

УДК 631.48

**ПОЧВЕННОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ АНТАРКТИКИ  
(в районах расположения российских антарктических станций)**

**Е.В. Абакумов<sup>1</sup>, А.В. Лупачев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,  
E\_abakumov@mail.ru

<sup>2</sup> Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино,  
Московская область, a.lupachev@gmail.com

**Реферат.** Приведены сведения о почвообразовании в Антарктиде. Дана краткая характеристика разнообразия почв ландшафтов в местах расположения российских антарктических станций. Кратко описаны основные процессы почвообразования и условия, в которых оно осуществляется.

**Ключевые слова:** почвы, почвообразование, Антарктика, полярные экосистемы

**Реферат.** Грунтове різноманіття наземних екосистем Антарктики (у районах розташування російських антарктичних станцій). Є.В. Абакумов, О.В. Лупачев.

Наведено відомості про ґрунтоутворення в Антарктиді. Дано коротку характеристику різноманіття ґрунтів ландшафтів у місцях розташування російських антарктичних станцій. Коротко описано основні процеси ґрунтоутворення та умови, в яких воно здійснюється.

**Ключові слова:** ґрунти, ґрунтоутворення, Антарктида, полярні екосистеми

**Abstract.** Data on soil formation in Antarctic discussed. Brief characteristics of soil diversity is given for landscapes in places of situation of Russian Antarctic stations. Main processes of soil formation described as well as conditions of this process realization.

**Key words:** soils, soil formation, Antarctic, polar ecosystems

**Введение**

Антарктические наземные экосистемы в высшей степени отличаются от экосистем других континентов. В отличие от полярных экосистем Северного полушария, это в первую очередь связано с практически полным отсутствием высших растений. В настоящее время известно о существовании двух аборигенных видов травянистых растений на субантарктических островах – щучка (*Deschampsia antarctica*) и колобантус (*Colobanthus quitensis*). Кроме того, антарктические наземные экосистемы долгое время были изолированы от внешнего мира, продуцирующего биологическое разнообразие, и лишь в течение последнего века, с началом антропогенного освоения, осуществляется инвазия новых видов в природные экосистемы Шестого континента. Имеются, например, сведения об антропогенном заносе и существовании в течение нескольких сезонов в Субантарктике растений семейства мятликовых (*Poa annua*) [Katarzyna, 2008]. Относительная бедность видового состава экосистем и их невысокая продуктивность, господство низших растений (мхов и лишайников) и водорослей в растительном сообществе – факторы, не способствующие проявлению высокого разнообразия почв и интенсивности процессов их формирования. Если учесть также и суровые климатические условия, становится ясным, что почвообразование не распространено в Антарктике повсеместно, а лишь в некоторых, «пригодных» для этого местах. По обобщенным оценкам различных авторов, свободные ото

льда оазисы занимают 1–5% от общей территории материка. И, в свою очередь, лишь 5–10% от этой скромной площади занято почвами. В связи с тем, что почвенный покров Антарктики все еще слабо изучен, становится актуальной характеристика почвенного разнообразия в тех местах, которые доступны для посещения в рамках деятельности, осуществляемой Российской Антарктической Экспедицией (РАЭ). Характеристика почв в районах расположения российских полярных станций будет способствовать процессу инвентаризации состояния компонентов окружающей природной среды в зонах ответственности Российской Федерации в Антарктике. Кроме того, это необходимо для понимания таксономического и морфологического разнообразия почв Шестого континента, в частности, да и планеты в целом. В данной публикации приведены краткие сведения о почвах Антарктики, полученные авторами в ходе посещения российских полярных станций во время сезонных операций 53–56 РАЭ (2007–2011 гг.). В частности, приводятся предварительные сведения о типах почв, распространенных в районах расположения следующих российских станций и полевых баз: Беллинсгаузен, Новолазаревская, Молодежная, Прогресс, Дружная-4, Союз, Мирный (с архипелагом о-вов Хасуэлл), Оазис Бангера, Русская, Ленинградская, а также на о-ве Линдси и в горах Хадсон (Земля Мэри Бэрд) и на острове Десеппен (Ю. Шетландские о-ва) (рис. 1).

### Характеристика условий почвообразования

Согласно Бокхейму [Bockheim and Hall, 2002], в плане параметров, важных для почвообразования, в Антарктике выделяются три климатические зоны: субантарктическая (в том числе Южно-Шетландские острова), антарктическая береговая и антарктическая континентальная.

