрий Менделеев», «Профессор Иоффе». С 1965 г. в исследования фауны антарктических морей включились институты системы ВНИРО с многочисленными рыбопоисковыми экспедициями на судах Минрыбхоза СССР, начало которым и многим последующим, в первую очередь, положили экспедиции на НПС «Академик Книпович». Все эти исследования были проведены в различных районах Антарктики в диапазоне глубин от 100 м и глубже, вплоть до максимальных глубин 8800 м в Южном Сандвичевом желобе. Но большинство из них было проведено на шельфе, значительно меньше в верхней части континентального склона, и совсем немного работ осуществлено на океаническом дне и лишь единицы в глубоководных желобах, т.е. в ультраабиссали, или хадали. Аналогичные работы проводили и зарубежные экспедиции.

Вместе с тем, мелководные прибрежные акватории оставались абсолютно не исследованы в гидробиологическом отношении, если не считать редкие сборы рыб, пойманных на удочку из подо льда вблизи отечественных научных станций участниками антарктических экспедиций. Еще реже попадались им представители эпифауны. Изучение прибрежных экосистем приконтинентальных морей Антарктики является очень трудным в силу практически круглогодичного присутствия окаймляющих берега Антарктиды льдов, из-за чего работы с лодок сильно затруднены или просто невозможны, а исследовательские суда близко к берегу не подходят. Единственно возможным методом исследования прибрежных мелко-

водных акваторий могут быть только работы с помощью легководолазной техники – акваланга, главным образом, со льда.

Другое дело, – исследования мелководий у приантарктических островов, а также в единственном районе у континента, где летом не бывает льда – у западных берегов Антарктического полуострова с прилегающими островами, т.е. в тихоокеанском секторе Антарктики. Именно здесь впервые с помощью акваланга были сделаны подлёдные погружения американского биолога (Neushul, 1959) на Ю. Шетландских о-вах. Но первые сезонные гидробиологические исследования антарктической донной биоты под припайным льдом со сбором материалов до глубины 63 м были осуществлены советскими биологами А.Ф. Пушкиным и Е.Н. Грузовым под руководством М.В. Проппа в сезон 1965-1966 гг. в составе 11-й САЭ в море Дейвиса в районе обсерватории Мирный. Все перипетии и успехи этой экспедиции описаны М.В. Проппом в научно-популярной книге «С аквалангом в Антарктике» (Ленинград: Гидрометеорологическое издательство. 1968. 265 с.). Позже эти работы ими были продолжены здесь же в 1967-1968 гг. в составе 13-й САЭ, а также были исследованы районы у станции Молодёжная и в бухте Ардли о. Кинг-Джордж, у станции Беллинсгаузен на Южных Шетландских о-вах.

Впервые в истории исследования Антарктики круглогодичные фенологические гидробиологические исследования донных и криопелагических (ледовых) биоценозов и экосистем с помощью акваланга были проведены у Мирного биологами Зоологического института под руководством Е.Н. Грузова в 1970-1972 гг. в составе 16-й САЭ. В экспедиции принимали участие гидробиолог из Белоруссии Ю.Г. Гигиняк и сотрудник Института цитологии АН В.Б. Андроников. Результатом этих работ стала серия публикаций с описаниями новых для науки видов различных групп антарктической фауны. Особенно плодотворными оказались исследования биоразнообразия фауны морских пауков – многоколенчатых (Pycnogonida) прибрежных сообществ антарктических морей, послужившие основой, вкупе с одной из представительнейших коллекций этих животных мировой фауны Зоологического института РАН, монографического исследования пикногонид Южного океана (Пушкин, 1993). Вторым важнейшим результатом этих работ стало установление и объяснение причин широкого диапазона вертикального распределения видов донной фауны с максимумом их видового представительства на бровке шельфа – нижней зоне сублиторали и верхней зоне батиаля (Андряшев, 1964, 1979, 1986; Бушуева, 1974 и многие другие авторы), что наиболее наглядно представлено в диаграмме вертикального распределения иглокожих Южного океана в Атласе Антарктики (Грузов, 2005; Грузов, Смирнов, 2005). Особенность такого распределения донной биоты в морях Антарктики явилась следствием переуглублённости антарктического шельфа в результате изостатического опускания края

континентальной платформы под огромным давлением ледникового щита Антарктиды и развития мощных шельфовых ледников во время их максимального развития в начале четвертичного периода и постепенное смещение обитания шельфовых видов фауны на большие глубины (Воронов, 1960; Андрияшев, Грузов, 1974; Грузов, 1974, 1978).

Именно здесь и тогда, впервые были проведены наблюдения над биологическими циклами и адаптациями у морских обитателей, многие из которых в зимний период впадают в состояние анабиоза, в условиях отрицательных температур воды и отсутствия света. Важным биологическим открытием стало выявление длительного, более года, развития половых продуктов у антарктических видов рыб и переход состояния гонад после нереста в III стадию зрелости, минуя II, что свойственно большинству видов рыб, так как в это время в гонадах уже присутствуют ооциты трофоплазматического роста новой генерации следующего года нереста (Андрияшев, Фалеева, Буцкая, 1979).

Исключительно важными явились исследования криопелагического сообщества нижней поверхности льда, также впервые детально изученного в этой экспедиции (Грузов, Пропп, Пушкин, 1967). В дальнейшем кратковременные сборы прибрежных бентосных животных и рыб были сделаны А.Ф. Пушкиным у побережья о-ва Кергелен во время его участия в III рейсе НПС «Скиф» в 1970-1971 гг., и им же в 1987-1990 гг. в составе 33-й и 34-й САЭ на НЭС «Академик Фёдоров» в его I и II рейсах к берегам Антарктиды. В том числе впервые А.Ф. Пушкиным были проведены водолазные сборы проб в оазисе Бангера. После этого все биологические работы были практически прерваны на долгие 20 лет. Правда, используя водолазный опыт зиновцев по работам у берегов Антарктиды и собственный опыт работ подо льдами в Арктике на ледовых станциях СП, сотрудник Института океанологии АН И.А. Мельников провёл в 80-х годах круглогодичные исследования мелководий на польской станции им. Х. Арцтовского в заливе Адмиралти о. Кинг-Джордж, а затем в 1992 г. на дрейфующей станции «Уэдделл-1» в море Уэдделла.

Фактические результаты этих экспедиций, их ход и встречи с обитателями Антарктики запечатлены С.Н. Рыбаковым в опубликованном им Атласе фотографий «Живая Антарктика» (М.-Л.: Гидрометеиздат. 1976. 186 с.) и в двух научно-популярных книгах: «С фотоаппаратом под водой и льдами» (Л.: Гидрометеорологическое издательство. 1968. 168 с. и «Под водой в Антарктике», М.: Изд-во «Мысль». 1981. 128 с.). А также участник водолазной группы ЗИНа в 16-й САЭ А.М. Шереметевский написал книгу «Дворец ледяной королевы» (2008, Санкт-Петербург: Изд-во «Европейский дом», 230 с.).

В 1996 г. и в 2000 г. гидробиологи Зоологического института участвовали в международных экспедициях в море Уэдделла на немецком ледоколе «Полярштерн». Тогда была проделана большая работа по сбо-

ру и обработке полученных коллекций, которая завершилась изданием значительно пополнившегося видами списка морских беспозвоночных и рыб не только для исследованного моря, но и для антарктических морей в целом (Gutt et al., 2000).

После принятия в 1999 г. Федеральной Целевой Программы (ФЦП) “Мировой океан”, составной частью которой была подпрограмма “Изучение и исследование Антарктики”, в подраздел этой темы, в свою очередь, был включён Проект “Комплексное изучение антарктической биоты”. Этот проект возглавил Зоологический институт РАН, биологические исследования были вновь возобновлены сначала на суше, а затем и на море. Началом этих исследований послужило участие в 51-й РАЭ сотрудника ЗИНа Н.В. Усова в круглогодичных работах по исследованию динамики видового состава и количественного представительства отдельных видов зоопланктона в пелагиали бухты Ардли залива Максвелла у станции Беллингаузен (о. Кинг-Джордж), продолженные в 52-56-й РАЭ. Т.е., в 51-й РАЭ был заложен мониторинг исследования сезонной и межгодовой таксономической и количественной динамики планктона в прибрежной пелагической экосистеме этого региона Южного океана, продолжавшийся в течение пяти лет. Отдельные результаты этих работ, в том числе о протозоопланктоне пелагической экосистемы, были последовательно опубликованы (Усов, 2007; Поважный, 2009; Тихоненков, 2011), а суммирующие итоги пятилетнего круглогодичного мониторинга пелагиали бухты Ардли были подытожены в работе 2012 г. (Усов, Неелов и др., 2012). Эти исследования показали, что никакого чётко направленного межгодового тренда ни в гидрологических условиях, ни в структуре экосистемы пелагиали этого района Антарктики, якобы находящегося под значительным влиянием глобального потепления, не было выявлено. Вместе с тем, удалось установить чёткое сезонное изменение в количественных показателях отдельных видов, без существенной при этом изменчивости качественной, т.е. видового представительства – таксономической структуры планктонного сообщества, фактически оставшейся одинаковой во все сезоны и годы проведенных наблюдений и насчитывавшей в своем составе до 32 видов и родов (когда видовое определение было невозможно) различных групп зоопланктона и 8 более крупных таксономических групп планктона, включая личинок. Количественные же характеристики численности и биомассы зоопланктона пелагиали бухты Ардли претерпевали значительные изменения от года к году, чётко зависящие от конкретных гидрологических условий данного года в зависимости – тёплый он или холодный, что в межгодовом показателе выражалось в виде синусоидальной кривой по всем отмеченным показателям.

В составе сезонного отряда 52-й РАЭ, после длительного перерыва гидробиологи ЗИНа снова приступили к исследованиям прибрежных мелководий с помощью акваланга. Группа биологов Института из пяти чело-

век под руководством Б.И. Сиренко провела сезонные водолазные работы в бухте Нелла залива Прюдс моря Содружества в районе станции Прогресс в Восточной Антарктиде, а также вблизи китайской станции в западной части залива Прюдс. В бухте Нелла были заложены четыре разреза до глубины 42 м, на которых методом количественного учёта, разработанного зинновцем – энтузиастом подводных исследований А.Н. Голиковым, было сделано 14 гидробиологических станций, на которых в 90 пробах выявлено 6 видов макроводорослей и более 200 видов донных животных. В результате проведенных работ был выявлен видовой состав и оценена количественная составляющая биоценозов донной экосистемы прибрежья залива Прюдс как экспериментального полигона у берегов Восточной Антарктиды.

В летний сезон 54-й РАЭ эти работы были повторены на 5 аналогичных разрезах, что дало возможность оценить межгодовую изменчивость в структуре прибрежных донной и криопелагической экосистем и, в купе с данными 52-й РАЭ, - их принципиальное отличие от таковых моря Дейвиса, существенно разнящихся орографически.

В настоящее время завершено написание рукописей разделов и статей по отдельным группам донных животных и структуре биоценозов прибрежных экосистем залива Прюдс моря Содружества для готовящейся к изданию монографии по результатам гидробиологических водолазных работ 52-й и 54-й РАЭ по изучению биоты мелководий у станции Прогресс (Восточная Антарктида).

В летний сезон 56-й РАЭ гидробиологи ЗИНа провели аналогичные исследования с помощью акваланга в прибрежных водах о. Кинг-Джордж в районе станции Беллинггаузен (Южные Шетландские острова). Основные материалы водолазных работ были собраны на 3-х разрезах до глубины 50 м в бухте Ардли залива Максвелла, на которых обнаружено более 130 видов беспозвоночных бентоса и 15 видов макроводорослей.

Наконец, в 59-й РАЭ вновь были продолжены водолазные работы по изучению состояния и динамики прибрежных экосистем залива Прюдс, с обращением особого внимания на видовой состав различных донных биоценозов данной акватории. Эти работы будут завершены уже в этом году – в сезон 2014 г., и они, как мы надеемся, смогут выявить изменения или констатировать межгодовую стабильность в структуре прибрежной биоты залива Прюдс, что с полным правом можно рассматривать как результат мониторинговых исследований донных и криопелагических прибрежных экосистем в морях Восточной Антарктиды.

Дальнейшее развитие наших гидробиологических водолазных работ в Антарктике планируется осуществить в летний сезон 60-й РАЭ, снова на станции Беллинггаузен, как продолжение и развитие сделанных здесь ранее работ в 13-й САЭ и 56-й РАЭ с аналогичными целями и задачами.

Осенью 2012 г. в свой первый рейс в Антарктику в составе 58-й РАЭ

ушло новое НЭС «Академик Трёшников», на борту которого работали гидробиологи ЗИНа, собравшие небольшой, но очень интересный материал в юго-восточной части моря Беллинсгаузена, одном из наименее изученных районов Антарктики. В составе 59-й РАЭ на борту НЭС «Академик Фёдоров» в район тихоокеанского сектора Южного океана вновь отправилась маленькая группа гидробиологов ЗИНа, чтобы продолжить исследования донной фауны наименее изученных в фаунистическом отношении морей Амундсена и Беллинсгаузена, начатых в 1-м рейсе НЭС «Академик Трёшников».

Таким образом, сотрудники ЗИН РАН совместно с ботаниками БИНа осуществляют мониторинговые исследования в различных районах Южного океана, в том числе, в двух различных прибрежных акваториях: в высокоширотном районе Восточной Антарктиды – в заливе Прюдс, и в низкоширотном районе Западной Антарктики – в южной составляющей АЦТ - в заливе Ардли о-ва Кинг-Джордж, в группе Южных Шелландских островов.

Эти работы планируется проводить и в дальнейшем, согласно концепции правительства РФ – «Обеспечение геополитических интересов Российской Федерации в Антарктике».

РОЛЬ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИИ ПРИБРЕЖНОЙ АНТАРКТИДЫ В ИЗУЧЕНИИ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ЗЕМЛИ

**А.Л. Панин¹, А.Б. Белов¹, А.Е. Гончаров², В.Н. Болехан¹,
Д.Ю. Власов³, Ш.Б. Тешебаев⁴, А.Н. Шаров⁵, А.В. Толстикова⁶,
Л.И. Краева¹, Н.Г. Владимирова¹**

¹Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, alp.1952@mail.ru

²Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург

³Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

⁴Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург

⁵Санкт-Петербургский научно-исследовательский Центр экологической безопасности РАН, Санкт-Петербург

⁶Институт водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

Микроорганизмы одними из первых реагируют на потепление или похолодание климата. По этой причине видоизменения в микробиоценозах, опре-

деляемых микробиологическим мониторингом (ММ), могут быть объективным прогностическим фактором (предиктором) климатических изменений.

Под ММ понимается система постоянного динамичного слежения за циркуляцией микроорганизмов с целью оценки характера эпидемического процесса, тенденций его развития, выявление условий заражения и разработки на этой основе оптимальных управленческих решений, целенаправленных профилактических и противоэпидемических мероприятий. Одним из возможных последствий изменения климата может быть ухудшение эпидемиологической обстановки в связи с расширением нозоареалов возбудителей ряда инфекционных заболеваний. Происходящая в Антарктиде антропогенная трансформация внешней среды влияет на условия выживания и размножения бактерий. Развитие туристической индустрии в Антарктическом регионе способствует увеличению заноса новых инфекционных агентов. Вышесказанное обуславливает необходимость организации специальных исследований по изучению распространенности микроорганизмов, имеющих медицинское значение.

Наиболее интенсивное потепление климата отмечается в полярных зонах Земли. Всемирная метеорологическая организация констатирует, что в XX веке общее повышение температуры приземного атмосферного слоя составило 0,6°C по сравнению с XIX столетием. В наибольшей степени это произошло на Аляске, в Арктических регионах и в Антарктиде, где за последние 20 лет скорость нарастания температуры увеличилась в три раза. Происходящее потепление климата способствовало разработке Всемирной организацией здравоохранения специальной программы по оценке воздействия климата на здоровье населения планеты.

Систематическое изучение микробиоты в антарктических экосистемах проводится с 1996 года (42-й сезон Российской антарктической экспедиции (РАЭ)). Эти работы сопровождаются санитарно-бактериологическими и химическими исследованиями воды, грунта, представителей флоры и фауны в районах расположения объектов РАЭ. За период с 1996 по 2011 гг. отмечено увеличение количества бактерий в единице объема грунта в 1,5-3 раза на территориях объектов РАЭ, а также их большее разнообразие по сравнению с участками, не задействованными антропогенным воздействием. Наряду с исследованием микробных биоценологических взаимоотношений, в сезон 50 РАЭ (2004-2005 гг.) начался поиск иерсиний. Эти бактерии способны длительно существовать и размножаться в олиготрофных условиях при низкой положительной температуре (психрофилы). Они являются возбудителями инфекционных заболеваний (псевдотуберкулез и кишечный иерсиниоз), протекающих с разнообразной клинической картиной, маскируясь под более, чем 30 инфекционных и неинфекционных заболеваний. Не редкостью являются диагнозы аппендицита, аллергической сыпи и др. При этом таких

больных напрасно оперируют или проводят им не адекватную терапию. В условиях Антарктиды информация о возможности развития такой инфекционной патологии ставит врачей-хирургов перед необходимостью более внимательно собирать эпидемиологический анамнез, проводить обоснованную выжидательную тактику и избегать преждевременного оперативного вмешательства.

Среди животного мира шестого континента наиболее вероятным резервуаром и источником иерсиний являются птицы. Поэтому была выполнена факультативная программа исследований «Изучение механизмов взаимного влияния орнитофауны и антропогенного воздействия в районах размещения объектов РАЭ». В реализации данной программы принимали участие врач-микробиолог (ответственный исполнитель), орнитолог, ботаник и лихенолог. Полученные данные позволили высказать предположение, что возможным резервуаром иерсиний в Антарктиде могут быть поморники и доминиканские чайки, наиболее тяготеющие к человеческому жилищу.

В ходе 52 РАЭ на территории острова Хасуэлл были обнаружены одиннадцать культур *Yersinia enterocolitica*. Из них у пяти изолятов выявлены генетические маркеры вирулентности. Особого внимания заслуживает территория острова Хасуэлл в 2,5 км от обсерватории Мирный. Вблизи острова обитает крупная колония императорских пингвинов; на его территории гнездятся пингвины Адели, поморники и другие птицы. Данная территория острова является заповедником не только для пернатых, но и для разнообразных бактерий, что было показано в период проведения сезонных работ 56 РАЭ (2010-2011 гг.). В этом месте удалось изолировать *Photorhabdus asymbiotica*, *Yersinia enterocolitica*, *Yersinia aldovae*, *Yersinia kristensenii*, *Comamonas terrigena*, *Kingella denitri*, *Stenotrophomonas maltophilia*. В ходе исследований удалось изолировать из объектов окружающей среды более сотни штаммов условно-патогенных бактерий. Среди них преобладали энтеробактерии, псевдомонады, психрофильные микроорганизмы и микромицеты. Качественно новым в работе сезона 56 РАЭ явилось расширение участников совместных работ, понимание важности ассоциативных взаимоотношений бактерий, микромицетов и цианобактериальных матов. Особое внимание было обращено на потенциальных хозяев и пути циркуляции патогенных бактерий в антарктических экосистемах.

Успех научного поиска и проведения ММ связан с техническими возможностями. Поэтому кратко укажем материалы и методы, использованные в 56 РАЭ. Работы включали зондирование водной толщи озер при помощи STD-зонда (Quanta, США), взятие проб осуществлялось батометром Рутнера (2 л), планктонной сетью Апштейна (сито № 64) и трубчатым дночерпателем (стратометром) в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000. Биологические пробы фиксировали 4 % формалином или 96% спиртом,

микробиологические пробы хранили в замороженном виде. Первичная обработка биологических проб выполнялась на антарктических станциях с использованием бинокля МБС 9 и стереомикроскопов Биомед и Микромед-1. Пробы фитопланктона концентрировали осадочным методом. Для определения концентрации хлорофилла «а» в планктоне воду фильтровали через фильтры с диаметром пор 22 мкм. Отбор проб различных субстратов, а также их последующий анализ проводились по общепринятым методикам в бактериологической лаборатории НЭС «Академик Фёдоров» и в стационарных условиях основных мест работы специалистов-микробиологов. Использовали сертифицированный пробоотборник воздушной среды ПУ-1Б, транспортные среды и контейнеры. Для культивирования и идентификации грибов применяли среды Чапека, Сабуро и картофельно-глюкозный агар.

Поиск иерсиний осуществляли при помощи дифференциально-диагностической питательной среды для выделения иерсиний (СБТС) и агара Эндо. Посевы выращивали при температуре +26°C 24–48 часов. В стационарных условиях ИФА-диагностику осуществляли с использованием фотометра микропланшетного ELx800, BioTek, США; ПЦР-диагностику выполняли на амплификаторе Терцик МС-2+ (ДНК-Технология, Россия). Использовались технологии MALDI-TOF/MS и секвенирование амплифицированных фрагментов генов.

Всего в ходе микробиологических работ 56 РАЭ было изолировано и доставлено в Санкт-Петербург 198 штаммов микроорганизмов. После проведения первичной идентификации остались неопознанными 30 штаммов, которые в дальнейшем были изучены с помощью MALDI-TOF/MS. В результате исследования идентифицированы 15 штаммов *Serratia* двух видов: *Serratia liquefaciens* и *Serratia grimesii*; 2 штамма *Staphylococcus sciuri*, 3 штамма *Citrobacter freundii*, 10 штаммов *Lactobacillus*. Таким образом, для полной идентификации большого количества проб микроорганизмов (представителей различных семейств) в ограниченных временных сроках экспедиционных работ целесообразно использование технологии MALDI-TOF/MS. При выделении психрофилов изолировано значительное количество бактерий рода *Pseudomonas*: флуоресцирующие виды – *Pseudomonas* (*P. putida*, *P. chlororaphis*, *P. oryzihabitans*, *P. fluorescens*, *P. luteola*) и нефлуоресцирующие виды – без видовой дифференциации – *Pseudomonas* spp. Изолировано 8 штаммов иерсиний: 5 – *Yersinia enterocolitica*, 2 – *Yersinia kristensenii* и 1 – *Yersinia aldovae*. Достаточно часто встречается *Burkholderia serasia* – вызывает как внебольничные, так и больничные инфекции, а также условно патогенные бактерии: *Eikinella corroides*, *Kingella denitrificans*, *Achromobacter xyloso*, *Obesumbacterium proteus*, *Photorhabdus asymbiotica*, *Stenotrophomonas maltophilia*. Реже изолировались другие возбудители: *Alcaligenes faecalis*, *Acinetobacter* (*A. lwoffii*, *A. haemolyticus*), *Brevundimonas*

vesicularis, *Sutonella indologenes*, *Ochrobacterium anthropi*, *Comamonas terrigena*, *Klebsiella pneumonia*, *Enterobacter cloacae*, *Citrobacter freundii*, *Oligella ureolytica*, *Tatumella physeos*, *Serratia* (*S. marcescens*, *S. ficana*, *S. plymuthica*, *S. liquefaciens*).