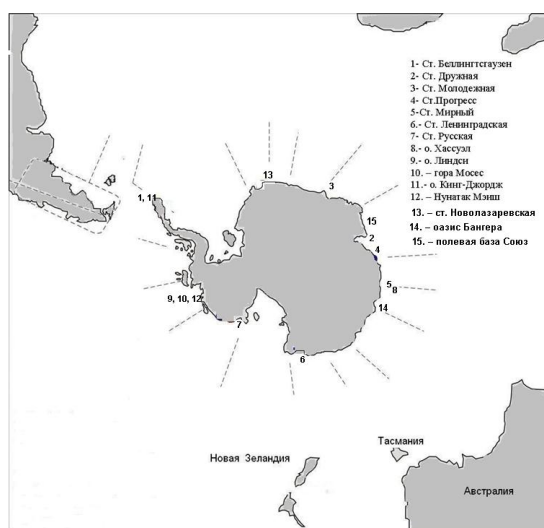


Рис. 1. Схема расположения объектов исследования.

На рисунке 1 изображена схема расположения изученных объектов. К Субантарктике уверенно можно отнести лишь ландшафты о-ва Кинг-Джордж. Участки расположения станций Новолазаревская, Молодежная, Прогресс, Мирный, Дружная-4 можно отнести к береговому эоклиматическому району. Возможно, краевые восточные участки трансантарктических гор (ст. Ленинградская), высокоширотные нунатаки мыса Беркс (ст. Русская), остров Линдси и горы Хадсон можно отнести к промежуточной зоне между береговым и континентальным эоклиматическими районами.

В целом Шестой континент слабо подчиняется общегеографическому закону широтной зональности. Отдаленные и изолированные друг от друга оазисы, не имеющие между собой биологического, а зачастую и климатического сопряжения, скорее напоминают острова в океане. По удачному выражению С.В. Горячкина, эти «острова педосферы» [Горячкин и др., 2003; Горячкин и др., 2009] подчинены региональным географическим факторам, как-то: прибрежное или зашельфовое положение оазиса, его площадь, характеристика окружающих ледовых условий, количество снежников, микроклимат и т.д.

Природные условия почвообразования на изученных объектах весьма разнообразны. Так, осадочные почвообразующие породы широко распространены на территории оазиса Джетти (с.п.б. Союз), в Субантарктике нередко осадочные породы морского происхождения (ст. Беллинсгаузен). Распространены также молодые или даже современные ледниковые отложения, например, морены (ст. Беллинсгаузен, с.п.б. Союз). Но преимущественно почвообразующие породы в Антарктике представлены элювиями и делювиями продуктов выветривания магматических и метаморфических коренных пород (станции Новолазаревская, Молодежная, Прогресс, Дружная-4, Мирный, Оазис Бангера, Ленинградская, Русская), а также дериватами вулканогенных осадков (о-ва Десепшен и Кинг-Джордж, горы Хадсон).

На разнообразии почв существенно влияет неоднородность климатических (прежде всего микроклиматических) условий. Так, период биологической активности может длиться до 100 дней в районе станции Беллинсгаузен и всего лишь 12–20 дней в районе станции Русская. Конечно, такие ландшафты значительно отличаются друг от друга по времени активного почвообразования. Одним из ведущих микроклиматических условий, влияющих на ход почвообразования, является обеспеченность влагой. Широтные и секторные различия в количестве выпадающих осадков здесь не так важны – куда более важен характер их ветрового переноса и накопления в виде снежников и дальнейшего перераспределения талой воды внутри самого оазиса. Поверхностное увлажнение за счет активного таяния снежников в летнее время определяет пространственное распространение биотических комплексов и, следовательно, структуру почвенного покрова [Мергелов, Горячкин, 2010].

Наиболее влагообеспеченные местообитания заняты комплексами низших растений, а следовательно, являются главными ареалами «классического» почвообразования. Но и под такими сообществами почвообразование специфично, ведь они содержат низкую долю лигниноподобных (фенилпропановых) структур, что не способствует осуществлению гумификации по классическому типу [Орлов и др., 2005]. При слабоинтенсивном разложении и гумификации растительных остатков, обусловленном коротким периодом биологической активности, процессы почвообразования проходят замедленно. Экосистемы антарктических оазисов (прежде всего прибрежных) испытывают воздействие привнесенного органического вещества – гуано, что коренным образом влияет на ход почвообразования и выветривания скальных пород. По имеющимся данным, колонии пингвинов на острове Хасуэлл (1 км<sup>2</sup>) привносят на сушу около 10 тонн обогащенного азотом и фосфором органического вещества в год [Глазовская, 1958].

Условия рельефа и их влияние на характер почвообразования в Антарктиде сложны и слабо изучены. Это связано как с высокой энергией рельефа в отдельных случаях, так и с пространственной динамичностью, неустойчивостью отдельных слоев пород, не закрепленных поверхностным растительным покровом, что приводит к склоновым процессам, усилению криотурбаций и т.п. В связи с этим почвы отдельных участков часто не являются пространственно-стабильными.

### **Морфологическая организация почв**

Наши исследования показали, что преобладающим типом организации почвенных профилей в Антарктиде является петроземно-литоземный под лишайниковой (рис. 2А) и

моховой (рис. 2Б) растительностью. (Рис. 2Б–Е см. на цв. вклейке между 226 и 227 стр.). Это связано с тем, что в условиях низкой мощности рыхлого чехла почвообразующих пород (и постоянного обновления этого чехла в результате гравитационного сноса) формируются маломощные почвы с глубиной рыхлого профиля до 10 см – петроземы, и до 30 см – литоземы [Классификация..., 2004]. Рыхлая часть профиля в этих почвах нередко подстилается массивной плитой слаборазрушенной породы. Криоземы в Антарктике относительно редки, что связано с низкой площадной долей относительно мощных рыхлых отложений (более 50 см), но в местах их распространения выражены классические формы пространственной организации полярных почв – пятна, медальоны, бугры пучения, структурные грунты и т.п. Орнитогенные почвы наиболее часто распространены в прибрежных оазисах, в местах гнездования и линьки пингвинов (рис. 2В). Это либо минеральные почвы, на поверхности которых залегает слой органического вещества гуано различной степени разложенности, либо мощные органогенные слоистые отложения, минерализация и гумификации органического вещества в которых проходит только в верхней части профиля. В целом разнообразие орнитогенных и посторнитогенных почв требует дальнейшего изучения. Важно отметить существование т.н. «земноводных почв» [Абакумов, Крыленков, 2011] – почв временных водоемов, в которых в течение определенного отрезка времени происходят накопление и трансформация органического вещества на дне (формируются водорослевые, бактериальные и смешанные маты), а затем по мере иссушения водоема эти органо-минеральные слои оказываются в субэральной обстановке (рис. 2Г). В общем, эти почвы несут в себе черты органогенных глеевых почв. Отдельным типом почв или почвоподобных тел являются реголиты, или безгумусные почвы [Tedrow and Ugolini, 1966], не имеющие на поверхности растительного покрова и очень широко распространенные в зашельфовых оазисах и сухих долинах Антарктики (рис. 2Д).

В настоящее время нашими коллегами разрабатывается концепция крайне специфического, «эндолитного» почвообразования [Горячкин и др., 2009] – результата трансформации горных пород и минералов в ходе жизнедеятельности криптоэндолитных микроорганизмов непосредственно «внутри камня» (рис. 2Е). У системы «эндолитные организмы – порода» имеются все признаки почвы: 1) есть слой породы, подверженный 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 микрогоризонтов, закладывается микропрофиль [Мергелов и др., 2012].

### Основные почвообразовательные процессы

Среди процессов почвообразования в Антарктиде можно выделить две основные группы:

- процессы трансформации органического вещества;
- процессы трансформации минерального материала.