Для видовой идентификации микроорганизмов было проведено секвенирование амплифицированных фрагментов генов 16SrDNA с использованием праймеров fD1 (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3') и rP2 (5'-ACGGCTACCTTGTACGACTT-3') согласно методике, предложенной W.G. Weisburg и соавт. (1991) [Weisburg, W.G.; Barns, S.M.; Pelletier, D.A.; Lane, D.J. (1991). 16S ribosomal DNA amplification for phylogenetic study. *J. Bacteriol.*, 173, 697-703.]. Полученные присеквенированные последовательности были выравнены с использованием алгоритма BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>). Последовательности генов 16S rDNA штаммов 90 и 97 оказались на 95-97% гомологичными с соответствующей последовательности штамма *Psychrobacter faecalis* strain UCL-NF 1590 (GenBank № HQ698588.1). Полученные последовательности были депонированы в GenBank под номерами KJ398192 и KJ398193 соответственно.

При проведении микологических исследований показано, что процессы деградации конструкций полярных объектов связаны с присутствием микромицетов из родов *Alternaria*, *Cladosporium*, *Exophiala*, *Trichophyton*, *Phoma*. Особенно часто изолировались представители рода *Trichophyton*, имеющие важное медицинское значение. Визуальное обследование жилых и рабочих помещений полярных станций не выявило существенного биогенного разрушения материалов. Однако присутствие микромицетов в воздушной среде зафиксировано во всех обследованных помещениях. Лишь в 2 из 16 проб их не было отмечено. В остальных пробах количество видов в пробе колебалось от 1 до 8. При этом содержание спор в воздухе составляло от 20 до 350 на 1м³ воздуха. В 80% исследованных проб встречались условно-патогенные для человека микромицеты из родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*. При этом выявлены зоны повышенного риска – бани (сауны), где обнаружен рост темноокрашенных плесневых грибов, а содержание спор значительно превышало допустимое значение (до 500 спор на 1м³ воздуха). В 16 пробах воздуха были изолированы: *Aspergillus* (*A. carneus*, *A. sulfurous*, *A. candidus*, *A. versicolor*), *Penicillium* (*P. stoloniferum*, *P. citrinum*, *P. olivaceum*, *P. chrysogenum*, *P. purpurogenum*), *Cladosporium* (*C. herbarum*, *C. sphaerospermum*), *Paecilomyces* (*P. viridis*, *P. lilacinum*, *P. fumoseroseum*), *Scopulariopsis* (*S. brumptii*, *S. koningii*), *Trichophyton* (*T. tonsurans*, *T. tonsurans*), *Mucor racemosus*, *Chloridium* sp., *Exophiala* sp., *Gliocladium* sp., *Gonatobotry* ssp. Большинство выявленных видов также относится к группе условно патогенных для человека микромицетов.

Все выделенные микроорганизмы относятся к группе условно-

патогенных и сапрофитных микробов, которые при наличии факторов патогенности могут стать причиной развития инфекционных процессов у людей со сниженным иммунным статусом в экстремальных условиях Антарктиды. Состав и численность бактерий и микромицетов влияют на условия жизни людей на полярных станциях. Несмотря на кажущееся разнообразие бактерий и микромицетов в Антарктике, можно говорить о высоко дискретном их распределении в наземных экосистемах. Так, в пустынных внутриконтинентальных районах их мало. Их количество заметно возрастает на прибрежных территориях с более тёплым климатом, вблизи колоний животных, а также в зонах антропогенного влияния. Адаптация организмов к жизни в Антарктике означает не только адаптацию к жизни при низких температурах, но и способность выживать при постоянных циклах замораживания и оттаивания. Основным результатом исследований по программе микробиологического мониторинга в Антарктике, проведенного РАЭ, стало определение феномена антропогенной модификации сообществ микроорганизмов в естественных экосистемах и в изолированных средах обитания человека. Зафиксировано появление агрессивных (условно-патогенных и патогенных) штаммов, а также деструкторов строительных материалов и конструкций в районах антропогенного влияния в Антарктике.

Экспериментально показано, что большинство выявленных бактерий и микромицетов характеризуется широким спектром ферментативной активности, что можно рассматривать как важный фактор адаптации к экстремальным условиям Антарктики. Ферментативная активность может значительно варьировать при различных температурах. Полученные данные значительно расширили существующее представление о микробиологическом разнообразии антарктического континента, условиях их приспособления к экстремальным условиям окружающей среды, влиянии микроорганизмов на состояние здоровья участников экспедиций и надежность строительных конструкций. Распространение микроорганизмов в Антарктике может осуществляться благодаря человеку, жизнедеятельности морских птиц и млекопитающих, а также с воздушными потоками.

В заключение необходимо отметить, что за 18 лет проведения ММ в Антарктиде отмечается рост высеваемости широкого спектра микроорганизмов. Часть из них вызывают инфекционные и аллергические болезни. Анализ заболеваемости полярников и накопление этого материала, особенно в условиях зимовочных работ, позволит обосновать концепцию «полярной эпидемиологии», как частный раздел эпидемиологии, теоретически обосновывающий концепцию противозидемической защиты населения и территории хозяйственного комплекса Арктики и Антарктики, а также пути ее реализации в практической деятельности полярной медицины, изучающей феномен «метеозависимости здоровья полярников».

Немаловажно использовать подходы эпидемиологической науки в поиске прогностических факторов (предикторов) глобального изменения климата, что должно отражаться на состоянии микробиоты. В целом, ММ является чрезвычайно перспективным направлением научных исследований, с точки зрения как теоретической, так и практической деятельности по успешному освоению полярных зон Земли.

БЛАГОДАРНОСТИ. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ «Реакция озер на изменения климата» № 10-05-00963.

РОССИЙСКИЕ (СОВЕТСКИЕ) ГЕОЛОГО- ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В АНТАРКТИКЕ

**С.В. Попов¹, А.В. Киселёв¹, А.И. Погорельский¹, Ю.Б. Гусева¹,
В.В. Гандюхин¹, Д.М. Воробьёв¹, В.В. Лукин²**

¹Полярная морская геологоразведочная экспедиция, Санкт-Петербург, spovov67@yandex.ru

²ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург.

Открытие обсерватории Мирный 13 февраля 1956 г. на побережье моря Дейвиса положило начало советских, а затем и российских, исследований в Антарктике. С самого начала наша страна продемонстрировала желание и решимость завоевать ведущие позиции в деле изучения и освоения этого континента, работая при этом в тесном сотрудничестве с остальными государствами. Начиная с первых экспедиций, в части наук о Земле, в Антарктиде выполнялись наземные геофизические, гляциологические (включая буровые работы), аэрогеофизические, морские и специализированные геологические исследования. В последние десятилетия к ним добавилось ещё одно важное направление: экологические мероприятия, направленные на реализацию Протокола по охране окружающей среды к Договору об Антарктике (Мадридский протокол), ратифицированный нашей страной 24 мая 1997 г. Эти направления деятельности России сохраняются до сих пор.

На начальном этапе, советские исследования носили рекогносцировочный характер с целью получения общего, но достаточно основательного, представления о континенте в целом. Для этого были организованы многочисленные научные санно-гусеничные походы, в ходе которых были открыты подлёдные горы Голицына и Гамбурцева. Базами для походов и центрами научных наблюдений служили антарктические станции. За первое десятилетие в общей сложности их было открыто 14: *Мирный, Пионерская, Оазис, Комсомольская, Восток-1, Восток, Советская, По-*

люс *Недоступности*, *Лазарев*, *Дружба*, *Мир*, *Победа*, *Новолазаревская* и *Молодёжная*. Половина из них располагалась во внутренних районах Антарктиды. Уже в то время были начаты геологические, аэрогеофизические и морские исследования. Результатом этих обширных научных работ явилось первое представление о климате, ледниковом покрове, подлёдном рельефе, тектоническом строении и геологии континента. Достижения советских учёных нашли своё отражение в фундаментальном научном труде: первом в мире Атласе Антарктики. В 1971 г. он был удостоен Государственной премии.

Расцвет советских геолого-геофизических и гляциологических исследований в Антарктиде пришёлся на 1970-е и 1980-е годы. В этот период были открыты новые станции и полевые базы. Начало систематического изучения континента было положено в ходе операции «Эймери», продолжавшейся три полевых сезона. За это время в районе шельфового ледника Эймери и выводного ледника Ламберта (Восточная Антарктида) были выполнены комплексные аэрогеофизические исследования, а также глубинные сейсмические зондирования и зондирования МОВ. В ходе этой грандиозной операции получены уникальные данные о глубинном строении и подлёдном ландшафте этого региона. Результатами геологических работ стало открытие крупнейших в Антарктиде залежей железных руд и обнаружение тел пород кимберлитовой формации.

Опыт операции «Эймери» помог в организации последующих систематических комплексных площадных аэрогеофизических исследований в прибрежной части Антарктиды на территории от шельфового ледника Фильхнера на западе, до оазиса Вестфоль на востоке. В середине 1980-х годов была создана летающая лаборатория на базе самолёта Ил-18Д ГАЛ, которая успешно выполняла комплексные аэрогеофизические исследования во внутренних районах Антарктиды.

С 1981 г. в окраинных морях Антарктики начали проводиться морские геофизические исследования, включающие в себя сейсмические, гравиметрические и магнитометрические наблюдения, главным исполнителем которых также являлась ПМГРЭ. До 1992 г. морские исследования преимущественно выполнялись на арендованных судах (мало приспособленных для научных работ), производивших грузовые операции в Антарктике, в основном были сосредоточены вблизи сезонных баз (южная часть моря Уэдделла и море Содружества). В конце 1980-х и начале 1990-х годов в море Росса и в северной части моря Уэдделла выполнила работы Мурманская арктическая геологическая экспедиция (МАГЭ) на НИС «Геолог Дмитрий Наливкин».

С 1994 г. ПМГРЭ осуществляет программу регулярной рекогносцировочной морской геофизической съёмки в индоокеанской акватории Антарктики с использованием специализированного НИС «Академик

Александр Карпинский». В результате многолетних исследований получено около 80 000 пог. км сейсмических и гравимагнитных данных, позволяющих выявить основные черты глубинного строения земной коры и реконструировать историю геологического развития расположенных здесь крупных осадочных бассейнов.

После распада Советского Союза и преодоления последствий экономического кризиса, во второй половине 1990-х годов началось возрождение российских исследований в Антарктиде. ПМГРЭ продолжило выполнение систематических геологических работ в горах Принс-Чарльз и площадных комплексных аэрогеофизических исследований в прибрежных районах континента на землях Мак-Робертсона и Принцессы Елизаветы.

После открытия подледникового озера Восток, начиная с 1995 г. ПМГРЭ совместно с Российской антарктической экспедицией (РАЭ), возобновив научные исследования в санно-гусеничных походах, изучает этот природный феномен сейсмическими и радиолокационными методами. На начальном этапе работы осуществлялись лишь в районе акватории озера, затем они были существенно расширены и выполнялись также в полосе трассы ст. Мирный – ст. Восток, а затем ст. Прогресс – ст. Восток.

В ходе этих исследований ещё в 1990-х годах было установлено, что озеро Восток является водным телом, а также измерены скорости распространения акустических и электромагнитных волн в леднике. Это позволило определить его мощность непосредственно в пункте бурения на станции Восток. Средняя величина, по данным сейсмических и радиолокационных измерений составила 3768 м. Сейчас, благодаря проникновению в озеро Восток, известно, что истинная мощность ледника отличается всего на 10 м. Столь высокая для геофизики точность свидетельствует о высоком профессионализме российских исследователей.

Следующим важным достижением российских геофизических работ стало определение береговой линии озера Восток. Выяснено, что оно является изолированным водным телом и полностью располагается в каменных берегах. Этот важный вывод поставил точку в дискуссии о гипотетической возможности загрязнения подледной гидросферы Антарктиды в случае неудачного проникновения в озеро Восток.

За заслуги в изучении подледникового озера Восток 29 наших соотечественников были представлены к Государственным наградам РФ.

За шестьдесят лет советско-российских исследований, геофизическими съёмками было покрыто около 5 млн. кв. км Антарктиды, что составляет более трети её территории. Материалы наших аэромагнитных и радиолокационных исследований были использованы в международных проектах ADMAP (аномальное магнитное поле Антарктики), BEDMAP и BEDMAP2 (топография коренного ложа Антарктики), а также в изданном в 2011 г. первом в мире Геоморфологическом атласе Антарктиды.

Правительство РФ придаёт огромное значение исследованиям в Антарктиде. Подтверждая это, 30 октября 2010 г. была утверждена *"Стратегия развития деятельности Российской Федерации в Антарктике на период до 2020 года и на более отдалённую перспективу"*. В ней, в частности, указывается на связь международного престижа нашей страны и проведение *"...масштабных ... научных, природоохранных мероприятий, связанных с деятельностью России в Антарктике"*. В завершающей части документа делается вывод о том, что *"Проведение Российской Федерацией крупномасштабной научно-исследовательской деятельности в Антарктике является необходимым условием для сохранения за Россией статуса Консультативной Стороны Договора об Антарктике и является основанием для участия в подготовке и принятии всех решений, касающихся управления этим регионом и реализации существующего там особого международно-правового режима"*. При этом в части направления научных работ, геолого-геофизические исследования стоят на первом месте. В задачи текущего этапа (2014-2020 гг.) входит *"продолжение модернизации, технического перевооружения и реконструкции российской экспедиционной, транспортной и научной инфраструктуры ... а также укрепление престижа государства"*, а завершающего (2020-2030 гг.) – *"обеспечение позиций Российской Федерации как одного из мировых лидеров исследований в Антарктике"*.

ПМГРЭ, в тесном сотрудничестве с РАЭ, во исполнение решений Правительства РФ будет продолжать и расширять геолого-геофизические исследования в Антарктике. В недалёком будущем, геологические работы будут перенесены в оазис Бангера, аэрогеофизические наблюдения будут сосредоточены в районе станции Мирный, а морские – в Западной Антарктиде.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-05-00234-а.

КОМИССИЯ ПО СОХРАНЕНИЮ МОРСКИХ ЖИВЫХ РЕСУРСОВ АНТАРКТИКИ (АНТКОМ). ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ

Л. К. Пшеничнов

*Южный научно-исследовательский институт морского
рыбного хозяйства и океанографии (ЮЗНИРО)
Керчь, lkpikentnet@gmail.com*

Ввиду концентрации морских живых ресурсов в водах Антарктики и возросшего интереса к возможностям их использования во второй половине двадцатого века появилась настоятельная необходимость создания международно-правовой основы для сохранения и рационального

использования морских живых ресурсов Антарктики. На основе Договора об Антарктике, принятого рядом заинтересованных стран в 1959 году, была составлена и подписана Конвенция, а затем в 1982 году учреждена и приступила к работе Комиссия по Сохранению Морских Живых Ресурсов Антарктики. Конвенция применяется к антарктическим морским живым ресурсам не только района к югу от 60° южной широты (т.е. в районе действия Договора об Антарктике), но и «района, находящегося между этой широтой и антарктической конвергенцией», которые рассматриваются как «часть морской экосистемы Антарктики». В настоящее время 25 стран являются членами Комиссии. Украина является полноправным членом Комиссии с 1995 года.

Целью Комиссии является сохранение и рациональное использование морских живых ресурсов Антарктики. Функцией Комиссии является осуществление цели Конвенции и ее основных принципов:

- предотвращение сокращения численности любой вылавливаемой популяции животных;
- поддержание экологических взаимосвязей вылавливаемых животных;
- восстановление истощенных популяций животных;
- предотвращение изменений или сведение до минимума опасности изменений в морской экосистеме.

С 1992 по 1994 год в рамках деятельности Комиссии Украина была наблюдателем - присоединившимся к договору об Антарктике. С 1995 года Украина - полноправный член Комиссии. Представители Украины в настоящее время - активные участники Сессий Комиссии и Научного Комитета, Рабочих групп Научного Комитета по оценке рыбных запасов, по крилю, по мониторингу экосистем Антарктики.

Одним из основных способов для достижения сохранения морских живых ресурсов явилась, учрежденная Комиссией, система международного наблюдения, которая подразумевает нахождение на каждом рыболовном судне, ведущем промысел в водах Антарктики, национального наблюдателя, а в отдельных районах при промысле некоторых целевых видов и международного наблюдателя от какой-либо страны - члена Комиссии. Украиной уже несколько лет иницируется обязательное нахождение Международных Научных Наблюдателей на борту промысловых судов, проводящих промысел криля.

СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ ЧЕТЫРЕХПАЛОЙ БЕЛОКРОВКИ *CHAENODRACO WILSONI* (CHANNICHTHUIDAE, PISCES) В ПРИМАТЕРИКОВЫХ МОРЯХ ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИКИ

Л. К. Пшеничнов

*Южный научно-исследовательский институт морского
рыбного хозяйства и океанографии (ЮЗНИИРО)*

г. Керчь, lkpikentnet@gmail.com

Материал для исследований был собран автором в восьми летних сезонах с 1982 по 2001 годы на промысловых и исследовательских судах в море Космонавтов и сопредельных высокоширотных морях Антарктики.

На основе открытых и исследованных промысловых скоплениях четырехпалой белокровки были сделаны некоторые выводы об основных факторах среды, влияющих как на формирование скоплений в пределах отдельно существующей популяции этого вида, так и на структуру самой популяции.

Основным фактором, определяющим структуру популяции белокровки в море Космонавтов и ограничивающим ее в пространстве является локальный (в пределах моря) циклонический круговорот, южная периферия которого образуют течение Восточных ветров, или Западное прибрежное течение. Это течение и предопределяет распределение возрастных групп в пределах популяции и направление движения квазиоднородных размерно-возрастных группировок (стад) на восток в процессе онтогенетического развития. Предполагается передвижение указанных группировок только в период зимнего снижения скорости прибрежного течения подо льдом. Выключившиеся личинки и подрастающие мальки в течение первого года сносятся этим же течением к западной периферии моря, где и проводят в пелагиали первые три года жизни.

Основным фактором, влияющим на распределение нерестовых и посленерестовых скоплений белокровки в пределах шельфа моря Космонавтов является процесс срезания айсбергами эпифауны. Отмечено, что откладывание донной икры и посленерестовые скопления рыб у мест нереста происходят только там, где дно очищено от губок, мшанок, кораллов и других животных дрейфующими айсбергами на глубинах 200-300 метров. Достаточно быстрое зарастание зачищенного айсбергами дна губками способствует изменению пространственной структуры популяции белокровки, - миграции скоплений белокровки к другим, более подходящим для придонного образа жизни «чистым» участкам шельфа.

Отмечено практическое отсутствие влияния температурного фактора

на распространение белокровки в пределах шельфа: летом наблюдались активные суточные кормовые миграции белокровки от дна (температура около минус 1,8°C) до поверхности (температура до плюс 2°C).

Приведено сравнение популяции белокровки моря Космонавтов с другими известными находками промысловых скоплений этого вида в других частях шельфа Антарктиды.

Представлен анализ промысловых работ флота и изменения промысловой ситуации в зависимости от структуры популяции в течение нескольких сезонов.

НЕМАТОДЫ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ АНТАРКТИДЫ

А. Рысс¹, М. Андреев², Л. Курбатова²

*¹Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург,
Alexander.Ryss@zin.ru*

*²Ботанический институт РАН, Санкт-Петербург,
andreevmp@yandex.ru*

Какие выводы можно сделать из находок самых эврибионтных многоклеточных на самом холодном континенте? Как отделить эндемичные виды от инвазивных эврибионтов? История изучения антарктических нематод началась в 1897-1899 гг. со сборов Emil Racovita на корабле «Belgica», ее продолжили классики De Man (1904), Steiner (1916); среди русских исследователей Е.С.Кириянова (1958), С.Я. Цалолихин (1981, 1983, 1989), также А.Ю. Рысс совместно с S.Boström и В. Sohlenius (Швеция). Наиболее активные исследователи, изучавшие антарктических нематод, Loof (9 новых видов), Andrassy (8 видов), Maslen (6), De Man, Boström (3), Timm, Heyns (2).

Сборы 2003-2013 гг. проведены в 8 регионах (15 точках). Экстракцию проводили по оригинальной упрощенной модификации метода Бермана, предложенной Рыссом (2003-2013). Коллекция нематод Антарктиды хранится в ЗИН РАН, а мхов и лишайников, из которых экстрактированы нематоды, в БИН РАН.

Цель исследования – биогеографический анализ фауны нематод и их роли в экосистемах Антарктиды. Обширная собственная коллекция, собранная из разных секторов континента и общий накопленный в мире, но до сих пор разрозненный материал, создают уникальный момент для обобщения закономерностей эволюции и распространения клад и экосистем. Задачи исследования: анализ биоразнообразия нематод по региональным секторам Антарктиды; определение уровня эндемичности нематофауны и ее соответствие историческим событиям континента;

трофические группы и их распределение по таксонам; смена сочетаний трофических групп в стадиях сукцессии сообществ мхов и лишайников.

Результаты. Идентифицировано 58 видов Nematoda и 3 вида Tardigrada. Нематоды обнаружены в 83% образцов мхов и 33% образцов лишайников. Разница частоты обнаружения объясняется биологией нематод - обитателей водной пленки на поверхности растений и в порах субстратов. Метод Бермана выявляет лишь активно подвижных червей. Мхи более влаголюбивы по сравнению с лишайниками, и поэтому вероятность нахождения активных стадий нематод для мхов выше, чем у лишайников.

Характер эндемизма антарктической биоты нематод свидетельствует о эволюционно недавнем заселении покрытого льдом континента нематодами. Нематоды распространены лишь на нунатаках, в оазисах растительности из мхов и лишайников (3% территории континента) среди огромных площадей льда. Эндемичны лишь 3 рода нематод Антарктиды, но 90% населяющих ее видов. Представители эндемичных родов *Amblydorylaimus isokaryon* Andrassy 1998, *Antarctenchlls hooperi* Spaul 1972, *Chiloplacoides antarcticus* Heyns 1994. Инвазивны 7 видов, проникших с других южных континентов, *Pratylenchus andinus*, *Tylenchorhynchus maximus*, *Aglenchus Agricola*, *Paratylenchus nanus*, *Eumonhystera vulgaris*, *Geomonhystera villosa*, *Ceratoplectus armatus*. При этом две трети видов обнаружено в маритимном роге, наиболее близком к южной оконечности Южной Америки. Степень родового эндемизма соответствует отделению Западной части Антарктиды (маритимной цепи островов) от Южной Америки, произошедшей 30 млн. лет назад. Высокая же степень видового эндемизма (90%) из тех родов, что распространены на других континентах, показывает, что проникновение в Антарктику нематод возобновлялось, что соответствует времени последнего антарктического оледенения, произошедшего 5 млн лет назад. Свидетельствами исторических связей с другими континентами служат род *Apratylenchoides* (Южная Америка), и *Rotylenchus* (Южная Африка).

Поскольку очевидно, что проникновение фауны в периоды между оледенениями могло идти через западный маритимный мост, логично будет рассматривать богатство биоты в направлении от моста вглубь континента по его окружности. Биоразнообразие отчетливо уменьшается от Южных Шетландских островов в направлении по часовой стрелке по окружности континента. Из 20 обнаруженных семейств преобладают Qudtsianematidae (26/6; здесь и далее число находок/число видов), Plectidae (85/14), Cephalobidae (16/4), Aphelenchoididae (8/5) и Tylenchidae (5/4).

Наиболее массовое семейство нематод Антарктиды - Plectidae, наиболее распространен партеногенетический вид *Plectus murrayi* Yeates, 1970, для которого удалось обнаружить аберрантных самцов. Плектиды хорошо переносят быстрое промерзание и иссушение субстратов, они первые занимают наименее благоприятные для жизни биотопы. Второе

по частоте находок семейство Qudtsianematidae отряда Dorylaimida, среди которых наиболее часто встречающийся вид - *Eudorylaimus antarcticus* (Steiner, 1916) Yeates, 1970. Мощное копые, судя по содержимому кишечника, позволяет комбинировать фитотрофику с хищничеством (омниворная трофика). Остальные часто встречающиеся семейства относятся к отряду Rhabditida по классификации De Ley & Blaxter, 2002 (в Антарктиде 29 видов различных семейств относятся к этому отряду). Три инфраотряда этого отряда четко различаются по трофике а) комбинирующие фито- и мико-трофику (к ним относятся Aphelenchoididae, Tylenchidae, Anguinidae, Aphelenchidae), фитотрофы (Belonolaimidae, Criconematidae, Noplolaimidae, Pratylenchidae) и бактерио-трофы (Diplogasteridae, Panagrolaimidae, Rhabditidae). Кроме рабдитид, бактериотрофика свойственна нематодам отряда Monhysterida: сем. Monhysteridae.

Стадии сукцессии. Практически во всех образцах доминируют плектиды с преобладанием вида *Plectus murreyi*, тогда как богатое видовое разнообразие сконцентрировано в небольшой доле проб. Это дает возможность построить пирамиду возрастающего разнообразия в пробах, выделить стадии с убывающей частотой находок и при этом возрастающим разнообразием таксонов, а также привязать их к сукцессиям мхов и лишайников на каменистых субстратах в экосистемах Антарктиды. Эти стадии следующие. А) начальная стадия, только нематоды отряда Plectida (комбинация мико- и бактерио-трофики, 50% находок). Б) Средняя стадия: к мелким нематодам отряда Plectida добавляются очень крупные нематоды отр. Dorylaimida, комбинирующие фитотрофику и хищничество, 33% находок. В) Наивысшая стадия, к нематодам предыдущих групп добавляются виды отрядов Rhabditida и Monhysterida, с более узко специализированной трофикой: облигатные бактериотрофы, облигатные фитопаразиты, а также комбинирующие мико- и фитотрофику афеленхоидиды, ангиниды и тиленхиды, 17% находок. Именно наличие монхистерид и рабдитид служит признаком наибольшей сложности (трофической дифференцированности) антарктических экосистем. При анализе сукцессий в регионах умеренного климата монхистерид и рабдитид рассматривают как R-стратегов, маркеров начальных стадий сукцессии, присваивая им низкие баллы по шкале Бонгера. Наши данные доказывают, что эти нематоды в экстремальных условиях Антарктиды могут служить индикаторами зрелых сообществ в экосистемах, так как круговорот органики и ее накопление сильно ограничены температурным фактором и простотой растительных сообществ.

Наше исследование служит первым циркумполярным анализом биоты нематод Антарктиды, показавшим обеднение биоты по линии от западного маритимного архипелага островов на восток и вглубь континента. Показано преобладание групп нематод со смешанной неспециализированной трофикой и очень короткими жизненными циклами. В

соответствии с короткими сроками жизни экосистем нематоды отрядов Rhabditida и Monhysterida рассматриваются нами как индикаторы третьей наивысшей стадии сукцессии сообществ с специализированной трофической, тогда как в регионах умеренного климата эти же таксоны служат индикаторами начальных стадий сукцессии. Степень эндемизма нематодной биоты (90% видов и 3 рода) отражает историю континента: 5 млн. лет последнего оледенения и 30 млн. лет отделения от континентальных плит Южной Америки и Африки.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДИКТОРЫ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА В АНТАРКТИКЕ

**Э.З. Самышев, Н.И. Минкина, Ю.П. Копытов,
Е.С. Чудиновских, С.М. Игнатьев**

*Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского,
Севастополь, esamyshev@mail.ru*

В отношении пелагиали антарктической зоны океана ярким примером климатических изменений в ней (потепления) в 70-е – 80-е годы прошлого столетия является проникновение массового представителя макропланктона – сальпы Томпсона – в ареал антарктического криля (*Euphausia superba*) [13]. По данным разных авторов [4, 7, 11, 12] эти туникиаты благодаря высокой пищевой активности и численности способны создавать существенную конкуренцию растительноядным планктерам, в т.ч. антарктическому крилю, а косвенно – негативно сказываясь на численности большинства потребителей последнего (рыб, птиц, головоногих, млекопитающих). При этом следует указать, что неравномерное и изменчивое во времени и пространстве распределение биологических компонентов разного трофического уровня, обусловленное неоднородностью изменчивого гидрологического поля, вызывает потребность в масштабных по площади исследованиях для соизмерения необходимых связей и оценок трофодинамики в экосистеме.

В отношении прибрежной зоны Антарктиды исследования, проводимые разными странами, свидетельствуют о «наложении» на фактор потепления климата фактора загрязнения.

В ходе современных исследований выявлено мощное загрязнение антарктической экосистемы тяжелыми металлами [1, 5, 6, 8-10, 16 и др.], которое оказалось сопоставимо с таковым в наиболее эксплуатируемых человечеством морских акваториях. Предыдущими токсикологическими исследованиями в районе Украинской антарктической станции (УАС)

нами были показано [2, 14, 15] существенное накопление гидробионтами разного систематического уровня тяжелых металлов тектонического происхождения, смываемых с материка Антарктиды в результате потепления климата в Антарктике. При этом нами был сделан вывод о негативном влиянии токсикантов на популяцию криля, икра которого развивается на дне мелководий, подверженному загрязнению.

Интенсивность процессов биоаккумуляции морскими организмами различных поллютантов в различных акваториях изучалась многими исследователями, как отечественными, так и зарубежными. При этом основное внимание уделялось представителям высших трофических уровней и макрофитам. Однако данные, полученные для биологических объектов с длительным жизненным циклом, не позволяют оценить время вынесения загрязнителей и, соответственно, судить о межгодовой изменчивости процесса потепления климата в Антарктике. «Чисто климатические» исследования оказались явно недостаточными, что породило противоречивые мнения метеорологов и океанографов относительно этого явления. Э.З. Самышев выдвинула идея, не имеющая мировых аналогов, - оценка межгодовой изменчивости интенсивности потепления климата в Антарктике на основании динамики содержания тяжелых металлов тектонического происхождения в гидробионтах с коротким жизненным циклом. Тем самым может быть выполнена объективная оценка межгодовой динамики процесса потепления в Антарктике, приводящего к смыву с материка этих загрязнителей.

Поэтому в плане поиска предикторов улучшения экологической ситуации в антарктической экосистеме нами предложен ежегодный мониторинг в виде оценки степени загрязненности объектов с коротким жизненным циклом – фито-зоопланктона и зеленых макрофитов прежде всего кадмием и цинком – явных загрязнителей природного происхождения [3].

На начальном этапе работ для достижения поставленной цели использованы материалы по указанным объектам, собранные и зафиксированные в прежние годы (2002-2010 гг.). По всем биологическим объектам выполнено предварительное биологическое обследование – индикация видов и их количественная оценка в пробах. В определенном смысле представляют интерес и полученные нами сведения о содержании исследуемых токсикантов в донных отложениях района [2].

В ходе 1-ой Украинской Антарктической экспедиции были получены сведения о содержании некоторых тяжелых металлов в воде и во взвеси в прибрежных и открытых водах Атлантической части Антарктики [1]. Мы воспользовались этими табличными данными для расчета коэффициентов накопления тяжелых металлов (отношение концентраций в изучаемом объекте и в среде) взвесью (рис. 1). Т.о., взвесь и, очевидно, планктону принадлежит важная роль в процессах самоочищения морской экосистемы от загрязнения.

Как следует из рис. 2 А содержание Cd и Zn в фитопланктоне района исследований практически во все сезоны 2007 г. было повышенным. При выраженном тренде возрастания содержания элементов в микроводорослях от весны к лету в некоторых случаях наблюдалось изменение в их соотношениях, в малой степени связанные с составом доминантов среди водорослей. Последнее свидетельствует о большой степени зависимости от содержания этих металлов в воде, а точнее – от состава поступающего загрязнения.

Более «чёткая» динамика загрязнённости в сезонном и межгодовом аспектах наблюдалась в отношении мезозoopланктона (рис. 2В) в 2002-2007 гг. Из приведенных иллюстраций следует, что в исследованном ряду лет наибольшее накопление токсикантов в зоопланктоне происходило в 2005 г., при этом соотношение в содержании Cd и Zn в планктонах практически мало изменялось.

Содержание токсикантов в зеленых макрофитах (рис. 3), взятых из разных участков в разные годы, оказалось чрезвычайно различным, что безусловно характеризует гетерогенность поля переноса загрязнителей. В связи с этим данные по содержанию поллютантов в прикрепленных формах не могут быть использованы для суждения о загрязнённости района в целом.

Т.о., судя по наличию загрязнения во всех исследованных короткоживущих компонентах (фитопланктон, зоопланктон, зеленые макрофиты) кадмием и цинком, процесс потепления климата в Антарктике имел место во все годы исследований в период с 2002 по 2010 гг. Существенным дополнительным критерием к этому заключению является полное отсутствие в исследованных пробах зоопланктона личинок антарктического криля *Euphausia superba* Dana.

Наиболее информативными для оценки загрязнённости района являются сведения о загрязнённости планктонных форм, распространяемых движением вод по всей его площади. Данные о загрязнённости прикрепленных форм являются ограниченными из-за их локального распределения.

В связи с этим дальнейший мониторинг биоты на основании принятого подхода должен осуществляться в отношении фито- зоопланктона, взвеси (включающей в себя детрит и микропланктон) и личинок антарктического криля.

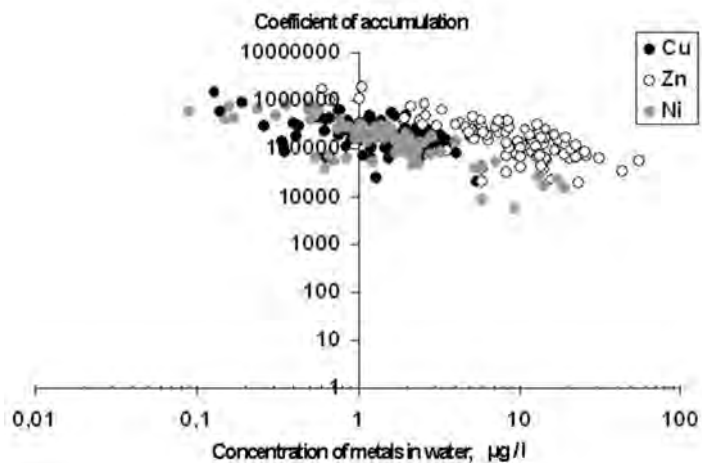


Рисунок 1 – Зависимость величин коэффициентов накопления тяжелых металлов во взвеси от содержания металлов в прибрежных и открытых водах Атлантической части Антарктики (рассчитана нами по данным (Рясинцева и др., 1998))

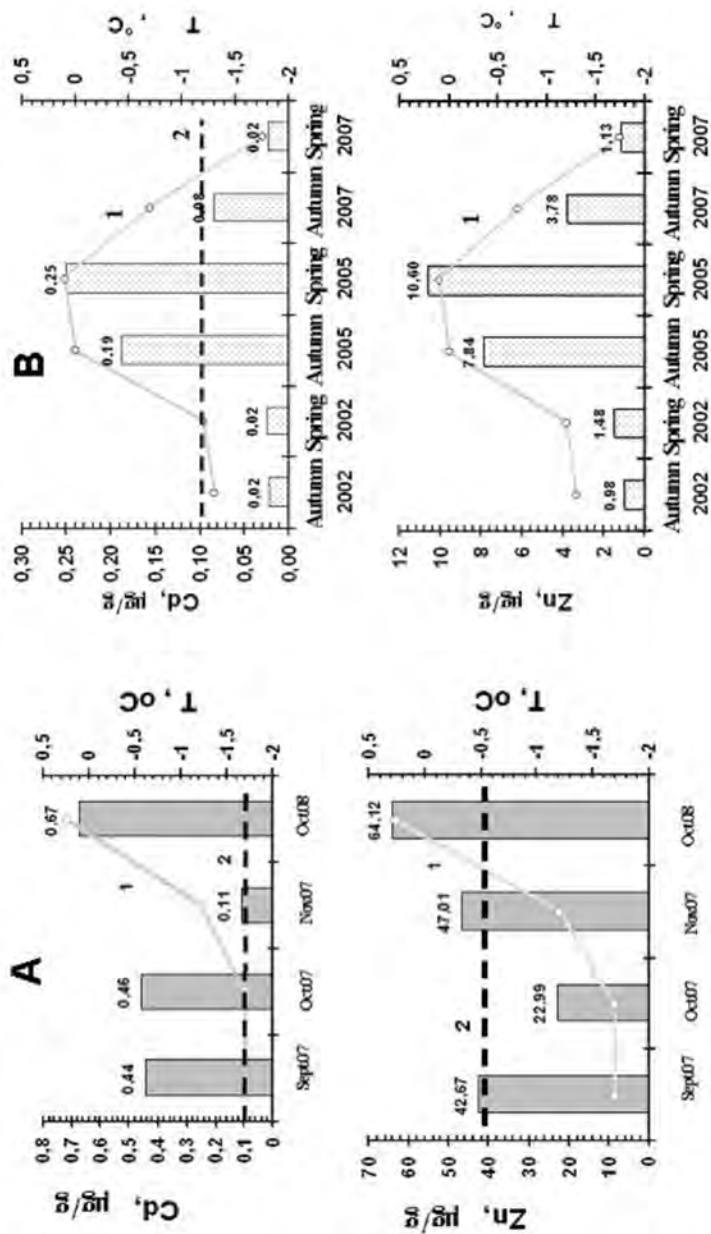


Рисунок 2 – Сезонная и межгодовая динамика накопления Cd и Zn фитопланктоном (A) и мезоопланктоном (B) в районе Украинской антарктической станции (УАС). 1 – сезонные изменения средней температуры обитания, 2 – ПДК содержания этих металлов в пищевых продуктах по (Совга, 2005)

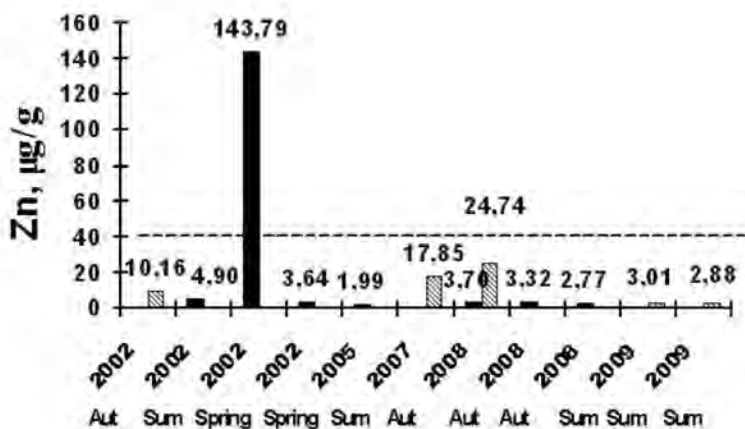
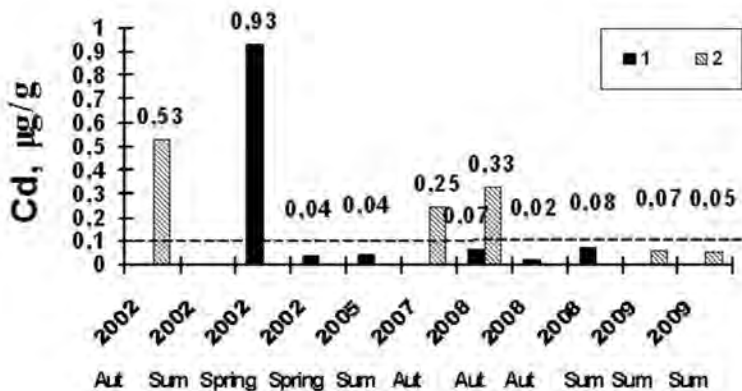


Рисунок 3 – Сезонная и межгодовая динамика накопления Cd и Zn зелеными макрофитами *Monostroma hariotii* Gain (1) и *Cladophora repens* (J. Agardh) Harvey (2) в районе УАС. Пунктирная линия соответствует ПДК содержания этих металлов в пищевых продуктах по (Совга, 2005).

Литература

1. Рясинцева Н.И., Савин П.Т., Секундяк Л.Ю., Доценко С.А. Некоторые результаты изучения загрязнения воды и донных отложения различных районов Субантарктики // Бюлл. Украинского Антарктич. центра. 1998. Вып. 2. С. 178-190.
2. Самышев Э.З. Особенности структуры и функционирования экосистемы в районе УАС «Академик Вернадский» // Украинский Антарктический журнал. 2009. Вып. 8. С. 237-266.

3. Совга Е.Е. Загрязняющие вещества и их свойства в природной среде /ИАН Украины, Морской гидрофизический ин-т, Черноморское отделение Московского государственного университета. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 2005. 237 с.

4. Самышев Э.З., Бирик В.А., Савич М.С. и др. К проблеме о состоянии популяции антарктического криля и пелагической экосистемы в регионе моря Скоттия // Бюлл. УАЦ. 1997. Вып. 1. С. 132-136.

5. Ahn I.-Y., Lee S.H., Kim K.T. et al. Baseline heavy metal concentrations in the Antarctic clam, *Laternula elliptica* in Maxwell Bay, King George Island Antarctica. // Marine Pollution Bulletin. 1996. Vol. 32. N 8/9, P. 592-598.

6. Ahn I.-Y., Chung K. H., Cho H. J. Influence of glacial runoff on baseline metal accumulation in the Antarctic limpet *Nacella concinna* from King George Island. // Marine Pollution Bulletin. 2004. Vol. 49. P. 119-141.

7. Dubishar C.D., Bathman U.V. Grazing impact of copepods and salps on phytoplankton in the Atlantic sector of the Southern Ocean //Deep Sea Res. -11, Jan.-Feb. 1997. 1997. Vol. 44 (1-2). P. 415-433.

8. Hanfland C., Geibert W., Vöge I. Tracing Marine Processes in the Southern Ocean by Means of Naturally Occurring Radionuclides / Antarctica. Contribution to Global Earth Sciences: Proc. of the IX Int. Symp. of Antarctic Earth Sciences (Postdam, 2003). Springer: 2003. P. 409-413.

9. Kahle J., Zauke J.P. Trace metals in Antarctic copepods from the Weddell Sea (Antarctica) // Chemosphere. 2003. Vol. 51. P. 409-417.

10. King C.K., Riddle, M.J. Effects of metal contaminants on the development of the common Antarctic sea urchin *Stereochinus neumayeri* and comparison of sensitivity with tropical and temperate echinoids //Mar Ecol Prog Ser. 2001. Vol. 215. P. 143-154.

11. Loeb V., Siegel V., Holm-Hansen O. et al. Effects of sea-ice extent and krill or salps dominance on the Antarctic food web // Nature. 1997. N 387. D. 9 897-900.

12. Minkina N.I., Samyshev E.Z., Chmyr V.D., Seregin S.A. The relative evaluation of assimilation of primary production by krill, salps and bacterioplankton in Atlantic Sector of Antarctic (ASA) under the conditions of mass development of gelatinous animals // Proc. of the Second Intern. Sympos. on Krill (Santa Cruz, USA, 23-27 Aug. 1999). Santa Cruz, 1999. P. 33-35.

13. Pakhomov E.A., Froneman P.W., Perissinotto R. Salp/krill interactions in the Southern Ocean: spatial segregation and implications for the carbon flux //Deep Sea Res. 2002. P. II, Vol.49. P. 1881-1907.

14. Samyshev E. Z. The structure and functioning of Antarctic marine coastal ecosystems in the conditions of natural and anthropogenic contaminations // Морск. эколог. журн. 2011а. 10. N 2. С. 3-25.

15. Samyshev E. Z. The structure and functioning of marine ecosystem in Argentine Islands waters // Reports of Sci. Committee of CCAMLR, Working Group of Ecological Monitoring and Management (SC-CCAMLR/WG-EMM-11/5), Busan (S. Corea), 27 June 2011. 2011b. N(s) 2.1. P. 1-5.

16. Vodopivec C., Mac Cormack W.P., Villaamil E. et al. Evidence of pollution with hydrocarbons and heavy metals in the surrounding of Jubany Station // Berichte zur Polar und Meeresforschung. Vol. 571. 2008/ Report on POLAR AND Mar.Res. The Antarctic ecosystem of Potter Cove, King George Island (Isla 25 de Mayo). Synopsis of research performed 1999-2006 at the Dallmann Lab. and Jubany Station (C. Wiencke, G.A. Ferreyra, D. Abele and S. Marensi -Eds.). P. 357-364.