Несмотря на то, что период биологической активности и положительных температур в антарктических ландшафтах непродолжителен, все же наблюдается разнообразие почвенных процессов, связанных с трансформацией органического вещества и деятельностью биоты. В частности, можно утверждать, что скорость минерализации и интенсивность почвенного дыхания весьма различны в случае разных почв и разных источников гумусообразования [Абакумов, 2011]. Минерализация и гумификация проявляются во всех почвах Антарктики, где есть органическое вещество. Тем не менее гумификация сопровождается формированием повышенного количества фульвокислот при низкой доле гуминовых веществ, и в составе обоих типов гуминовых веществ содержание ароматической части, как правило, минимально [Абакумов, Чуков, 2012]. Корневое

оструктуривание почвенной массы характерно в основном для почв, формирующихся под травянистыми растениями, – щучкой антарктической и колобантусом. В некоторых случаях (в условиях повышенного гидроморфизма при стабильности развития почвы) формируются слои торфа, что характерно, например, для острова Кинг-Джордж, где погребенный торф находится в моренах. В качестве отдельного биогенно-аккумулятивного процесса можно выделить орнитогенный органо-аккумулятивный. В связи с грубодисперсностью антарктических почв происходит «проваливание» дисперсного органического вещества вглубь почв, что приводит к незначительному обогащению относительно глубоких слоев почвы органическим веществом до 2-3% от общего веса [Lupachev, 2011].

Процессы трансформации минеральной части в почвах весьма разнообразны. В переувлажненных почвах выражены процессы окислительно-восстановительной иммобилизации соединений железа, что проявляется в формировании диффузионных пятен, разводов, но не конкреций. Особенно хорошо эти морфологические признаки видны при мезоморфологических и микроморфологических исследованиях. Не менее развиты процессы внутрипочвенного выветривания, заключающиеся в дроблении, разрушении обломков пород и минералов. Физическое выветривание находит выражение в гранулометрическом составе почв, характеризующемся доминированием скелетной и песчаной фракций. Содержание мелкозема в почвах (<1 мм) варьирует от 5 до 20-40%, почти всегда с минимумом в поверхностных горизонтах; соотношение физического песка и физической глины в мелкоземе примерно одинаково во всех типах почв – 85-95%/5-15% [Lupachev, 2011]. Внутрипочвенное образование глинистых минералов выражено слабо, но в некоторых случаях присутствует. Глинистые минералы в основном унаследованы от почвообразующей породы. В некоторых почвах выражены процессы криотурбации, что приводит к изменению морфологической организации профилей почв.

### **Проблемы сохранения почвенного разнообразия**

На территориях расположения антарктических научных станций ежегодно возрастает степень антропогенного воздействия, вследствие чего необратимо преобразуются природные экосистемы в целом и почвы как одна из их базовых составляющих. Нерациональное природопользование (использование тяжелой гусеничной техники; разливы нефтепродуктов; захламливание территории т.н. «складами открытого хранения»); масштабная интродукция новых видов – от микроорганизмов до высших растений и т.д.) кардинально меняет внешний облик ландшафтов, существенно влияет на свойства почв и грунтов антарктических оазисов – важнейшего компонента среды обитания аборигенных животных и растительных сообществ. Нетрудно представить себе уязвимость уникальных антарктических почв, если принять во внимание, что мощность их профилей редко превышает 10–15 см, а площадь распространения близка к 1% от общей территории оазисов. Даже для некоторых ученых-биологов информация о том, что в Антарктике существуют почвы, является новостью, – при этом именно почвы обеспечивают развитие большей части наземной флоры и фауны.

Антропогенные объекты и сооружения занимают от 10–15% (ст. Прогресс, Новолазаревская) до 80% (обс. Мирный) свободной ото льда территории, а зона активного влияния человека часто перекрывает всю их площадь. Интенсивность антропогенного воздействия хорошо иллюстрирует общепринятый показатель «плотности населения»: в пересчете на площадь оазисов и нунатаков в отдельные летние сезоны он может составлять от 24 чел./кв.км (ст. Прогресс-2) до 300 чел./кв.км (обс. Мирный), что сравнимо с плотностью населения США, Китая или стран Западной Европы, – и это только учет численности состава российских станций (на территории одного оазиса могут одновременно базироваться от 2-4 (оаз. Холмы Ларсеманна, оаз. Ширмахера) до 7 (о-в Кинг-Джордж) научных станций различных государств) [Лупачев, 2011].