ВЫДЕЛЕНИЕ ФЕНОВ ОКРАСКИ СПИННЫХ ПЛАВНИКОВ АНТАРКТИЧЕСКОГО КЛЫКАЧА *DISSOSTICHUS MAWSONI* (NOTOTHENIIDEA) ИЗ МОРЯ РОССА

В.В. Сербин¹, Н.Н. Кокорин², М.П. Метревели²

¹Южный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮЖНИРО), Керчь, serbinfish@mail.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Москва, trm@vniro.ru

Клыкач антарктический *Dissostichus mawsoni* (Norman, 1937) в настоящее время один из основных объектов промысла в Южном океане. Его промысел жестко регулируется АНТКОМ. До настоящего времени популяционная структура антарктического клыкача, его демография и генетика изучены весьма слабо. Это существенно осложняет оценку последствий воздействия промысла на эту структуру, на способность вида реагировать на промысловый пресс. (Parkeretal., 2002) отметили, что несмотря на высокий уровень генетического сходства, генетические анализы обнаружили значительную структурированность вида антарктического клыкача.

Учитывая, что коммерческий и исследовательский промысел этого вида ведется во всех районах Антарктики, сведения о генетической структуре географически разрозненных группировок антарктического клыкача будут важны для обоснования управления этими промыслами, для предотвращения перелова. Предполагается, что различие популяций по частотам аллелей должно отражаться в количестве, разнообразии, концентрации фенов, их географии (Яблоков, 1966, 1980). Нами обнаружено, что плавники всех рыб имеют характерный рисунок, который можно систематизировать. Также было отмечено, что окраска плавников в отличие от окраски тела мало изменяется с возрастом, что делает этот признак удобным объектом изучения популяционной структуры данного вида рыб.

В работе был использован материал, собранный в промысловых рейсах в летний период 2007-2008 и 2010-2011гг. Всего было обработано 400 экз. Отлов рыб производился с помощью донного яруса. Выделение фенов происходило на основании изменения рисунка первого и второго спинных плавников.

На имеющемся материале нами было выделено для первого и второго спинного плавников по 10 фенов. Окраска первого плавника является сочетанием черных и белых полос различной формы и размеров (рис. 1).

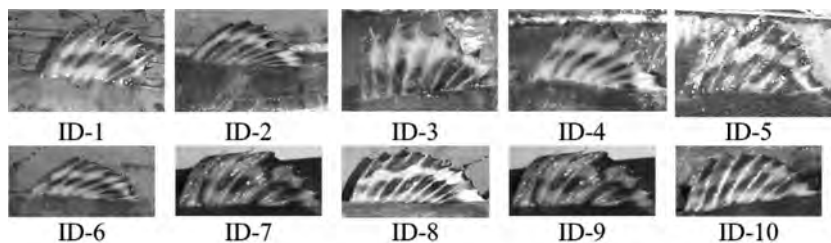


Рисунок 1 – Фен окраски первого спинного плавника *D. mawsoni*

Фен ID-1. Верхняя часть плавника окрашена в черный цвет. Нижняя часть окрашена белым цветом с черной вставкой которая начинается между вторым и третьим лучом плавника и заканчивается за последним лучом у основания плавника.

Фен ID-2. На черном фоне плавника по окружности проходит неширокая белая полоса.

Фен ID-3. Визуально плавник поделен на две части. Верхняя часть плавника окрашена в белый цвет, нижняя в темный, соотношение белого и черного приблизительно 50 на 50.

Фен ID-4. Внешне по окраске ID-4 похож на ID-1, но с небольшим отличием. Между 2 и 4 лучом идут две вертикальные темные полосы к основанию плавника.

Фен ID-5. Внешне похож на Фен ID-4, но имеет еще три добавочные полосы. Средняя из них не касается основания плавника.

Фен ID-6. Похож на ID-1 но отличается единственной вертикальной темной полосой идущей к основанию плавника, между вторым и третьим лучом.

Фен ID-7. Окраска плавника напоминает букву Н лежащую на боку.

Фен ID-8. По окраске напоминает Фен ID-1, у которого темная часть у заднего конца плавника соединяется темной перегородкой с верхней частью окантовки плавника.

Фен ID-9. Очень оригинальная окраска. На белом фоне вертикальная полоса затем два темных пятна и стилизованная буква У.

Фен ID-10. Плавник разделен темной полосой на пять белых пятен.

Второй спинной плавник окрашен следующим образом. Верхняя часть плавника монотонна и окрашена в темный цвет, а основание плавника несет в себе изменчивость полос и пятен светлого и темных тонов. При этом изменчивости подвержена первая половина плавника, в то время как вторая половина практически у всех особей окрашена практически одинаково (рис. 2).

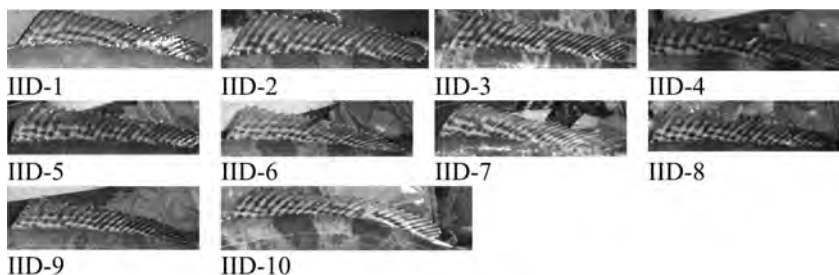


Рисунок 2 – Фен окраски второго спинного плавника *D. mawsoni*

Фен IID 1. Между первым и пятым лучом плавника друг над другом находятся три небольшие светлые изогнутые полосы. От пятого луча две светлых разделенных полосы параллельные основанию плавника. И за ними еще две светлых полосы на темном фоне с небольшим наклоном. Практически у всех вторых спинных плавников эти две или три полосы выглядят соответствующим образом.

Фен IID 2. Группа светлых полос в количестве семи штук, в определенной последовательности, каждая следующая немного наезжает на предыдущую.

Фен IID 3. Стилизованная темная буква X на светлом фоне, в конце, как и положено, две светлых полосы.

Фен IID 4. В передней части плавника две небольшие полосы над которыми находятся три светлых пятна. Далее под небольшим наклоном четыре светлых полосы.

Фен IID 5. Передняя часть этого плавника похожа на IID 4, но вместо светлых пятен еще одна светлая полоса. Которая передним и задним краем сливается со второй полосой. Чуть выше ещё одна небольшая светлая полоса и далее стандартно четыре светлых полосы.

Фен IID 6. Очень оригинальный окрас первая светлая полоса короткая вторая длинная на столько, что своим окончанием сливается с окончанием следующей за первой полосой. Над второй находится короткая светлая полоса аналогичная первой.

Фен IID 7. Передняя часть плавника представляет по окраске стилизованную букву X на светлом фоне. Далее следует стандартный окрас.

Фен IID 8. Наиболее классический вариант окраски. Полосы следует одна за другой, с небольшим наклоном.

Фен IID 9. По своей окраске этот плавник напоминает IID 4, но только с большим количеством пятен над первой и второй полосками.

Фен IID 10. По окраске напоминает классический вариант только с одним отличием, что только первая полоса прямая, все остальные по своей форме напоминают лежащую на боку букву L.

В результате работы было выделено 20 фенев окраски спинных плавников антарктического клыкача из моря Росса. Было показано, что эти фены хорошо поддаются идентификации и их удобно использовать для изучения структуры популяции в зоне CCMLAR.

СРАВНЕНИЕ МЕЛКОВОДНЫХ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ МОРЕЙ РОССА, ДЕЙВИСА, КОСМОНАВТОВ И СОДРУЖЕСТВА ПО ДОМИНИРУЮЩИМ ВИДАМ АНТАРКТИЧЕСКИХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

Б.И. Сиренко, С.Ю. Гагаев, И.С. Смирнов
*Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург,
smiris@zin.ru*

Начиная с конца 1965 года, впервые водолазные гидробиологические исследования в Антарктике были проведены советскими зоологами из Лаборатории морских исследований ЗИН АН СССР и Мурманского Морского биологического института (ММБИ) Кольского филиала АН СССР. В антарктическое лето 1965-1966 годов в составе 11 Советской антарктической экспедиции (САЭ) вблизи станций «Мирный» и «Молодежная» были обследованы донные сообщества на нескольких гидробиологических разрезах. Тогда впервые был изучен видовой состав, количественное распределение бентоса на разных глубинах, вплоть до 46 м. Работы выполняли сотрудник Зоологического института Е.Н. Грузов, и сотрудники ММБИ М.В. Пропп и А.Ф. Пушкин. Позднее, в периоды сезонных работ в 13 САЭ в 1967-1968 годах и круглогодичной зимовки в 16 САЭ (1970-1971 гг.), эти работы были продолжены частично теми же сотрудниками и присоединившимися к ним другими учеными из Зоологического института: А.М. Шереметевским, В.П. Люлевым, а также прикомандированными: фотографом-подводником С.Н. Рыбаковым, гидробиологом из Беларуси Ю.Г. Гигиняком, и цитологом В.Б. Андрониковым.

Проведенные подводниками работы дали первое представление о составе и распределении фауны и флоры на исследованных мелководных участках антарктического шельфа. Погружения круглый год в течение 16 РАЭ позволили получить интересные сведения о сезонных изменениях антарктического населения.

С начала 70-х годов водолазные гидробиологические работы на антарктическом шельфе Лабораторией морских исследований не проводи-

лись из-за того, что все силы были сконцентрированы на подводных исследованиях в российских морях Арктики и Дальнего Востока.

В начале 2000-х годов появилась возможность продолжить подводные исследования в Антарктике. В ходе сезонных работ 52 и 54 Российских антарктических экспедиций (РАЭ) южнополярным летом 2006-2007 и 2008-2009 годов в заливе Прюдс, моря Содружества рядом с российской антарктической станцией «Прогресс» и китайской станцией «Зонгшан» были проведены водолазные гидробиологические исследования силами Лаборатории морских исследований ЗИН РАН. Основной целью исследований было заложить основы биологического мониторинга. Такие исследования крайне необходимы, особенно в морских экосистемах, занимающих на Земле самое обширное пространство – акваторию Мирового океана. Жизненно важные для человека параметры среды – состав воды, атмосферы, донных осадков и почвы создаются и контролируются биосферой. Однако все возрастающее влияние человека на природу в отдельных районах приводит к невосполнимым потерям.

Для того чтобы оценить характер глобальных изменений, вызванных антропогенным воздействием и изменением климата, необходимо знать изначальное состояние природных экосистем. Именно для этого необходимо проводить биологический мониторинг, т.е. постоянные наблюдения за состоянием экосистем и характером их изменений, вызванных различными факторами, как подвластными человеку, так и не зависящими от него, в том числе климатическими. Для таких наблюдений были выбраны донные сообщества в заливе Прюдс. Донные экосистемы обладают способностью «запоминать» в накапливающихся донных осадках и своей структуре предыдущие состояния и поэтому как нельзя лучше подходят для биологического мониторинга.

Для осуществления вышеназванной цели биологического мониторинга были поставлены следующие задачи:

- выполнить серию водолазных гидробиологических разрезов в биологически разных участках акватории залива Прюдс;
- выяснить видовой состав флоры и фауны бентоса;
- выяснить доминирующие виды донных сообществ;
- исследовать количественное и качественное распределение бентосных видов фауны и флоры.

Во время антарктического лета сезонов 2006-2007 и 2008-2009 годов было собрано 170 количественных и качественных проб макробентоса на 37 станциях, расположенных на 8 перпендикулярных берегу разрезах в биологически различных участках залива Прюдс, включая закрытый фьорд Нэлла и различные открытые участки залива на глубинах до 42 м.

Согласно полученным данным обнаружена вертикальная зональность в распределении макрофлоры и макрофауны.

На разрезе 1, проведенном в закрытом айсбергами фьорде Нелла расположенном на выположенном илом дне, на глубинах 2-37 м отмечено 2 донных сообщества. На глубинах 2-30 м расположено сообщество с доминированием до 80% морских ежей *Sterechinus neumayeri*, двустворчатых моллюсков *Laternula elliptica* и красных водорослей *Phyllophora antarctica*. На глубине 30 м в группу доминант входит асцидия *Ascidia challengeri*. А глубже 30 м водоросли, ежи и двустворчатые моллюски резко уступают в доминировании обитающим там губкам, асцидиям и голотуриям и сообщество меняется.

На разрезе 2, выполненном также во фьорде Нелла перпендикулярно первому разрезу и расположенном на пологом дне с заиленным песком и камнями на глубинах 2-30 м отмечено одно сообщество, где резко доминируют два вида: *Sterechinus neumayeri* и *Laternula elliptica*. В качестве дополнительных доминант и субдоминант на разных глубинах выходят литотамний *Leptophitum coulmanicum*, голотурии *Staurocucumis turqueti* (2-11 м), губки *Radiella* sp., водоросли *Phyllophora antarctica* (2-5 м) и на 30 м асцидия *Cnemidocarpa verrucosa*.

На разрезе 3, проведенном в открытой части залива Прюдс на пологом скалистом дне, покрытом гравием, песком и камнями на глубинах 2-42 м, отмечено три сообщества. На глубинах 2-25 м в сообществе по биомассе – заметно доминируют *Sterechinus neumayeri* и *Laternula elliptica* с добавлением *Phyllophora antarctica*, начиная с глубины 15 м, глубже с 25 до 29 м доминирование морских ежей и двустворок существенно падает в результате появления там асцидий *Ascidia challenger*, голотурий *Staurocucumis turqueti* и полихет *Perkinsiana littoralis*. На глубине 17 м впервые отмечено появление гигантских трехметровых колониальных асцидий *Distaplia cylindrical*, а начиная с 30 м, эти асцидии образуют настоящий лес, доминируя по биомассе вместе с *Laternula elliptica*, *Staurocucumis turqueti*, *Sycozoa georgiana*, и целым рядом губок (*Haliclona* sp., *Synoicum adareanum* и др.).

На разрезе 5, выполненном у западного берега фьорда Нелла на участке с разным наклоном грунта, пологим на глубинах до 4-5 м, переходящим затем в участок с сильным наклоном, расположено 3 сообщества. На глубинах 5-9 м доминирует *Laternula elliptica*, *Sterechinus neumayeri*, несколько видов губок, *Adamussium colbecki* и *Ascidia challengeri*. На 12-19 м исчезают из доминант морские ежи, но остаются *Laternula elliptica*, несколько видов губок, полихеты *Perkinsiana littoralis* и асцидии. Начиная с 26 и до 32 м, в доминирующей группе увеличивается численность и биомасса губок, асцидий и полихет *P. littoralis*, хотя сохраняется еще доминирование *Laternula elliptica*.

Особый интерес представляет сравнение фауны и флоры в различных мелководных участках антарктических морей. К настоящему времени имеются сведения о составе доминирующих форм фауны и флоры Южных Шетландских островов, северной части Антарктического полуострова,

морей Космонавтов, Содружества, Дейвиса и Росса. Первые два участка расположенные значительно севернее Южного полярного круга резко отличаются от остальных расположенных непосредственно в высоких широтах на шельфе Антарктики. Несмотря на то, что на шельфе северной части Антарктического п-ова и Южных Шетландских о-вов встречаются многие широко распространенные антарктические виды, на мелководьях широко развиты сообщества с резким доминированием разнообразных водорослей, да и в фауне часто появляются другие доминанты, не обитающие в настоящих антарктических морях, расположенных в низких широтах. Это обусловлено целым рядом причин, среди которых положительная температура в летний период у Южных Шетландских островов и у северной части Антарктического п-ова играет существенную роль.

Остановимся на сравнении мелководных донных сообществ четырех антарктических морей (Космонавтов, Содружества, Дейвиса и Росса), по которым имеются сведения в литературе.

Наиболее изученными, судя по литературным, оказываются участки морей Космонавтов, прилегающие к территории станции Молодежная (Грузов, Пушкин, 1973) и моря Дейвиса у станции Мирный (Грузов и др., 1969). Как отмечают авторы (Грузов, Пушкин, 1973) в море Космонавтов на большинстве разрезов и станций морские ежи *Sterechinus neumayeri*, а на заиленных песках двустворчатые моллюски *Laternula elliptica* доминируют, по крайней мере, до глубины 30 м. Глубже 30 метров биомасса губок и асцидий превышает биомассу морских ежей и двустворок.

В море Космонавтов у станции Молодежная (Грузов и др., 1969) также во многих сообществах морские ежи доминируют от 3 до 34 м, причем до 28-30 м процент доминирования ежей значительно выше, чем глубже 30 м, где на первое место по биомассе выходят губки, асцидии, голотурии, мшанки и гидроиды. В мелководных сообществах на глубинах от 3 до 20 м, а в отдельных случаях до 28 м, кроме ежей в доминирующую группу входят мелкие кораллы *Alcyonaria*. На всех разрезах, на глубинах 0-2 м, а иногда и до 8 м авторы отмечают бедное олигомиктное сообщество с доминированием диатомовых водорослей и гидроидных полипов *Tubularia ralphii*, а также реже бокоплавов и морских звезд *Odontaster validus*.

Мелководные сообщества в море Росса изучены не так подробно, как в морях Космонавтов, Содружества и Дейвиса, поскольку зачастую были использованы материалы, полученные с использованием не столько водолазной техники, сколько различной видеотехники (Chiantore, Cattaneo-Vietti, 2005). Кроме того, при определении доминанта авторы использовали не биомассу, а численность представителей макрофауны. По данным Norkko et al. (2002) у Cape Evans на мелководье (20 м) доминировали по численности морские ежи *Sterechinus neumayeri*, морские звезды *Odontaster*

validus и немертины *Lineus corrugatus*, а в New Harbour - морские гребешки *Adamussium colbecki*; губки *Homaxinella balfourensis* и офиуры *Ophionotus victoriae*. По данным других авторов (Chiantore, Cattaneo-Vietti, 2005) от 20 до 80 м в море Росса доминируют *Adamussium colbecki*, *Laternula elliptica* и *Sterechinus neumayeri*. Гамби с соавторами (Gambi et al., 1994) отмечает поясность в море Росса в распределении водорослей, среди которых доминируют *Phyllophora antarctica* и литотамний *Clathromorphum lemoineanum*.

Сравнение доминирующих по биомассе видов наиболее часто встречающихся в донных сообществах морей Содружества и Дейвиса показало существенное сходство. Более половины доминирующих видов, отмеченных для моря Дейвиса, оказались общими для моря Содружества. К сожалению, из-за отсутствия подробной информации по всем доминирующим по биомассе видам, обитающим в море Космонавтов, не удалось провести их детальное сравнение с доминирующими видами из моря Содружества. Однако и здесь как в морях Содружества и Дейвиса два вида: *Sterechinus neumayeri* и *Laternula elliptica* оказываются основными доминантами во многих сообществах.

Детальное сравнение видов, доминирующих по биомассе в донных сообществах моря Росса также не удалось выполнить из-за отсутствия данных по их биомассам. Но и здесь в море Росса отмечают среди основных доминантов *Sterechinus neumayeri*, *Adamussium colbecki*, *Homaxinella balfourensis* и др., отмеченные в моря Содружества, Дейвиса и Космонавтов.

Следует также отметить общие закономерности в распределении донных сообществ в рассматриваемых морях.

1. Наличие либо олигомиксных сообществ, либо полное отсутствие морской фауны и флоры в самом верхнем отделе сублиторали, на глубинах 0-2 м. В море Содружества в обследованных участках на этих глубинах полностью отсутствовали морская фауна и флора из-за наличия там слоя пресной воды, накопившегося подо льдом из тающих снежников и ледников. В морях Дейвиса и Космонавтов на этих глубинах, а иногда и глубине 8 м располагается сообщество с низкой биомассой и немногочисленным видовым составом из диатомовых, гидроидов *Tubularia ralphi* и амфипод.

2. В большинстве донных сообществ на глубинах 3-25-30 м во всех четырех морях широко распространен и часто оказывается основным доминирующим видом морской еж *Sterechinus neumayeri*. Нередко к нему добавляется в качестве второго доминирующего вида моллюск *Laternula elliptica*.

3. В морях Космонавтов, Содружества и Дейвиса на глубинах 25-30 м происходит довольно резкая смена донных сообществ, так как на этих глубинах появляются и начинают заметно доминировать по биомассе многие виды губок, асцидий, голотурий, мшанок.

4. Распределение водорослей на дне существенно зависит как от глубины, так и от толщины снежного покрова, скопившегося на поверхности льда за зиму, что хорошо видно по доминированию *Phyllophora antarctica*

в заливе Прюдс моря Содружества, где только на одном из рассмотренных разрезов (разрез 1) филофора заметно доминирует на большинстве станций, удаленных от берегов, а на остальных разрезах только на одной станции, либо отсутствует в доминантах вообще.

В заключение можно сделать предположение о том, что мелководные участки во всех районах Антарктики, за исключением северо-западной части Антарктического полуострова заселены сообществами, в которых доминируют по биомассе в основном широко распространенные циркумантарктические виды, к которым относятся *Sterechinus neumayeri*, *Laternula elliptica*, *Perkinsiana littoralis*, *Staurocucumis turqueti*, *Phyllophora antarctica* и другие виды.

ПОТЕПЛЕНИЕ В РЕГИОНЕ АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОЛУОСТРОВА И ИЗМЕНЕНИЕ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

В. Е. Тимофеев

*Украинский гидрометеорологический институт, Киев,
tvvlad@mail.ru*

Введение. Две фазы потепления наблюдалось в течение последнего столетия в нижней тропосфере в планетарном масштабе, проявляясь наиболее четко в полярных регионах и внетропических областях, включая Аляску, Арктику, Центральную Сибирь, большую часть Европы. Региональное потепление в районе Антарктического полуострова и прилегающих Субантарктической островах также можно рассматривать как часть глобальных изменений (рис. 1), хотя оно контрастирует со слабым похолоданием континентальной Антарктиды [4]. Эпизод современного потепления начался в регионе с конца 1970-х - начале 1980-х годов на фоне перехода Эль-Ниньо к положительной фазе, превзойдя по количественным оценкам глобальное потепление. Это привело к многочисленным последствиям в региональном оледенении, распространении морского льда, состоянии экосистем и т.д. Одним из наиболее ярких примеров является откол северной части шельфового ледника Ларсена (рис. 1).

В течение периода потепления были обнаружены признаки климатически важных изменений в атмосферной циркуляции, например, изменение интенсивности блокирования, смещение траекторий циклонов в обоих полушариях, углубления циклоничности в западном секторе Антарктики [4]. Важные выводы были сделаны о влиянии на региональный климат Эль-Ниньо-Южного колебания, с наличием временной задержки распространения сигнала тропиков в годы различных событий Эль-Ниньо [3].

Большое внимание было уделено изменчивости в режиме Южной Кольцевая моды – индекса зонального переноса. известно, что интенсификация западных воздушных потоков стала характерной чертой периода потепления [2]. Однако механизмы атмосферной циркуляции во время недавнего изменения климата в регионе Антарктического полуострова до сих пор не полностью изучены, не показано, как изменились преобладающие типы циркуляции и за счет каких процессов происходило повышение температуры воздуха. Основная цель нашего исследования – провести анализ состояния регионального климата и объяснить причины его недавнего изменения с точки зрения преобразования атмосферной циркуляции.

Исходные данные. Анализ многолетних рядов данных станций Антарктический полуостров проведен с использованием известной международной базы данных READER (<http://www.antarctica.ac.uk/met/READER/surface/stationpt.html>). Список станций следующий - Академик Вернадский, Украина, 65°2 ю.ш., 64°2' з.д., до 1996 г. известная как Фарадей; Оркадас (60,7° ю.ш., 44,7° з.д.), Беллинсгаузен (62,2° ю.ш., 58,9° з.д.), Эсперанца (63,3° ю.ш., 56,8° з.д.) (рис. 1). Для исследования атмосферной циркуляции использовалось приведенное давление на уровне моря и геопотенциал реанализа ERA-40 и ERA-Interim Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды.

Региональный климат. Наибольшее повышение приземной температуры воздуха по данным региональных станций обнаружено на станциях западного побережья, Вернадский и Ротера, а также на станции Беллинсгаузен (о. Кинг-Джордж).

По данным этих станций, зимние месяцы (июнь-август) с потеплением более чем 1°C/10 лет вносят основной вклад в среднее годовое повышение температуры воздуха, и сопровождается уменьшением годовой, сезонной и суточной амплитуды температуры воздуха, из-за значительного повышения минимальной. Летнее потепление (декабрь-февраль) намного меньше по величине (0,25°C/10 лет) однако предопределяет таяние ледников в условиях постоянно расширяющегося периода суточной температуры воздуха выше нуля (этот период увеличился примерно на один месяц между 1960 и 1990- годами), а также за счет большей вероятности дождей.

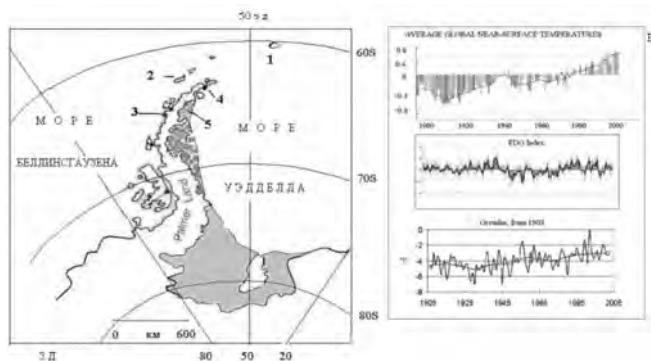


Рисунок 1 – Антарктический полуостров и положение научных станций, 1 – Оркадас, 2 – Беллинсгаузен, 3 – Вернадский, 4 – Эсперанца, 5 – часть шельфового ледника Ларсена, отколовшаяся в 2002 г, В (справа) – столетние изменения: аномалия глобальной температуры воздуха, Индекс PDO и средняя годовая температура воздуха на станции Оркадас, 1904-2005 гг.

Многолетнее повышение температуры воздуха наблюдается также на станциях, расположенных в разных географических условиях, включая станции Оркадас и Эсперанца.

Поскольку межгодовые колебания температуры воздуха велики в этом регионе, будучи сравнимыми с величиной тренда, значимость рассчитанных трендов могут быть занижена. Значения линейных трендов средней месячной температуры воздуха, нормированных на амплитуду данного месяца, показывают выраженный сезонный ход на станции Вернадский, с наименьшим потеплением в переходные сезоны, и максимумом летом и зимой. В отличие от исходного ряда, коэффициенты трендов нормированного ряда температуры воздуха зимних месяцев становятся сравнимы с летними (рис. 2). Однако станции Эсперанца и Оркадас обнаруживают наибольшее потепление в летние месяцы

Самый теплый пятилетний период на станциях Антарктического полуострова 1996-2000 гг., и в последнее десятилетие положительная аномалия сохраняется на станции Академик Вернадский и большинстве других (рис. 3). Однако тенденция к потеплению в регионе замедлилась в последнее десятилетие; на станциях Оркадас и Эсперанца отмечено относительное похолодание в отдельные сезоны.

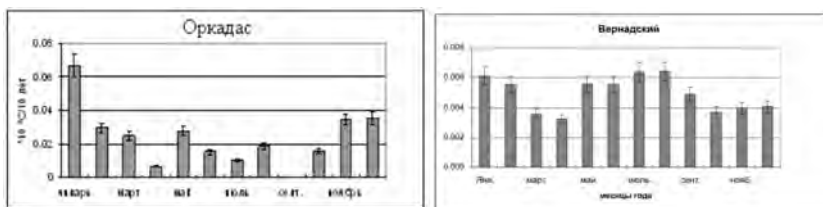


Рисунок 2 – Значения линейных трендов средней месячной температуры воздуха, нормированной на амплитуду колебаний ($^{\circ}\text{C}/10$ лет), 1951-2010 гг. Станции Вернадский, Беллинсгаузен, Оркадас. Показана погрешность величины тренда

Кроме того, развитие местных кatabатических фоновых ветров приводит к дополнительному потеплению вместе с понижением относительной влажности воздуха. Еще в 1950-х г. полевыми партиями на прибрежных станциях в районе острова Аделаида зарегистрировано необычное повышение температуры, снижение влажности воздуха при определенных направлениях ветра. Практически каждый максимум месячной температуры регистрируется при развитии Фена, и при их большой частоте, формируется дополнительное потепление нижнего слоя тропосферы. Это характерно для прибрежных станций, как Академик Вернадский, а также для крупных островов, таких как Кинг-Джордж.

Феновая циркуляция образуются при пересечении воздушными потоками горных хребтов в циклонах, проходящих к северу от 65° ю.ш. Фены, таким образом, являются хорошим индикатором региональной циркуляции и изменения климата. Явление наблюдается на обоих склонах Антарктического полуострова, в зависимости от траектории циклонов; феновое повышение температуры на восточной стороне полуострова, вместе с другими факторами, благоприятствовали отколу краевой части шельфового ледника Ларсена (показана на рис 1).

Атмосферная циркуляция. В Южном полушарии на уровне моря преобладает четырехвихревая система циркуляции; наиболее важные климатические циклоны в регионе исследования расположены к западу и востоку от Антарктического полуострова, в секторах Тихого и Атлантического океана. Период повышения температуры воздуха в регионе характеризуется специфичным фоном региональной атмосферной циркуляции с преимущественным циклогенезом в море Беллинсгаузена, что благоприятствует местным преобразованиям воздушного потока на севере Антарктического полуострова, из-за усиления ветра. Показана значительная аналогичность полей давления по сравнению с Северным полушарием.

Другим аспектом нашего исследования является классификация атмос-

ферной циркуляции и разработка методов прогноза погоды, в том числе сезонной заблаговременности. Мы провели классификацию полей давления и геопотенциала, на основе статистического подхода, который ранжирует барические поля по классам вероятности [1]. Наиболее вероятные поля показывают роль атмосферной циркуляции в многолетнем повышении температуры воздуха в районе Антарктического полуострова. Самые теплые 1990-е годы характеризовались сериями циклонов вместе с адвекции теплого и влажного воздуха из Тихоокеанского сектора. В начале 21-го века ситуация изменилась, и усиление антициклонических полей несколько изменили преобладающий перенос, что привело к частному похолоданию. Таким образом, показан механизм в циркуляции атмосферы, который привел к изменению климата на станциях Антарктического полуострова с середины XX столетия.

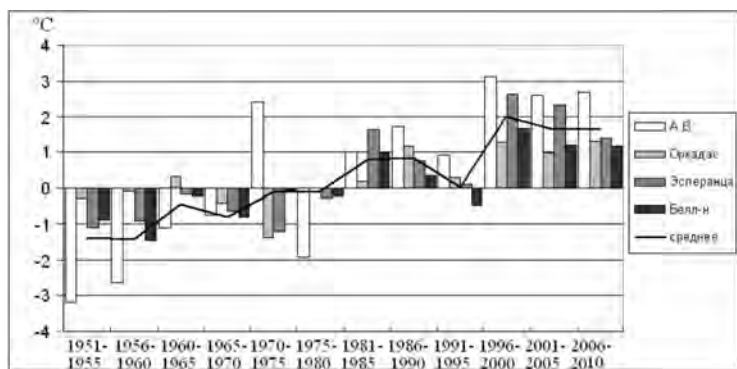


Рисунок 3 – Аномалия накопленной средней годовой температуры воздуха на станциях Антарктического полуострова по отдельным пятилетиям, по отношению к климатическому стандартному периоду 1961-1990 гг.

Поиск периодичностей в атмосферной циркуляции является еще одним приложением к этому исследованию. Квази-двухмесячная периодичность обнаруживается путем перемещения отдельных синоптических образований в зональном направлении; они перемещаются около 4° меридиана за сутки, что несколько медленнее, чем в Северном полушарии [1]. Такими барическими образованиями могут быть постоянно окклюдирующиеся циклоны в пределах области пониженного давления, а на верхних уровнях тропосферы наибольший вклад в формирование периодичности играет синоптическая волна 4.

Выводы. Временные рамки потепления в районе Антарктического полуострова в целом соответствуют глобальному. Современный режим температуры воздуха сопровождается уменьшением изменчивости температуры воздуха на разных временных масштабах. Наибольшие значения потепления зарегистрирована на станциях западного побережья полуострова в 1996-

2000 гг., в новом тысячелетии темп потепления несколько снизился. Многолетнее повышение температуры воздуха имеет различный сезонный ход, в зависимости от физико-географических условий и удаленности от океана.

Период потепления в регионе характеризуется типом региональной атмосферной циркуляции с преимущественным циклогенезом в море Беллинсгаузена, что благоприятствует местным преобразованиям потока на северном и западном побережье Антарктического полуострова. Наиболее теплые 1990-е годы характеризовались преобладанием циклогенеза и усилением ветров; большая частота антициклонических полей в 2001-2010 гг. привела к изменению преобладающей адвекции, и тенденция к потеплению несколько сгладилась.

Выявленные периодичности в атмосферной циркуляции позволяют разработать методы прогноза погоды сезонной заблаговременности.

Литература

1. Мартазинова В.Ф., Тимофеев В.Е., Иванова Е.К. Атмосферная циркуляция Южной полярной области и климат Антарктического полуострова (монография). Киев. 2010. 92 с.

2. Marshall G.J., Battista S., Naik S.S., Thamban M. Analysis of a regional change in the sign of the SAM–temperature relationship in Antarctica // *Climate Dynamics*. 2011. 36. P. 277-287.

3. Turner J. The El–Nino and Antarctica // *Int. J. of Climatol*. 2004. v. 24. p. 1–32.

4. Turner J., Bindshadler R., Convey P., di Prisco G., Fahrbach E., Gutt J., Hodgson D., Mayewsky P., Summeerhayes C. Antarctic Climate Change and the Environment. SCAR, Scott Polar Research Institute, Cambridge, 2009. 526 p.

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДВОДНОГО РЕЛЬЕФА В РАЙОНЕ АНТАРКТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «АКАДЕМИК ВЕРНАДСКИЙ» (UA) ДЛЯ АНАЛИЗА БИОРАЗНООБРАЗИЯ

А.Ю. Утевский, Е.И. Сенная, В.С. Попов, С.Ю. Утевский
*Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина,
Харьков, Sennaja@ukr.net*

Моделирование глубин Мирового океана приобретает всё большую популярность, позволяет открывать новые особенности в строении Земли, распределении водных масс в пределах океана и биологического разнообразия. Всё более интересным становится изучение отдельных локальных участков

океана, создание комплексных моделей подводного рельефа, гидрологических характеристик и типичных биоценозов на определённых участках.

Географическая привязка результатов биологических исследований к конкретным точкам территории (акватории) даёт возможность комплексно изучить особенности и условия жизни биоты, выделить ареалы распространения видов. В рамках биологических исследований на станции «Академик Вернадский» (UA) одним из направлений научной работы является изучение подводного биоразнообразия.

Стоит отметить, что подводные исследования биоразнообразия океанических вод и дна в районе станции «Академик Вернадский» были организованы на основе общих сведений относительно распределения глубин в районе островов. Соответственно, на основе предварительного камерального анализа, было выделено несколько гипотетически отличающихся по составу биоты участков акваторий, в пределах которых и были заложены детальные трансекты полевого исследования подводного разнообразия во время экспедиций. В результате подводной съёмки биоразнообразия по трансектам была собрана уникальная база данных с характеристиками и показателями распределения биомассы, фотографиями, фиксированными глубинами распространения отдельных групп организмов. Кроме того, за время экспедиционных работ было осуществлено несколько ознакомительных погружений в разных частях заливов в районе островов. В результате предварительного анализа собранного материала отмечены пространственные закономерности изменения распределения живых организмов, связь характеристик биоценозов с глубиной, составом субстрата океанического дна, расположением акватории в общей системе островов и заливов, в пределах которой формируется специфическая циркуляция океанических вод.

В последующем, для более подробного обоснования структуры распределения подводного биоразнообразия в районе станции, её анализа и наглядного моделирования в камеральных условиях, сформулированы следующие первоначальные задачи:

1. изучение потенциальных возможностей и перспектив исследований, выбор оптимальных программных и технических средств пространственного моделирования для изучения подводного биоразнообразия в районе исследований;
2. разработка и дальнейшее наполнение научной базы данных биологических исследований на основе современных геоинформационных систем (ГИС), основанные на создании цифровой модели рельефа (надводного и подводного) с дальнейшей географической привязкой данных биологических исследований;
3. создание популярной версии пространственной модели распределения подводного биоразнообразия на основе веб-технологий.

1. Исследования подводного разнообразия в районе станции «Академик Вернадский» могут быть интересны разным специалистам: исследователям этой территории, участникам антарктических экспедиций, имеющих разный профиль, но общую территорию интереса; специалистам-биологам, имеющим профессиональный интерес к изучению подводного биоразнообразия и в целом биологических особенностей видов; широкому кругу лиц, которым может быть интересно общее знакомство с наиболее репрезентативными результатами, но в более или менее научном и научно-популярном представлении. Именно, исходя из этого, авторским коллективом разработок было принято решение представить результаты в двух версиях: научной и популярной, что повлияло и на дальнейший выбор технических средств.

Научная версия ориентирована на профессиональных ArcGIS (компания-разработчик системы – ESRI), которая на сегодняшний день характеризуется достаточно широким набором технических средств для решения разнообразных пространственных задач.

Разработка популярной версии была ориентирована на возможность ограничения доступа ко всей базе данных исследований и её редактированию, но с сохранением наглядности, репрезентативности результатов. Авторским решением стала разработка популярной версии на основе веб-технологий с элементами программирования.

2. В процессе создания научной версии на базе ArcGIS получены следующие результаты и пространственные модели для представления биологического разнообразия.

- Обзорная цифровая модель высот и глубин (цифровая модель рельефа – ЦМР) в районе станции «Академик Вернадский», созданная на основе существующих карт территории, а также с уточнением ключевых участков на основе замеров по трансектам и визуального знакомства с территорией во время погружений. В среде приложения ArcGIS ArcScene настроена трёхмерная визуализация модели рельефа.

- Начата разработка базы данных ГИС с фиксированием всех результатов научных исследований биоты – географической привязкой трансект и точек проведения подводных исследований, внесением глубины замеров биомассы, характеристик биоты, формированием ссылок на базу подводных фотографий. Дополнительно была настроена функция оперативной работы с атрибутивными данными. Так, фотографии подводного разнообразия, полученные исследователями на каждом метре погружения по трансектам, закреплены с географической привязкой в базе данных, а также являются интерактивно доступными в процессе работы в проекте ArcGIS по гиперссылкам (то есть при необходимости каждая фотография может быть выведена на экран кликом мышки). Настроено выведение всех характеристик биоты из атрибутивной таблицы, наполнение базы еще ведётся.

- На основе ЦМР, с применением функций ArcGIS 3D Analyst построены профили по трансектам, которые уже были изучены, а также в местах перспективных исследований. Профили сохранены в базе данных, могут быть выведены по запросу, аналогично фотографиям.

3. Другая версия доступа к пространственной модели – ограниченно-презентационная, популярная. Необходимость такой версии обусловлена нецелесообразностью использования всей научной базы данных для задач демонстрации результатов исследований или учебных задач, сложностями использования ArcGIS для непрофессиональных пользователей и т.д. Поэтому начата разработка популярной версии пространственного моделирования биоразнообразия в районе станции на основе авторских программных кодов и открытых веб-решений (HTML, CSS, Java-script; Cortona).

Основой для создания популярной версии являются наиболее интересные материалы, полученные в научной версии, которые представляются в более простом варианте, но с сохранением научной наглядности. Унифицированная веб-оболочка имеет ряд преимуществ над традиционными средствами демонстрации научных результатов в виде презентаций или просмотра изображений, так как предусматривает возможность работы с материалами в виде:

- статической основной карты территории с интерактивными функциями выведения дополнительных данных по запросу пользователя (фото, видео, текстов, диаграмм значений, профилей и т.д. – на сегодняшний момент база дополнительных данных еще наполняется);

- рисунков детализированных профилей по трансектам, что также сопровождается фотографиями и т.д.;

- динамической трёхмерной модели рельефа (в том числе – подводного), в режиме работы с которой ракурс, приближённость участков и т.д. – выбирает пользователь. Здесь фактически используется модель, полученная в ArcGIS ArcScene, которая экспортирована в формат широкого пользователя VRML и визуализована на основе свободного плагина «Cortona 3D», встроенного на основе авторских программных кодов в популярную версию разработки.

Популярна версия может запускаться через большинство современных веб-браузеров на основе Web-Kit и HTML*, а значит может быть доступна широкому кругу пользователей, что и было изначальной задачей ее создания.

Таким образом, на начальном этапе исследований получено ряд интересных результатов и намечены дальнейшие перспективы. На основе созданной обзорной цифровой модели рельефа удалось выявить участки акватории, перспективные для дальнейших исследований подводного биоразнообразия. Созданная научная ГИС-версия и популярная веб-версия пространственных моделей территорий и акваторий в районе антарктической станции «Академик Вернадский» открывают перспективные возможности и инновационные подходы к анализу распространения видов и требуют дальнейшего на-

полнения базы данных именно биологическими материалами. Интересным является и дальнейшее географическое сопоставление биологических данных с материалами по другим специализированным исследованиям в районе станции. В перспективе планируется продолжить работу по наполнению и уточнению созданных моделей, в том числе на основе данных, полученных в процессе полевых экспедиционных работ в 2014 г.

КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРОВ ОТРАЖЕНИЯ СНЕЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

А.П. Чайковский, В.П. Дик, Л.Н. Бондарчик, М.М. Король
Институт физики НАН Беларуси, Минск,
dick@dragon.bas-net.by

Хорошо известно, что Антарктический полигон предоставляет уникальные условия для калибровки спутниковых оптических инструментов. При проведении такой калибровки одним из важнейших условий является информация о спектральной зависимости коэффициента диффузного отражения снежного покрова.

В данной работе описана конструкция и принцип работы измерителя спектров диффузного отражения снега (альбедометра), разработанного для целей калибровки оптических инструментов белорусского космического аппарата, показан макет измерителя и результаты его тестирования.

Принцип работы и конструкция альбедометра

Фотография макета измерителя спектра отражения снега и его структурная схема представлена на рисунке 1.

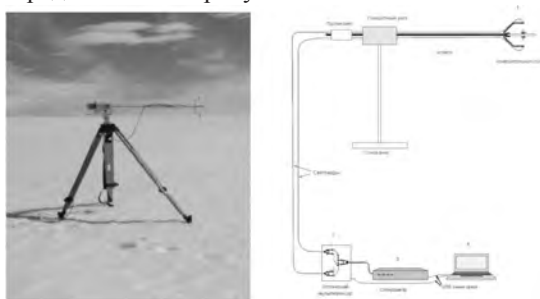


Рисунок 1 – Фотография макета и структурная схема измерителя спектра отражения снега

Как можно видеть из рисунка 1, альбедометр состоит из 4 структурных элементов: измерительной головки 1, соединенной посредством двух световодов с оптическим мультиплексором 2, спектрометра 3 и персонального компьютера 4.

Измерительная головка является важнейшим элементом всего прибора. Она служит для измерения спектральной интенсивности падающего на отражающую поверхность (снег) и отраженного этой поверхностью оптического излучения. Фотография и схематическое изображение измерительной головки приведены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Измерительная головка альбедометра и ее схематическое изображение

Как видно из рисунка 2, измерительная головка состоит из белой матовой диффузно отражающей пластинки 1 и двух световодов 2 и 3, располагаемых с разных сторон пластинки таким образом, что их концы находятся перпендикулярно поверхности диффузного отражателя.

Во время измерений диффузный отражатель располагается в горизонтальной плоскости. Его верхняя сторона освещается прямым солнечным и рассеянным небом излучением, нижняя сторона – отраженным от снега излучением. Сигнал от верхней i_B и нижней i_H сторон отражающей пластинки, зарегистрированный измерительной системой, может быть записан в виде

$$i_B = I_{\downarrow} \cdot r_B \cdot t_B \cdot k_{СП} \quad (1)$$

$$i_H = I_{\uparrow} \cdot r_H \cdot t_H \cdot k_{СП} \quad (2)$$

где I_{\downarrow} и I_{\uparrow} - соответственно интенсивности оптического излучения, падающего на верхнюю и нижнюю стороны пластинки, r_B и r_H - коэффициенты отражения верхней и нижней сторон пластинки, r_B и t_H - коэффициенты пропускания верхнего и нижнего световодов, $k_{СП}$ - коэффициент преобразования оптического сигнала спектрометром.

Из соотношений (1) и (2) несложно получить соотношение для коэф-

коэффициента диффузного отражения R поверхности:

$$R = \frac{I_{\uparrow}}{I_{\downarrow}} = \frac{i_{\text{H}}}{i_{\text{B}}} \cdot k_{\text{кал}} \quad (3)$$

где

$$k_{\text{кал}} = \frac{r_{\text{B}} \cdot t_{\text{B}}}{r_{\text{H}} \cdot t_{\text{H}}} \quad (4)$$

- калибровочный коэффициент, зависящий от оптических свойств пластинки и световодов.

Как следует из соотношения (3), при измерениях коэффициентов диффузного отражения R необходимо проводить процедуру калибровки прибора для определения калибровочного коэффициента $k_{\text{кал}}$. Проводить калибровку следует после изменения положения прибора, поскольку при этом меняется расположение световодов и, соответственно, коэффициенты пропускания t_{B} и t_{H} , так и через определенные интервалы времени, когда существует вероятность загрязнения пластинки и изменения коэффициентов отражения r_{B} и r_{H} .

Нами использовалась следующая методика определения калибровочного коэффициента $k_{\text{кал}}$.

Измеритель устанавливался в рабочее положение над измеряемой поверхностью. После этого измеряются сигнал от верхней i_{B} и i_{H} нижней сторон отражающей пластинки и находится их отношение, которое можно представить в виде

$$\frac{i_{\text{B}}}{i_{\text{H}}} = \frac{I_{\downarrow} \cdot r_{\text{B}} \cdot t_{\text{B}} \cdot k_{\text{СП}}}{I_{\uparrow} \cdot r_{\text{H}} \cdot t_{\text{H}} \cdot k_{\text{СП}}} = \frac{I_{\downarrow}}{I_{\uparrow}} \cdot k_{\text{кал}} \quad (5)$$

Затем измерительная головка поворачивалась на 180° и вновь производится регистрация сигналов от перевернутой верхней i_{B}° и перевернутой нижней i_{H}° сторон и находится их отношение, которое можно представить в виде

$$\frac{i_{\text{B}}^{\circ}}{i_{\text{H}}^{\circ}} = \frac{I_{\uparrow} \cdot r_{\text{B}} \cdot t_{\text{B}} \cdot k_{\text{СП}}}{I_{\downarrow} \cdot r_{\text{H}} \cdot t_{\text{H}} \cdot k_{\text{СП}}} = \frac{I_{\uparrow}}{I_{\downarrow}} \cdot k_{\text{кал}} \quad (6)$$

Измерения при калибровке проводились в условиях стабильного освещения, когда интенсивности I_{\downarrow} и I_{\uparrow} за время калибровки не изменялись. В этом случае калибровочный коэффициент $k_{\text{кал}}$ находился после

измерений сигналов i_B , i_H , $i_B^{\%}$ и $i_H^{\%}$ из соотношения

$$k_{\text{кал}} = \sqrt{\frac{i_B \cdot i_B^{\%}}{i_H \cdot i_H^{\%}}} \quad (7)$$

которое следует из (5) и (6).

Обратим внимание, что активные элементы измерителя спектра диффузного отражения – спектрометр и мультиплексор - предполагают управление с помощью компьютера. Поэтому были разработаны программы для управления работой измерителя. Эти программы создавались на основе системы программирования LabView.

Интерфейс программы, разработанной для управления работой измерителя представлен на рисунке 3. Эта программа позволяет проводить калибровку прибора и измерения спектров отражения.

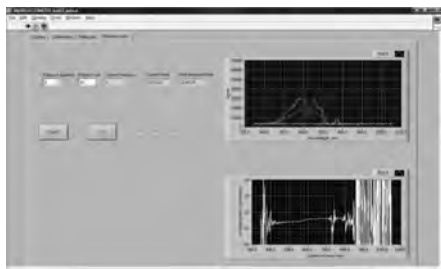


Рисунок 3 – Интерфейс программы для управления работой измерителя спектра отражения снежной поверхности

После установки и юстировки прибора оператор осуществляет его калибровку и задает интервал времени между измерениями. Через заданные оператором промежутки времени программа автоматически подбирается время накопления, проводит измерение сигналов и , рассчитывает спектры отражения и сохраняет результаты измерений на жестком диске. Участие оператора, таким образом, необходимо только при калибровке и выборе периода времени между измерениями

Натурные измерения спектров отражения снежной поверхности

Макета альбедометра был использован при проведении серии натурных измерений спектров диффузного отражения снега. Эти измерения проводилось в Антарктике в первом квартале 2013г. При измерениях приемная часть прибора, включающая измерительную головку, основание и поворотный узел, размещалась вне помещения, на снежной поверхности (рис. 1). Регистрирующая часть, включающая мультиплексор, спектрометр и компьютер, находилась в лабораторном помещении.

Типичный спектральный ход измеряемых прибором сигналов и коэффициента диффузного отражения снега R показан на рис. 4. Можно видеть, что спектральная зависимости сигналов и аналогична спектральной зависимости интенсивности солнечного излучения. Коэффициент диффузного отражения снега с ростом длины волны уменьшается с $R \approx 0,9$ при $\lambda = 0,4 \text{ мкм}$ до $R \approx 0,6$ при $\lambda = 0,9 \text{ мкм}$

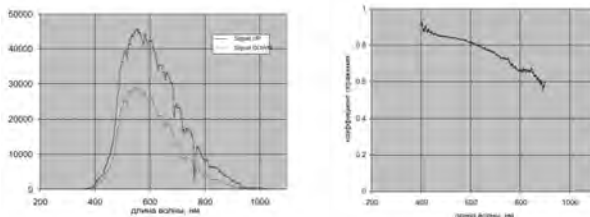


Рисунок 4 – Результаты измерений сигналов ${}^1\text{В}$ и ${}^1\text{Н}$ и спектра диффузного отражения снега, проведенных в Антарктиде 15.01.2013 в 9:24 по местному времени

КОМПЛЕКСНОЕ ЛИДАРНОЕ И РАДИОМЕТРИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ В АНТАРКТИДЕ

**А.П. Чайковский¹, М.М. Король¹, А.А. Гайдашов², В.С. Демин³,
Я.О. Грудо¹, В.П. Дик¹, С.В. Денисов¹, Л.И. Чайковская¹**

¹*Институт физики НАН Беларуси, Минск, chaikov@dragon.bas-net.by*

²*Республиканский центр полярных исследований, Минск*

³*Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ, Минск, Беларусь*

Исследования атмосферного аэрозоля на, выполняемые группой белорусских ученых в Антарктиде, начались с создания белорусско-французской радиометрической станции “Vechemaya Hill” с координатами (67,66 S, 46,16 E). Регулярные радиометрические наблюдения проводятся с 25 декабря 2008 г. Станция была включена в состав радиометрической сети AERONET. Данные наблюдений доступны на информационном сайте AERONET (<http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>). В настоящее время только три станции AERONET, включая “Vechemaya Hill”, проводят регулярные наблюдения в Антарктиде.

В экспедиции 2012-2013 гг. радиометрические измерения выполнялись на российской станции «Молодежная». Здесь же была развернута лидарная система (рисунок 1), что позволило провести первые в Антар-

кtide комплексные лидарные и радиометрические измерения по методике, разработанной в [1, 2], и получить данные о высотных профилях аэрозольных фракций.

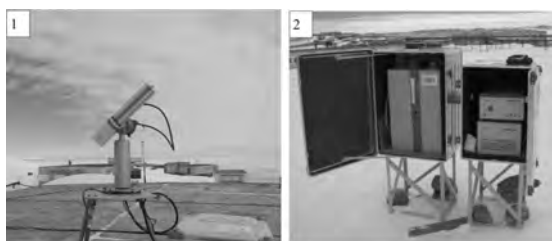


Рисунок – 1 Аппаратура для комплексного лидарного и радиометрического зондирования аэрозоля: сканирующий солнечный радиометр (1), двухволновой лидар (2)

Средние значения спектров аэрозольной оптической толщи (АОТ) за периоды наблюдений в 2009 – 2013 гг. приведены на рисунке 2 (а). Выборка сделана из результатов измерений, проведенных при безоблачном небе. Значения АОТ весьма малы и составляют на длине волны $\lambda=500$ нм значения $0.02 - 0.03$. Показатель Ангстрема спектров АОТ изменялся в пределах $-1.0 \div -1.5$.

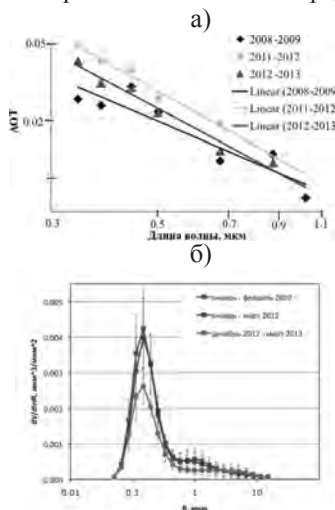


Рисунок 2 – Средние значения спектров АОТ (а) и распределений по размерам объемов аэрозольных частиц (б) при безоблачном небе за периоды наблюдений в 2009 – 2013 гг. на станции AERONET “Vechernaya Hill”

Похожие спектральные зависимости в этот же период регистрировались радиометрическими системами на станциях Utsteinen и South_Pole_Obs_NOAA. При этом абсолютные значения АОТ на этих станциях были 0,015–0,02.

Восстановленные средние по аэрозольному слою распределения объемов аэрозольных частиц по радиусу приведены на рисунке 2(б). Обращает внимание малое количество крупных частиц.

Сравнение распределений объемов частиц, измеренных на антарктической станции “Vechnaya Hill” и на станции в Минске (континентальный регион), проведено на рисунке 3. Значения максимумов распределений по размерам мелких и крупных частиц для усредненного распределения по размерам частиц континентального аэрозоля, а также концентрации фракций близки между собой. Содержание мелких частиц в регионе станции “Vechnaya Hill” меньше приблизительно в 10 раз, а крупных частиц – много меньше соответствующих характеристик континентального аэрозоля.

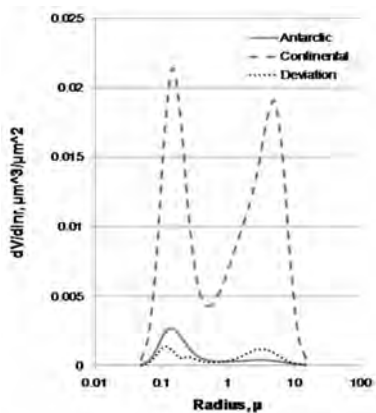


Рисунок 3 – Распределения по размерам объемов взвешенных частиц: а) - среднее значение функции распределения по размерам (Antarctic), среднеквадратическое отклонение (Deviation) и средняя функция распределения для Минска (Continental)

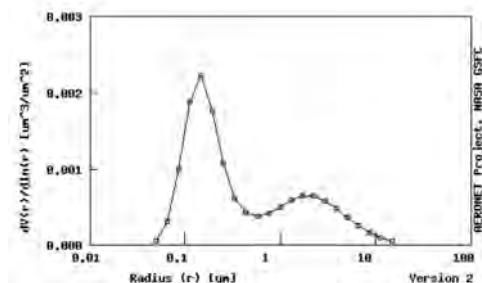


Рисунок 4 – Распределение объемов аэрозольных частиц по размерам, 14:00, 23 декабря 2012 г., ст. «Молодежная»

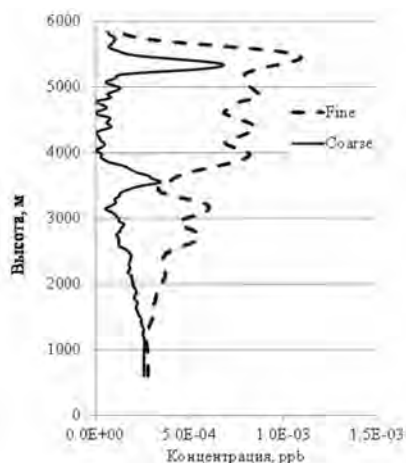


Рисунок 5 – Высотные профили концентрации мелкодисперсной (Fine) и крупнодисперсной фракций аэрозольных частиц по данным комплексного лидарного и радиометрического зондирования, 23 декабря 2012 г.

Информация о высотной структуре аэрозольного слоя получена из лидарных измерений. Результаты комплексных лидарных и радиометрических наблюдений приведены на рисунках 4 и 5.

Среднее по высоте распределение по размерам аэрозольных частиц, измеренное 23 декабря 2012 г., приведено на рисунке 4. Наблюдались две аэрозольные фракции: малые и крупные частицы.

Высотные распределения концентрации малых (Fine) и крупных

(Coarse) частиц приведены на рисунке 5. Увеличение концентрации мелких частиц наблюдалось на высотах более 4000 м. На уровне 5300 м сформировался узкий слой крупнодисперсных частиц.

Результаты расчета обратных траекторий (модель HYSPLIT) показали, что в данном случае в период, предшествующий наблюдениям в Антарктиде, траектории переноса воздушных масс проходили через регион Мыса Доброй надежды в Южной Африке. При этом воздушная масса, которая наблюдалась в Антарктиде на высотах порядка 5 км, в Южноафриканском регионе распространялась в нижнем слое атмосферы. Повышенное содержание мелких частиц в районе наблюдений в Антарктиде на высотах порядка 5 км может быть обусловлена ее загрязнением воздушной массы частицами дымов пожаров, которые происходили в этот период на африканском континенте.

Литература

1. Chaikovsky, A.P., Dubovik, O., Holben, B.N., Bril A.I.: Methodology to retrieve atmospheric aerosol parameters by combining ground-based measurements of multi-wavelength lidar and sun sky-scanning radiometer, Eight International Symposium on Atmospheric and Ocean and Ocean Optics: Atmospheric Physics, Geliĭ A. Zherebtsov, Genadiĭ G. Matvienko, Victor A. Banakh, Vladimir V. Koshelev, Editors, Proceeding of SPIE, 4678, 257-268. 2002.

2. Chaikovsky, A., Bril, A., Dubovik, O., Holben, B., Thompson, A., Goloub, P., O'Neill, N., Sobolewski, P., Bosenberg, J., Ansmann, A., Wandinger, U., and Mattis, I.: CIMEL and multiwavelength lidar measurements for troposphere aerosol altitude distributions investigation, long-range transfer monitoring and regional ecological problems solution: field validation of retrieval techniques, *Optica Pura y Aplicada*, 37, 3241–3246, 2004.

ВЫДЕЛЕНИЕ БАКТЕРИЙ-ДЕСТРУКТОРОВ НЕФТИ ИЗ ОБРАЗЦОВ АНТАРКТИЧЕСКОГО ГРУНТА

М.И. Чернявская, А.А. Занюк, В.Е. Мямин, М.А. Титок
Белорусский государственный университет, Минск, mm-cher@tut.by

Углеводороды различных классов, чаще всего попадающие в окружающую среду при разливе нефти и нефтепродуктов, губительно воздействуют на живые организмы [1].

Антарктида является уникальной природной средой с суровым климатом, высокой радиацией, бедным растительным и животным миром. В результате освоения этих территорий человеком возросла антропогенная нагрузка на «хрупкую» экосистему, чутко реагирующую на любые вме-

шательства извне. Первый крупный разлив нефтепродуктов в Антарктиде произошел более 25 лет назад [2, 3]. В настоящее время большое количество горюче-смазочных материалов и емкостей для их хранения находится на территориях бывших советских антарктических станций, многие из которых функционируют под эгидой стран постсоветского пространства. Безусловно, за этот период времени на загрязненных участках поверхности сформировались определенные микробные сообщества, способные существовать в условиях высокой концентрации углеводов. Учитывая уникальность антарктической экосистемы, для ее безопасной биоремедиации необходимо использовать аборигенные бактерии-деструкторы. В настоящее время известны бактерии-деструкторы углеводов, выделенные из грунтов Антарктиды, относящиеся к родам *Pseudomonas* [2, 4] и *Rhodococcus* [5, 6].

В ходе выполнения настоящего исследования для выделения бактерий-деструкторов были использованы образцы антарктического грунта, собранные в результате работы 5-й Белорусской антарктической экспедиции (58-й Российской антарктической экспедиции) в районе полевой базы «Гора Вечерняя» (Восточная Антарктида, Земля Эндерби, холмы Тала, оазис Гора Вечерняя, 67°39' ю.ш., 46°09' в.д.). Всего для работы использовали 9 образцов грунта (табл. 1).

Как видно из данных, представленных в таблице 1, в одном из образцов (№ 2) содержание нефтепродуктов превышало норму (предельно допустимое содержание нефтепродуктов составляет менее 100,0 мг/кг). Повышенное содержание нефтепродуктов в данном образце грунта было связано с тем, что он изолирован на территории полевой базы «Гора Вечерняя», где находится большое количество сильно коррозированных емкостей с остатками горюче-смазочных материалов, возраст которых насчитывает несколько десятков лет.

Образцы грунта помещали в минеральную среду М9 с гексадеканом (0,1 %) в качестве единственного источника углерода. Из полученных накопительных культур было выделено 36 штаммов, в том числе 28 грамположительных и 8 грамотрицательных бактерий (табл. 1). Изолированные микроорганизмы нормально размножались при температурных режимах +4 42 °С (13 штаммов), +4 37 °С (10 штаммов), +4 28 °С (4 штаммов), а 6 штаммов не росли при температуре ниже +10 °С.

Таблица 1 – Характеристика источников выделения бактерий-деструкторов нефти

№ изолята	Характер грунта	Источник выделения	Содержание нефтепродуктов, мг/кг	Кол-во выделенных штаммов	Штаммы деструкторы нефти
1	Грунт аллювиальный	Низовья временного водотока, впадающего в оз. Нижнее	9,42	7	-
2	Грунт аллювиальный	Низовья временного водотока, впадающего в оз. Нижнее	7413,8	8	A2-h2, A2-6
13	Грунт сухой	Выходы коренных пород возле ДЭС (8 кВ)	28,9	6	-
25-2	Грунт сухой	Выходы коренных пород за складом ГСМ	11,1	1	-
27	Грунт сухой	Выходы коренных пород за складом ГСМ	6	3	-
29	Грунт сухой	Выходы коренных пород возле ДЭС (20 кВ)	10,2	3	A29-k1
31	Грунт сухой	Выходы коренных пород возле ДЭС (60 кВ)	2,5	3	-
31-2	Грунт сухой	Выходы коренных пород возле ДЭС (60 кВ)	2,5	2	A31-2d
34	Грунт сухой	Ручей, вытекающий из озера возле склада ГСМ	12,6	3	A34-3

Примечание: «-» - бактерии-деструкторы нефти не обнаружены

Наибольшим разнообразием морфотипов характеризовался образец № 2, из которого выделено 8 штаммов бактерий. При этом два из них A2-6, A2-h2 обладали способностью деградировать нефть, а штамм A2-h2 дополнительно утилизировал толуол. Деструкторы нефти были выделены еще из трех образцов (штаммы A29-k1, A31-2d, A34-3 из образцов № 29, № 31 и № 34, соответственно), некоторые из которых дополнитель-

но утилизировали в качестве единственного источника углерода толуол (A2-h2, A29-k1, A31-2d) и нафталин (A31-2d).

На основании анализа молекулярно-генетических маркеров (частичного сиквенса генов 16S рРНК, амплификации генов *rpoC*) было установлено, что изолированные бактерии-деструкторы нефти А2-6 относятся к роду *Deinococcus*. Остальные исследованные штаммы деструкторы (А2-h2, А29-k1, А31-2d) принадлежат к бактериям рода *Rhodococcus* (табл. 2). Следует отметить, что обнаружение среди деструкторов нефти бактерий рода *Rhodococcus* является весьма закономерным, поскольку микроорганизмы этой таксономической группы широко распространены в природе и способны утилизировать широкий спектр органических субстратов, в том числе нефть [7, 8]. В тоже время, деградативные свойства бактерий рода *Deinococcus* (штамм А2-6) представляются весьма интересными, поскольку характерной особенностью представителей этой систематической группы является способность выдерживать высокие дозы радиации (например, *Deinococcus radiodurans* является самым радиорезистентным организмом в мире [9]).

Таблица 2 – Идентификация бактерий-деструкторов нефти.

Штамм	Ген	Способ идентификации	Размер анализируемого фрагмента, п.н.	Гомология с известными, в %
A2-6	16S рРНК	Сиквенс-анализ	841	<i>Deinococcus caeni</i> (выделен из активного ила), 81%. <i>Deinococcus</i> sp. (выделен с поверхности снега и льда Антарктиды), 81%
A2-h2	<i>rpoC</i>	ПЦР-анализ	1236	Присутствие специфического продукта ПЦР, характерного для бактерий рода <i>Rhodococcus</i>
A29-k1	<i>rpoC</i>	ПЦР-анализ	1236	Присутствие специфического продукта ПЦР, характерного для бактерий рода <i>Rhodococcus</i>
A31-2d	16S рРНК	Сиквенс-анализ	814	<i>Rhodococcus pyridinivorans</i> PDB9 (бактерии, утилизирующие пиридин), 97% <i>Rhodococcus pyridinivorans</i> R04 (бактерии, деградирующие бифенил), 97 %

Литература

1. Шамраев А.В., Шорина Т.С. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды // Вестник ОГУ. 2009. № 6 (100). С. 642-645.
2. Shukor M.Y. et al. Isolation and characterization of a *Pseudomonas* diesel-degrading strain from Antarctica // J. Environ. Biol. 2009. N 30 (1). P. 1-6.
3. Cavanagh J.E. et al. Hydrocarbon degradation by Antarctic coastal bacteria // Antarctic Science. 1998. N 10 (4). P. 386-397.
4. Stallwood B. et al. Low temperature bioremediation of oil-contaminated soil using biostimulation and bioaugmentation with a *Pseudomonas* sp. from maritime Antarctica // Journal of Applied Microbiology. 2005. N 99. P. 794-802.
5. Bej A.K., Saul D., Aislabie J. Cold-tolerant alkane-degrading *Rhodococcus* species from Antarctica // Polar Biol. 2000. N 23. P. 100-105.
6. Ruberto L.A.M. et al. Psychrotolerant hydrocarbon-degrading *Rhodococcus* strains isolated from polluted Antarctic soils // Antarctic Science. 2005. N 17 (1). P. 47-56.
7. Microbiology Monographs: Biology of *Rhodococcus*. V. 16. / Ed. H.M. Alvarez // Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. 365 p.
8. Larkin M.J., Kulakov L.A., Allen Ch.CR. Biodegradation and *Rhodococcus* – masters of catabolic versatility // Current Opinion in Biotechnology. 2005. N 16. P. 282-290.
9. Makarova K.S. et al. Genome of the extremely radiation-resistant bacterium *Deinococcus radiodurans* viewed from the perspective of comparative genomics // Microbiol. Mol. Biol. Rev. 2001. Vol. 65. N 1. P. 44-79.

ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА КАК ОСНОВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ АНТАРКТИКИ

В.Д. Чмыр

*Институт биологии южных морей НАН Украины, Севастополь,
vikchm@mail.ru*

В связи с обилием промышленных объектов, в частности, криля, сложилось представление о высокой продуктивности антарктических вод. Однако, прямые измерения показывают, что биомасса (Хл А) и продукция фитопланктона (ПП) в пелагиали Южного океана скорее находятся на уровне, близком к олиготрофным водам: около 50 мг Хл А м⁻² и 0,1 – 0,3 г С м⁻² сут⁻¹ ПП [1-7].

Поскольку низкая продуктивность фитопланктона наблюдается при высоких концентрациях солей азота и фосфора и достаточной инсоляции, этот феномен, характерный также для обширных участков Тихого океана, получил название “самого большого биологического парадокса” [8].

Объяснение парадокса было получено в связи с работами, показавшими лимитирующую роль микроэлементов и, в частности, железа в развитии фитопланктона в пелагических водах Тихого и Южного океанов [4, 9, 10].

В то же время в шельфовых водах антарктических морей, в достаточной степени обогащённых микроэлементами, были обнаружены довольно высокие значения биомассы фитопланктона (более 100 мг Хл А м⁻²) и ПП (более 600 мг С м⁻² сут⁻¹). Это относится и к водам, окружающим Антарктический полуостров и Южные Шетландские о-ва [2, 11-16], где высокие значения ПП наблюдаются на протяжении почти всего антарктического лета.

Высокие значения ПП отмечены также в обширных (шириной в сотни км), хотя и менее долговечных, продуктивных зонах у кромки тающих льдов [17].

Измерения ПП, выполненные радиоуглеродным методом во время Украинских антарктических экспедиций в марте-апреле 1998 г. и в марте 2002 г. в атлантическом секторе Антарктики (АЧА) приходится на предзимний период, когда продуктивность резко падает. Тем не менее, по итогам наших исследований описанные различия продуктивности водных масс в прибрежных районах и в пелагиали достаточно чётко прослеживаются.

Проведенные в марте-апреле 1998 г. измерения ПП в пелагиали АЧА показали очень низкие значения ПП как для поверхностного слоя, так и в целом для слоя фотосинтеза.

По результатам шести измерений ПП в поверхностном слое на полигоне в районе о. Мордвинова, выполненных 24-26 марта, были получены значения от 2,44 до 8,55 (среднее 4,71) мг С м⁻³ сут⁻¹.

На съёмке у Южных Оркнейских о-в, выполненной 27 марта – 10 апреля, в поверхностном слое получены значения в пределах 1,14-13,94 (в среднем 5,40) мг С м⁻³ сут⁻¹. При условной прозрачности по диску Секки 13-17 м глубина слоя фотосинтеза (1% от поверхностной освещённости) в этих водах в среднем была около 51 м. Интегральные значения ПП в слое фотосинтеза по измерениям на 8 ст-х составляли здесь 118-188 (в ср. 132) мг С м⁻² сут⁻¹.

Ещё ниже значения ПП, измеренные 12-13 апреля вдали от островов, в проливе Дрейка. Здесь, на разрезе, по 55° з.д. (вблизи 57° и 60° ю.ш.) были получены интегральные значения ПП в слое фотосинтеза 75 и 86 мг С м⁻² сут⁻¹.

Более высокие значения ПП получены 19-20 марта 1998 г. в межостровных проливах у побережья Антарктического п/ва. Вблизи о. Галиндез, где расположена полярная ст-я “Академик Вернадский” условная

прозрачность составляла 12 м, а глубина слоя фотосинтеза достигала дна (38 м). Здесь были получены значения ПП в поверхностном слое от 7,45 до 21,70 (ср. 15,86) мг С м⁻³ сут⁻¹.

В 2002 г. съёмка была проведена 9-18 марта в западной части пролива Брансфилда. В поверхностном слое на акватории пролива получены значения ПП от 1,7 до 24,5 мг С м⁻³ сут⁻¹. Минимальные значения: 1,7-5,6 отмечены в южной части пролива – от о. Брабант на западе и далее вдоль полуострова на северо-восток.

Зона более высокой продуктивности расположена в центральной и северной части пролива, где значения ПП превышают 10, достигая у о. Лоу 24,5 и у о. Десепшен 21,9. Высокая ПП обнаружена также в устье пролива Герлах – 22,6. Среднее для всей акватории съёмки значение ПП в поверхностном слое составило 8,9 мг С м⁻³ сут⁻¹.

Глубина слоя фотосинтеза на основной части акватории этой съёмки составляла около 40 м. Только в восточной части полигона, куда проникают прозрачные воды из моря Уэдделла, глубина фотического слоя достигала 60 м. Интегральные значения ПП в южной, менее продуктивной части пролива Брансфилда находились в пределах 75–134 мг С м⁻² сут⁻¹. В более продуктивной северной части её значения составляли 157–244. Среднее для акватории съёмки значение ПП в слое фотосинтеза было равно 144 мг С м⁻² сут⁻¹.

Согласно данным, полученным в 1986 – 1987 гг. по программе исследования экосистемы побережья Антарктики (RACER) в западной части пролива Брансфилда [17-19], а также данным, полученным во время нашей съёмки в марте 2002 г. (данные по хлорофиллу любезно предоставлены А.А. Сыроевым), максимальные значения концентрации Хл А (6,5 мг м⁻³ на поверхности и 291 мг м⁻² в слое 0-50 м) и ПП (2500 мг С м⁻² сут⁻¹) наблюдали в декабре. В январе эти значения уменьшились в 1,5-2 раза, а в феврале и марте соответственно в 5-6 и в 7-10 раз. Ассимиляционные числа (АЧ), рассчитанные по средним интегральным для слоя фотосинтеза значениям Хл А и ПП, в декабре были равны 0,95, в январе 0,81, а в феврале и марте около 0,40 мг С мг Хл А⁻¹ час⁻¹.

Полученные нами в марте 2002 г. значения были ещё существенно ниже: по Хл А – 0,71 против 1,20 мг м⁻³ в марте 1987 г. в поверхностном слое и 32 против 50 мг м⁻² в слое 0 – 50 м; по ПП – 144 против 250 мг С м⁻² сут⁻¹ в слое фотосинтеза. Менее существенные различия получены для интегральных в слое фотосинтеза АЧ – 0,46 в марте 2002 г. против 0,42 мг С мг Хл А⁻¹ час⁻¹ в марте 1987 г. Пониженной продуктивности в марте 2002 г. соответствуют более суровые климатические условия, особенно сильные шторма, ослабившие устойчивость верхнего перемешанного слоя.

Приведенные данные говорят о высокой продуктивности прибрежных акваторий в Антарктике на протяжении почти всего южного лета. В частности, в благоприятные годы среднее значение ПП в западной части

пролива Брансфилда для всего вегетационного периода (около 150 суток) можно оценить как близкое к $1 \text{ г С м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$, а его годовую продуктивность – примерно в 150 г С м^{-2} .

Однако средняя продуктивность Южного океана определяется «пустынными» пространствами пелагиали, составляющими около 10 % площади Мирового океана и характеризующимися острым дефицитом микроэлементов, лимитирующим фотосинтез при избытке солей азота и фосфора. Поэтому в целом для Антарктического бассейна ПП оценивается вдвое ниже средней для Мирового океана и составляет менее $0,2 \text{ г С м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ [20].

Тем не менее, высокие значения ПП во время весеннего цветения у кромки тающих льдов, видимо, в состоянии не только обеспечить функционирование экосистемы Антарктики, но и экспортировать часть продукции за пределы Полярного фронта. Параллельные измерения процессов продукции и дыхания в планктонном сообществе, выполненные в сезон 1997 – 1998 гг. кислородным методом на разрезе по 170° з.д. от 53° ю.ш. до 65° – 70° ю.ш. [21], показали, что к югу от Полярного фронта в декабре чистая (т.е. избыточная) продукция сообщества составляет около $1200 \text{ мг С м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$, в то время как аналогичные измерения в феврале-марте дают близкие значения процессов продукции и деструкции органического вещества.

Литература

1. El-Sayed S.Z., Mandelli E.F. Primary production and standing crop of phytoplankton in the Weddel Sea and Drake Passage. In: Biology of the Antarctic Seas, II. – Antarctic Research Series, American Geophysical Union. 1965. Vol.5. P. 87-106.
2. El-Sayed S.Z. Productivity of the Antarctic waters – a reappraisal. Marine phytoplankton and productivity. – Holm-Hansen et al., editors. Springer, Berlin. 1984. P. 19-34.
3. El-Sayed S.Z. Productivity of the Southern Ocean: a closer look. Comparative Biochemistry and Physiology. 1988. Vol. 90 B. P. 489-498.
4. Волковинский В.В. Измерение первичной продукции в море Скотия. Труды ВНИРО. 1969. Т. 64. С. 160-167.
5. Holm-Hansen O., El-Sayed S.Z., Franceshini G.A. et al. Primary production and the factors controlling phytoplankton growth in Antarctic seas. In: Adaptations within Antarctic ecosystems: Proceedings of the Third SCAR Symposium on Antarctic Biology. G.A.Llano, editor. – Smithsonian Institution, Washington. 1977. P. 11 – 50.
6. Самышев Э.З. Антарктический криль и структура планктонного сообщества в его ареале. - М.: Наука. 1991. 168 с.
7. Чмыр В.Д. Первичная продукция в водах Атлантической части Антар-

ктики в предзимний период 1998 г. Бюлетень Українського Антарктичного Центру. 2002. Вип. 4. С. 141-142.

8. El-Sayed S.Z. Biological productivity of Antarctic waters: present paradoxes and emerging paradigms . In: Antarctic Aquatic Biology. – El-Sayed S.Z. and Tomo A.P., editors. –SCAR, Cambridge, England. 1987. P. 1-21.

9. Martin J.H., Fitzwater S. Iron deficiency limits phytoplankton growth in the north-east Pacific subarctic. Nature. Vol. 331. 1988. P. 341-343.

10. Martin J.H., Gordon R.M., Fitzwater S. Iron in Antarctic waters. Nature. 1990. Vol. 345. P. 156-158.

11. Burkholder P.R., Sieburth J. Phytoplankton and chlorophyll in the Gerlache and Bransfield Straits of Antarctica // Limnology and Oceanography, 1961. Vol. 6. P. 45-52.

12. El-Sayed S.Z. On the productivity of the Southwest Atlantic Ocean and the waters west of the Antarctic Peninsula. In: Biology of the Antarctic seas, III, Antarctic Research Series, American Geophysical Union. 1967. Vol. 11. P. 15-47.

13. Brockel K. von. The importance of nanoplankton within the pelagic Antarctic ecosystem. Kieler Meeresforschung. 1981. Vol. 5. P. 61-67.

14. Uribe E. Influence of the phytoplankton and primary production of the Antarctic waters in relationship with the distribution and behavior of krill. Instituto Antartico Chileno, Scientific Series. 1982. Vol. 28. P. 147-163.

15. Lipski M. The distribution of chlorophyll-a in relation to the water masses in the southern Drake Passage and Bransfield Strait (BIOMASS-FIBEX, February-March 1981). Polish Polar Research. 1982. Vol. 3. P. 143-152.

16. Lipski M. Chlorophyll-a in the Bransfield Straite and the southern part of Drake Passage during BIOMASS-SIBEX (December-January 1984). Polish Polar Research. 1985. Vol. 6. P. 21-30.

17. Mitchell B. G., Brody E.A., Holm-Hansen O., McClain C., Bishop J. Ligt limitation of phytoplankton biomass and macronutrient utilization in the Southern Ocean. Limnol. Oceanogr. 1991. Vol. 36(8) P. 1662-1677.

18. Huntley M., Karl D.M., Niiler P. et al. Research on Antarctic Coastal Ecosystem Rates (RACER): an interdisciplinary field experiment. Deep Sea Research. 1991. Vol. 38. P. 911-941

19. Holm-Hansen O., Mitchell B.G. Spatial and temporal distribution of phytoplankton and primary production in the western Bransfield Strait region. Deep Sea Research. 1991. Vol. 38. P. 961-980.

20. Nelson D.M., Smith W.O.Jr. Sverdrup revisited: Critical depths, maximum chlorophyll levels and the control of Southern Ocean productivity by the irradiance-mixing regime. Limnol. Oceanogr. 1991. Vol. 36(8). P. 1650-1661.

21. Dickson M-L., Orchardo J. Oxygen production and respiration in the Antarctic Polar Front region during the austral spring und summer. Deep Sea Research II. 2001. Vol. 48. P. 4101-4126.

АНТАРКТИЧЕСКИЕ СБОРЫ ЛИШАЙНИКОВ В ГЕРБАРИИ ИНСТИТУТА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БОТАНИКИ ИМ. В.Ф. КУПРЕВИЧА НАН БЕЛАРУСИ

А.П. Яцына¹, О.И. Бородин², Ю.Г. Гигиняк², А.А. Гайдашов³

¹*Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН
Беларуси, Минск, lichenologs84@mail.ru*

²*НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, Минск, belantarct2014@mail.ru,*

³*Республиканский центр полярных исследований, Минск,
alexis_33@inbox.ru*

В результате антропогенной нагрузки на растительность Антарктиды влияние на наземные экосистемы становится все более очевидным, что отражается в изменении почвенного покрова и в распространении отдельных таксонов. Синантропизация отдельных районов Антарктиды происходит довольно быстро, наиболее стремительно это явление осуществляется на прибрежных островах Антарктиды. Кроме антропогенного воздействия на видовой состав организмов, существенное влияние на ход формирования определенных ценозов играет среда обитания видов. В настоящее время эти два механизма и определяют то, как будут далее развиваться сообщества в Антарктиде. Инвентаризация лишайников континентальных и прибрежных районов Антарктиды необходима и важна для понимания формирования лишайнобиоты континента.

В гербарии по лишайникам лаборатории микологии первые сборы лишайников из Антарктиды датируются 1957-1961 гг. Во время комплексных антарктических экспедиций Академии наук СССР полярниками: практикантом Владимиром Игоревичем Бардиным и профессором Константином Константиновичем Макаровым был собран и передан гербарный материал по лишайникам в количестве более 70 образцов. Лишайники были собраны из следующих локалитетов: Земля Королевы Мод, острова Эйгарен, Земля Георга V, холмы Ларсеманна, остров Хасуэлл и оазис Ширмахера. Долгое время коллекция лишайников из Антарктиды не пополнялась гербарными образцами до 2009 г., когда началось её пополнение из Антарктиды. В результате инвентаризации гербарных образцов лишайников, собранных белорусскими учеными во время работ антарктических экспедиций за период с 2009 по 2013 гг., было передано в гербарий лаборатории микологии более 400 образцов лишайников из следующих районов Антарктиды: Земля Эндерби, Земля Принцессы Елизаветы, Южные Шетландские острова.

Ниже приводится список видов лишайников, хранящихся в гербарии Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси (Herbarium MSK-L). Вся коллекция лишайников из прибрежной и континентальной Антарктиды содержит около 500 образцов, лишайники хранятся в бумажных пакетах,

помещенные в картонные коробки, на каждом пакете имеется гербарная этикетка. Новые виды лишайников для гербария обозначены (*). Названия видов приведены по Index Fungorum. Обобщающая характеристика гербарных образцов из Антарктиды содержит следующую информацию: названия вида, район сбора и число обработанных образцов (табл. 1).

Таблица 1 – Общая характеристика гербарных образцов лишайников Вид	Район сбора	Число образцов	
1. <i>Acarospora gwynnii</i> C.W. Dodge & E. D. Rudolph.	Земля Эндерби	2	4
	Берег Принцессы Астрид	1	
	Земля Принцессы Елизаветы	1	
2. * <i>Aspicilia atroviolacea</i> (Flot.) Hue	Южные Шетландские острова	1	1
3. <i>Buellia frigida</i> Darb.	Земля Эндерби	40	46
	Земля Принцессы Елизаветы	6	
4. * <i>Buellia soledians</i> Filson	Земля Эндерби	1	2
	Земля Принцессы Елизаветы	1	
5. * <i>Caloplaca ammiospila</i> (Ach.) H. Olivier	Земля Эндерби	3	3
6. * <i>Caloplaca athallina</i> Darb.	Земля Принцессы Елизаветы	1	1
7. <i>Caloplaca citrina</i> (Hoffm.) Th. Fr.	Земля Эндерби	4	10
	Земля Принцессы Елизаветы	3	
	острова Эйгарен	3	
8. * <i>Caloplaca nigrescens</i> N.S. Golubk. & Savicz	острова Эйгарен	2	6
	Земля Принцессы Елизаветы	4	
9. * <i>Caloplaca soropelta</i> (E.S. Hansen, Poelt & Søchting) Søchting	Земля Принцессы Елизаветы	2	2
10. * <i>Candelaria murrayi</i> Poelt	Земля Эндерби	3	3
11. <i>Candelariella flava</i> (C.W. Dodge & G.E. Baker) Castello & Nimis	Берег Принцессы Астрид	1	17
	Земля Эндерби	12	
	Земля Принцессы Елизаветы	4	
12. * <i>Carbonea vorticosa</i> (Flörke) Hertel	Земля Принцессы Елизаветы	4	4
13. * <i>Haematomma erythromma</i> (Nyl.) Zahlbr.	Южные Шетландские острова	1	1
14. * <i>Himantormia lugubris</i> (Hue) I.M. Lamb	Южные Шетландские острова	1	1

15. <i>Lecanora expectans</i> Darb.	Земля Эндерби	5	6
	Земля Принцессы Елизаветы	1	
16. <i>Lecanora polytropa</i> (Ehrh.) Rabenh.	Земля Эндерби	10	11
	Земля Принцессы Елизаветы	1	
17. <i>Lecidea cancriformis</i> C.W. Dodge & G.E. Baker	Земля Эндерби	2	4
	Земля Принцессы Елизаветы	1	
	Южные Шетландские острова	1	
18. <i>Lecidella carpathica</i> Körb.	Южные Шетландские острова	1	1
19. * <i>Lepraria alpina</i> (B. de Lesd.) Tretiach & Baruffo s. srt.	Земля Эндерби	9	9
20. * <i>Lepraria vouauxii</i> (Hue) R.C. Harris	Южные Шетландские острова	1	1
21. * <i>Leptogium puberulum</i> Hue	Южные Шетландские острова	3	10
	Берег Принцессы Астрид	1	
	Земля Эндерби	6	
22. * <i>Massalongia carnosa</i> (Dicks.) Körb.	Южные Шетландские острова	3	3
23. <i>Ochrolechia frigida</i> (Sw.) Lynge	Южные Шетландские острова	6	6
24. <i>Pertusaria</i> sp.	Южные Шетландские острова	1	1
25. * <i>Phaeorrhiza nimbosa</i> (Fr.) H. Mayrhofer & Poelt	Земля Принцессы Елизаветы	1	1
26. <i>Physcia caesia</i> (Hoffm.) Hampe ex Fürnr.	Земля Эндерби	13	14
	острова Эйгарен	1	
27. * <i>Pleopsidium chlorophanum</i> (Wahlend.) Zopf	Земля Эндерби	1	2
	Берег Принцессы Астрид	1	
28. <i>Porpidia crustulata</i> (Ach.) Hertel & Knoph	Земля Эндерби	1	1
29. <i>Pseudephebe minuscula</i> (Nyl. Ex Arnold) Brodo	Земля Эндерби	28	37
	Земля Принцессы Елизаветы	9	
30. <i>Pseudephebe pubescens</i> (L.) M. Choisy	Земля Эндерби	5	5
31. * <i>Rhizocarpon adarensis</i> (Darb.) I.M. Lamb	Земля Эндерби	6	6
32. <i>Rhizocarpon flavum</i> C.W. Dodge & G.E. Baker	Земля Эндерби	3	3
33. <i>Rhizocarpon geographicum</i> (L.) Lamy & DC.	Южные Шетландские острова	4	4

34. <i>Rhizoplaca melanophthalma</i> (DC.) Leuckert	острова Эйгарен	1	7
	Земля Принцессы Елизаветы	1	
	Земля Эндерби	5	
35. <i>Rinodina olivaceobrunnea</i> C.W. Dodge & G.E. Baker	Земля Эндерби	13	22
	Земля Принцессы Елизаветы	9	
36. * <i>Umbilicaria africana</i> (Jatta) Krog & Swinscow	Земля Эндерби	10	11
	Берег Принцессы Астрид	1	
37. <i>Umbilicaria aprina</i> Nyl.	Земля Эндерби	18	18
38. <i>Umbilicaria decussata</i> (Vill.) Zahlbr.	Земля Принцессы Елизаветы	3	19
	Земля Эндерби	30	
39. * <i>Usnea aurantiacoatra</i> (Jacq.) Bory	Южные Шетландские острова	18	18
40. <i>Usnea sphacelata</i> R. Br.	Земля Принцессы Елизаветы	6	19
	Земля Эндерби	13	
41. <i>Xanthoria candelaria</i> (L.) Th. Fr.	Земля Эндерби	1	1
42. <i>Xanthoria elegans</i> (Link) Th. Fr.	Земля Эндерби	29	32
	острова Эйгарен	1	
	Южные Шетландские острова	1	
	Берег Принцессы Астрид	1	
43. * <i>Xanthoria mawsonii</i> C.W. Dobge	Земля Эндерби	1	1
ВСЕГО:		397	

В ходе ревизии гербарных образцов из Антарктиды определено 43 вида лишайников из 28 родов и 16 семейств. Наибольшее число видов относится к эпилитным лишайникам, реже к эпилитнобриофитным и бриофитным видам. К наиболее часто встречающимся видам в гербарии можно отнести следующие лишайники: *Buellia frigida*, *Caloplaca citrina*, *Candelariella flava*, *Lecanora polytropa*, *Leptogium puberulum*, *Physcia caesia*, *Pseudophebe minuscula*, *Rinodina olivaceobrunnea*, *Umbilicaria aprina*, *Umbilicaria decussata*, *Usnea sphacelata*, *Xanthoria elegans*. Лишайники из родов *Buellia*, *Caloplaca*, *Candelariella*, *Physcia*, *Rinodina* и *Xanthoria* относятся к нитрофильным и токситолерантным видам, некоторые из них довольно часто встречаются в Антарктиде. Примечательно, что 20 видов из Антарктиды являются новыми для гербария ИЭБ НАН Б. Наибольшее число видов лишайников отмечено для Земли Эндерби, в окрестности станции Вечерняя – 29 видов лишайников.

Хранящийся материал дополнит сведения о лишайнобиоте Антарктиды и расширит представление о распространении ряда видов. Гербарные образцы *Xanthoria elegans* послужат материалом для проведения сравнительной генетики белорусских и антарктических образцов.

ISOLATION AND ANALYSIS OF BACTERIOPHAGES FROM BIOTOPES OF ARGENTINE ISLANDS

O. Andriychuk

*Kyiv National Taras Shevchenko University Volodymyrska st., 64,
Kyiv, aom502@ukr.net*

Bacterial viruses play particular role in retaining the ecological balance in biocenoses. Though the phages can be found almost everywhere the host bacteria exist, few of them have been studied in detail. Therefore, the study of phage population peculiarities in nature as their evolutionary relationship, adaptation to bacteria and environment is quite important. One of the tasks of this study is to determine the phage geographical habitat, also the study of their characteristics and evolutionary peculiarities in various climate types [1].

However, Antarctic viral ecology is not sufficiently studied, there is virtually no data on the “phage-bacteria” system functioning in ecological niches of extreme conditions. Therefore, the description of phage and bacteria biodiversity in Antarctic ecosystems and their ecological role estimation is necessary [2].

The samples of soil and moss used for our analysis were obtained during seasonal studies in 2008 on the Argentine islands archipelago, near the Ukrainian Antarctic station “Academic Vernadsky”, Galindez Island. The samples were stored in sterile plastic bags in refrigerator. All the further studies were carried out after their delivery to Ukraine. The following table describes the locations where the moss and soil samples were collected.

The lytic activity of the samples was analyzed for 4 indicator strains of phytopathogenic bacteria: *E. carotovora* 216, *P. syringae* pv. *atrofaciens* 1025, *X. axonopodis* pv. *beticola* 7325, *E.coli* Ln109. The cultures were provided by the museum of phytopathogenic bacteria of the Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Sciences of Ukraine.

The sterile material (5 g) was collected and put into 50 ml 0.1 M Tris-HCl buffer. The filtrate was centrifuged for 2 hours, 32 thousand rpm. The sediment from each tube was resuspended in 0.5 ml 0.1 M Tris-HCl buffer (pH 7.0). Bacterial cultures were grown on nutrient agar and liquid broth (1.5% and 0.7%).

The phages were detected by direct inoculation. The titers were measured in plaque-forming units per ml (PFU/ ml) via Gratia agar technique [3]. The concentrated phage preparations were analyzed by electron microscopy. The pure lines were obtained for every phage isolate by six-times passaging. The preparations of the concentrated phages were analyzed by TEM [4]. The electrophoretic characteristics of phage polypeptide composition were analyzed by Laemmli method with following Coomassie Brilliant Blue staining [5].

The direct inoculation was conducted on *E. carotovora* 216, *P. syringae* pv. *atrofaciens* 1025, *X. axonopodis* pv. *beticola* 7325 and *E.coli* Ln109 laboratory

bacteria strains. The lytic activity was observed for *E. carotovora* 216 and *X. axonopodis* pv. *beticola* 7325, while *P. syringae* pv. *atrofaciens* 1025 and *E. coli* Ln109 cultures showed no phage activity. The phages showing lytic activity formed the typical small plaques (0.5 mm in diameter), their number varied from 1 to 105 plaque-forming units per ml (PFU/ml).

The pure lines were obtained for every phage isolate by six-times passaging. Five phage isolates were selected for further studies and characterization of their biological and biochemical properties. The lytic activity was also analyzed for 16 bacteria strains: *P. syringae* pv. *tabaci* 223, *E. carotovora* 216, *P. syringae* pv. *atrofaciens* 1025, *X. axonopodis* pv. *beticola* 7325, *P. syringae* pv. *aptata* 185, *P. syringae* pv. *tabaci* 8646, *P. clororophis* 8612, *P. savastanoi* pv. *phaseolicola* 4013, *P. syringae* pv. *aptata* 8545, *P. syringae* pv. *syringae* 8653, *P. fluorescens* 8573, *Paenibacillus polymyxa* 9034. All isolated phages are shown to be monovalent.

Pure lines of isolated phages were accumulated in liquid medium using the intensive aeration method. After accumulation the phages were concentrated and purified via high-speed centrifugation in CsCl density gradient. Further purification of the virus cultures (from CsCl sediment) was carried out by differential centrifugation.

The viral preparations purification level was controlled via spectrophotometry, electrophoresis and conventional electron microscopy.

The Electron microscopy studies of phages showed considerable diversity by structural characteristics that enabled their assignment to taxonomic groups according to the recommendations of the International Committee on Taxonomy of viruses. The phages were divided into 2 groups according to their morphology: i) phages with isometric head and short tail were referred to the *Podoviridae* family, morphotype *C1*, order *Caudovirales*; ii) phages with isometric head and non-contractile tail, were referred to the *Siphoviridae* family, morphotype *B1*, order *Caudovirales*.

Thus electrophoretic separation of isolated phage proteins showed the similarities for the phages of one morphotype and accumulated on one bacterial strain. The phages lytic to *X. axonopodis* pv. *beticola* 7325 (samples № 3, № 4, № 8, № 9) were similar in their polypeptide composition, while, the phage isolated from the *Erwinia carotovora* culture (sample № 11) differs from others, thus belongs to another morphotype.

The virion protein composition analysis performed by Laemmli electrophoresis system enables assuming the specific phage features. The profile similarity of the identified polypeptides was characterized for all the studied phages. It is possible that the first passages on some host bacteria influenced the phages. The differences were observed mainly for the minor polypeptides composition within the phage groups depending on the virion morphology and the bacteria strains which they were isolated from: isolates № 3 and № 4 had

similar polypeptide composition by number of proteins and their molecular weight (may refer to the same basic group) which differed from the polypeptide some of the isolates (№ 8 and № 9) obtained from another source (moss).

The difference in minor protein composition within the phage group suggests the restriction as the modification system or recombination processes in the host cells. In our opinion, the presence of minor differences in each studied phage group is consistent with the mosaic theory of phage evolution. The evolution of phages is associated with horizontal transfer of certain genetic modules. Active phages, which take part in recombination exchanges, become the source of genetic modules [6].

Thus, phages from moss and soil samples were obtained, isolated and purified. Their susceptible hosts were also found. The phages were also assigned to the appropriate morphotypes and taxons. The spectrum of these phages lytic activity was also defined using the phytopathogenic indicator bacterial strains. However, the activity of these phages to saprotrophic and zoopathogenic bacteria needs to be studied in detail. The electron microscopy analysis of the virions has led to their definition by their morphology peculiarities. The Samples № 3, 4, 8 and № 9 were classified as belonging to the *Podoviridae* family, C1 morphotype, order *Caudovirales*; sample № 11 as the one of *Siphoviridae* family, B1 morphotype, order *Caudovirales*. The similarity of these phage morphological and biochemical characteristics as well as their lytic spectrum can be resulted in the conclusion that these isolates may be a group of closely related viruses.

These phages existing in under the extreme climate conditions may possibly affect their reproduction processes that are still not fully studied. Such research is relevant for understanding the mechanisms of phage reproduction under the conditions of extreme cold environments. In particular, the identification of phage lytic activity to pathogenic bacteria suggests the likelihood of the specific mechanisms that enable these phages to adapt and become lytic to new hosts. Phages could get individual features by mutation or by exchanging DNA modules with other phages within their areal. However, no research has been carried out for the “phage-host” system in extreme environments. There is also a possibility that the bacteria typical to temperate climates are present in Antarctica as aborigenic or were brought by natural or artificial ways. This explains the actuality of further such phages studying.

The systemic research of Antarctic viral cenoses is an important task also for the evaluation of these phages usage perspectives in practical ways in order to control the pathogenic microflora level in healthcare and agrocenoses.

Very few studies of viruses in Antarctic ecosystems have been conducted to date, yet the subject has enormous potential for answering some of the very fundamental questions of microbial ecology. However, even some of the basic questions such as whether the Antarctic is especially favourable to

viruses, how many viral species are present, what proportion of these viruses are infective, are viruses important for regulating host communities and can they affect genetic diversity, have yet to be answered. Only then might we be able to tackle some of the more complex ecological questions. The field as a whole is poised to make significant advances and the Antarctic offers a unique environment in which to undertake these studies.

References

1. Christian Winter, Markus M. Moeseneder, Gerhard J. Herndl, Markus G. Weinbauer. Relationship of Geographic Distance, Depth, Temperature, and Viruses with Prokaryotic Communities in the Eastern Tropical Atlantic Ocean // *Microb. Ecol.* 2008. V. 56. P. 383–389.
2. David A. Pearce, William H. Wilson. Viruses in Antarctic ecosystems// *Antarctic Science.* 2003. № 15 (3). P. 319–331.
3. Adams M. Bacteriophages. Mir, Moscow. 1961 P. 527.
4. Mironov A. A., Komissarchik Y. Y., Mironov V. A. Methods of electron microscopy in biology and medicine: methodological guidelines. – St. Petersburg, Nauka 1994. P. 400.
5. Laemmli U.K. Cleavage of structural proteins during assembly of the head of bacteriophage T4 // *Nature.* 1970. V.227, № 15. P. 608-685.
6. Campbell A. Comparative molecular biology of lambdoid phages // *Annu. Rev. Microbiol.* 1994. V. 48. P.193-222.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Е.В. Абакумов, Е.Д. Лодыгин, Д.Н. Габов, В.А. Крыленков.</i> Содержание и состав полициклических ароматических углеводородов в почвах российских полярных станций Антарктики.....	3
<i>М. П. Андреев.</i> Лишайниковые Флоры Внутренних Районов Континентальной Антарктики. На примере Массива Клеменс (ледник Ламберга).....	4
<i>А.Ю. Артамонов, И.А. Репина.</i> Исследование взаимодействия атмосферы и подстилающей поверхности в прибрежных районах Антарктики	9
<i>В.Г. Бахмутов.</i> Геолого-геофизические исследования в районе Украинской Антарктической станции «Академик Вернадский»	15
<i>О.И. Бородин, В.Е. Мямин, Ю.Г. Гигиняк, А.А. Гайдашов.</i> Современное состояние изученности биологического разнообразия окрестностей полевой базы «Гора вечерняя» (Восточная Антарктида)	19
<i>И.И. Бручковский, А.Н. Красовский, В.С. Демин.</i> Мониторинг озона и двуокиси азота на станции «Прогресс», Восточная Антарктида	24
<i>В.В. Вежновец.</i> Заметки по составу зоопланктона озер в районах деятельности белорусских антарктических экспедиций	25
<i>А.А. Гайдашов.</i> Беларусь в Антарктике: 2006-2014 гг. Современные аспекты деятельности и перспективы.....	30
<i>А.А. Гайдашов.</i> Стратегия организации и развития Белорусской национальной антарктической инфраструктуры в 2014-2018 гг.	37
<i>Р.Г. Гарецкий, Г.И. Каратаев.</i> Глубинное строение и тектоника земли Эндерби (Восточная Антарктида)	41
<i>Ю.Г. Гигиняк.</i> Энергетическая оценка биоты сублиторали высокоширотного моря Антарктики	46
<i>Д.В. Гладун, А.Н. Савчук.</i> Морские гидробионты как источник для получения трипсиноподобных ферментов	52
<i>З.И. Горельшова, Ю.Г. Гигиняк, В.Е. Мямин, О.И. Бородин.</i> Таксономическое разнообразие водорослей озерных и наземных экосистем в районах деятельности белорусских антарктических экспедиций	54
<i>С.В. Горячкин.</i> Почвенно-ландшафтные исследования в Антарктиде: результаты, проблемы и перспективы.....	57
<i>А.В. Грицай, Г.П. Милиневский, А. Клеочук.</i> Прекращение сдвига на восток минимума в зональном распределении антарктического озона как следствие восстановления озонового слоя	62

<i>И. Дикий, А. Березкина, Т. Калюжная, Е. Моисеенко.</i> Криль как основной компонент питания ластоногих в районе архипелага Аргентинских островов.....	67
<i>И. Дикий, А. Утевский, А. Березкина, Т. Калюжная, Е. Моисеенко.</i> Создание новых морских охранных районов (МОР) в районе архипелага Аргентинские острова	71
<i>И.А. Дмитрук.</i> Концепция Международного центра подготовки полярников (МЦПП).....	73
<i>А.В. Долгих, Н.С. Мергелов, А.В. Лупачев, С.В. Горячкин.</i> Разнообразие почв и почвоподобных тел в оазисе Холмы Тала (Восточная Антарктида).....	78
<i>В.Н. Еремеев, А.Е. Букатов, М.В. Бабий, А.А. Букатов.</i> Климатическая эволюция регионального распределения морского льда в Антарктике.....	83
<i>В.Н. Еремеев, А.Е. Букатов, А.А. Букатов, М.В. Бабий.</i> Влияние снежно-ледового покрова на изменчивость теплообмена океана и атмосферы в Антарктике.....	89
<i>Э.П. Зазовская, Д.Г. Федоров-Давыдов, Н.И. Осокин, А.В. Сосновский.</i> Почвы и почвоподобные тела оазиса Ширмахер (Восточная Антарктида) и их термические режимы.....	94
<i>С.В. Какарека, Т.И. Кухарчик, В.Ф. Логинов, А.А. Гайдашов, Ю.Г. Гигиняк, С.В. Саливончик.</i> Всесторонняя оценка окружающей среды в связи с планируемым строительством белорусской антарктической станции: основные аспекты	100
<i>М.М. Король, А.П. Чайковский, В.П. Дик.</i> Спектральное альbedo снежных и ледовых образований в Антарктиде по результатам пятой белорусской антарктической экспедиции	105
<i>Е.Н. Кузнецова, А.С. Терентьев.</i> Питание клыкача в тихоокеанском секторе Антарктики в сезон 2013/2014.....	109
<i>Л.Е. Курбатова.</i> Российские бриологические исследования в континентальной Антарктике	114
<i>Н. Н. Кухарев.</i> О перспективах возобновления промысла миктофоровых рыб в антарктической части Атлантики	116
<i>Н. Н. Кухарев.</i> О правовых возможностях создания морских охраняемых районов в открытых водах мирового океана, в том числе в Антарктике.....	121
<i>Д.А. Лукашанец.</i> Коловратки подкласса Bdelloidea в различных субстратах на территории Восточной Антарктиды	126
<i>А.В. Лупачев, С.В. Губин.</i> Анализ уровней структурной организации почв и реголитов оазисов Антарктиды	129
<i>В.Ф. Мартазинова, Е.К. Иванова.</i> Температурный режим УАС «Академик Вернадский» и статистическая модель прогноза температуры воздуха на текущий год	134

<i>В.Ф. Мартазинова, С.В. Клок.</i> Температура воздуха как составляющая экстремальности погодных условий. Статистическая модель прогноза среднегодовой температуры воздуха в районе УАС «Академик Вернадский».....	140
<i>Н.С. Мергелов.</i> Почвы оазиса Ларсеманн: органоминеральные взаимодействия в экстремальных условиях.....	144
<i>Н.С. Метельская, В.П. Кабашиников, А.П. Чайковский, Ф. Голуб.</i> Распределение содержания аэрозоля над Антарктикой.....	149
<i>Г.П. Милюневский, А.В. Грицай, А.М. Евтушевский.</i> Динамика стратосферного озона над Антарктикой: опыт, результаты, прогноз.....	154
<i>Н.И. Минкина, Э.З. Самышев.</i> Энергетический метаболизм антарктической сальпы (<i>Salpa thompsoni</i> Foxton) в гетерогенном океанографическом поле.....	159
<i>Н.А. Мисарь.</i> Питание антарктического клыкча <i>Dissostichus mawsoni</i> (Pisces: Nototeniidae) в море Росса в промысловые сезоны 2013-2014 гг....	165
<i>Ю.А. Михалёв.</i> Малоизученный зубатый кит Антарктики – косатка (<i>orcinus orca linnaeus, 1758</i>).....	166
<i>Е. В. Моисеенко, Л. С. Глоба, А. Е. Берёзкина, Т. А. Калюжная.</i> Медико-биологические исследования на украинской антарктической станции «Академик Вернадский».....	169
<i>Н.В. Мухаметова, Е.В. Абакумов.</i> Фракционный состав гумуса некоторых почв Антарктики.....	172
<i>В.Е.Мямин.</i> Мониторинг санитарно-эпидемиологической ситуации в районе полевой базы «Гора вечерняя» (Восточная Антарктида).....	176
<i>В.Е. Мямин, Н.В. Гавриленко, И.И. Азарко, В.Б. Оджаев, О.И. Бородин, Ю.Г. Гигиняк, В.П. Курченко.</i> Возможная роль меланинов в адаптации растений Антарктиды к экстремальным факторам.....	181
<i>В.Е. Мямин, А.В. Долгих, Л.В. Никитина.</i> Некоторые характеристики микробиальных эндолитных и гиполитных сообществ участка Вечерний оазиса Холмы Тала (Восточная Антарктида).....	186
<i>В.Е. Мямин, С.К. Лозюк, А.В. Сидоренко, Л.Н. Валентович.</i> Физиолого-биохимическая характеристика бактерий, изолированных в участке Вечерний оазиса Холмы Тала (Восточная Антарктида).....	193
<i>В.Е. Мямин, Л.В. Никитина.</i> Некоторые характеристики бактериопланктона пресноводных водоемов участка Вечерний оазиса Молодежный (Холмы Тала, Восточная Антарктида).....	198
<i>А.В. Неелов, А.Ф. Пушкин, И.С. Смирнов.</i> Проведение гидробиологического мониторинга прибрежных экосистем различных морей Южного океана в составе российской антарктической экспедиции.....	204

<i>А.Л. Панин, А.Б. Белов, А.Е. Гончаров, В.Н. Болехан, Д.Ю. Власов, Ш.Б. Тешебаев, А.Н. Шаров, А.В. Толстиков, Л.И. Краева, Н.Г. Владимирова.</i>	
Роль микробиологического мониторинга территории прибрежной Антарктиды в изучении глобального изменения климата Земли.....	209
<i>С.В. Попов, А.В. Киселёв, А.И. Погорельский, Ю.Б. Гусева, В.В. Гандюхин, Д.М. Воробьёв, В.В. Лукин.</i> Российские (советские) геолого-геофизические исследования в Антарктике	215
<i>Л. К. Пишеничнов.</i> Комиссия по сохранению морских живых ресурсов Антарктики (АНТКОМ). История и современность	218
<i>Л. К. Пишеничнов.</i> Структура популяции четырехпалой белокровки <i>Chaenodraco wilsoni</i> (Channichthyidae, Pisces) в приматериковых морях Восточной Антарктики	220
<i>А. Рысс, М. Андреев, Л. Курбатова.</i> Нематоды наземных экосистем Антарктиды	221
<i>Э.З. Самышев, Н.И. Минкина, Ю.П. Копытов, Е.С. Чудиновских, С.М. Игнатьев.</i> Биологические и токсикологические предикторы потепления климата в Антарктике	224
<i>В.В. Сербин, Н.Н. Кокорин, М.П. Метревели.</i> Выделение фенотипов окраски спинных плавников антарктического клыкача <i>Dissostichus mawsoni</i> (Nototheniidea) из моря Росса	231
<i>Б.И. Сиренко, С.Ю. Гагаев, И.С. Смирнов.</i> Сравнение мелководных донных сообществ морей Росса, Дейвиса, Космонавтов и Содружества по доминирующим видам антарктических беспозвоночных животных	234
<i>В. Е. Тимофеев.</i> Потепление в регионе антарктического полуострова и изменение атмосферной циркуляции.....	239
<i>А.Ю. Утевский, Е.И. Сенная, В.С. Попов, С.Ю. Утевский.</i> Геоинформационное моделирование подводного рельефа в районе антарктической станции «Академик Вернадский» (UA) для анализа биоразнообразия	244
<i>А.П. Чайковский, В.П. Дик, Л.Н. Бондарчик, М.М. Король.</i> Конструкция и принцип работы прибора для измерения спектров отражения снежной поверхности.....	248
<i>А.П. Чайковский, М.М. Король, А.А. Гайдашов, В.С. Демин, Я.О. Грудо, В.П. Дик, С.В. Денисов, Л.И. Чайковская.</i> Комплексное лидарное и радиометрическое зондирование атмосферного аэрозоля в Антарктиде.....	252
<i>М.И. Чернявская, А.А. Занюк, В.Е. Мямин, М.А. Титок.</i> Выделение бактерий-деструкторов нефти из образцов антарктического грунта.....	256
<i>В.Д. Чмыр.</i> Первичная продукция органического вещества как основа функционирования экосистемы Антарктики.....	260

А.П. Яцына, О.И. Бородин, Ю.Г. Гигиняк, А.А. Гайдашов.
Антарктические сборы лишайников в гербарии института
экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси265
O. Andriychuk. Isolation and analysis of bacteriophages from biotopes
of Argentine Islands269

Научное издание

**Мониторинг состояния природной среды
Арктики и обеспечение деятельности
национальных экспедиций**

Ответственные за выпуск
О.И. Бородин, В.Е. Мямин
Корректор *А.М. Сасим*
Компьютерный дизайн *М.А. Юрченко*

Подписано в печать 15.05.2014.
Формат издания 60x84/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 17,0. Уч.-изд. л. 17,3.
Тираж 100. Заказ 183.

УП «Экоперспектива». ЛИ 02330/0548599 от 09.07.2009.
Ул. Горовца, д. 2, оф. 196а. 220049, г. Минск.

Отпечатано с готового оригинал-макета в ФТИ НАН Беларуси.
Свидетельство ГРИИРПИ № 2/12 от 21.11.2013 г.
220141, г. Минск, ул. Купревича, 10.