Протокол по охране окружающей среды к Договору об Антарктике, принятый в 1991 г., закрепляет международный статус Антарктики «в качестве природного заповедника, предназначенного для мира и науки» и предусматривает всестороннюю охрану окружающей среды Антарктики [Лукин и др., 2002]. Протоколом установлены Антарктические особо охраняемые районы (ООРА) и Антарктические особо управляемые районы (ОУРА). Также разработано понятие о Планах управления, станцией, ООРА или ОУРА. В контексте данного проекта особенно важно понимать, что подходы к нормированию качества окружающей среды в ООРА и ОУРА должны быть дифференцированными от остальных территорий. Протокол об охране окружающей среды от 1991 выделяет также УОНИ – участки особого научного интереса. Они создаются с целью защиты участков исключительного интереса, а также мест, где выполняются или планируются к выполнению научные исследования и существует доказуемый риск помех, которые ставят под угрозу эти исследования. У каждого УОНИ также должен быть план управления.

Проведенные авторами исследования и результаты работ международных природоохранных комиссий показывают, что современное экологическое состояние многих (в т.ч. российских) антарктических станций можно оценить как сложное. Отдельные случаи загрязнения (прежде всего нефтепродуктами и твердыми отходами) указывают на необходимость комплексной оценки экологического ущерба и скорейшего начала мероприятий по ремедиации почв и грунтов оазисов Антарктиды. По сравнению с фоновыми аналогами, в почвах, подверженных антропогенному влиянию (объекты строительной и дорожной инфраструктуры антарктических станций), в 3–10 раз превышены концентрации As, Pb, Cd и Cs. Содержание нефтепродуктов в таких почвах превышает фон от 5–10 до 500 раз [Lupachev, 2011].

### **Заключение**

Почвы Антарктики как единственная доступная среда обитания для значительной доли растительных и животных организмов, регулятор биогеохимических циклов биогенов и загрязнителей, источник эмиссии и резервуар стока газов, сфера накопления и превращения органического вещества требуют детального изучения, а в отдельных случаях – восстановления и охраны. Российская Федерация, имеющая на территории континента наибольшее число зимовочных станций, сезонных полевых баз, законсервированных объектов, а также единственная в мире страна, регулярно осуществляющая кругосветный обход материка, обладает уникальными возможностями для решения данной проблемы.

**Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 12-04-00680-а.**

### **Список литературы**

1. **Абакумов Е. В.** Источники и состав гумуса некоторых почв Западной Антарктики // Почвоведение. – 2010. – № 5. – С. 1–10.
2. **Абакумов Е.В.** Почвы Западной Антарктики. Монография. СПбГУ, 2011, 112 с.
3. **Абакумов Е.В., Чуков С.Н.** Характеристика гуминовых веществ почв Антарктики методом ядерного магнитного резонанса // Почвоведение, 2012, в печати.
4. **Абакумов Е.В., Власов Д.Ю., Крыленков В.А.** Влияние растений-гумусообразователей на состав органического вещества литоземов острова Кинг-Джордж, Западная Антарктика // Всероссийская конференция «Гуминовые вещества в биосфере - IV». – 19–21 декабря 2007. – Москва, МГУ. – с. 5.
5. **Абакумов Е.В., Крыленков В.А.** Почвы Антарктиды. Природа. 2011. № 3. С. 58–62.
6. **Глазовская М.А.** Выветривание и первичное почвообразование в Антарктиде // Научные Доклады Высшей Школы, Геолого-Географические науки. – 1958. - № 1. - С. 63-76.

7. **Горячкин С.В., Блюме Г.-П., Бейер Л., Караваяева Н.А., Таргульян В.О., Тарнокаи Ч.** Зональность почв в Арктике и Антарктике: сходство и различия. Материалы международной конференции «Криосфера Земли как среда жизнеобеспечения». Пушино, 2003. С. 26–27.
8. **Горячкин С.В., Гиличинский Д.А., Абакумов Е.В., Зазовская Э.П., Мергелов Н.С., Федоров-Давыдов Д.Г.** Почвы Антарктиды: разнообразие, география, генезис (по исследованию районов Российских станций) // Разнообразие мерзлотных и сезонно-промерзающих почв и их роль в экосистемах. Материалы V Международной конференции по криопедологии Улан-Удэ, Бурятия, Российская Федерация, 14–20 сентября 2009. Москва–Улан-Удэ. 2009. С. 32.
9. **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.
10. **Лукин В.В., Клоков В.Д., Помелов В.Н.** Система договора об Антарктике. Правовые акты, комментарии. – СПб.: Гидрометеоздат, 2002. – 400 с.
11. **Лупачев А.В.** Почвы оазисов Антарктиды в местах расположения российских антарктических станций: предварительная характеристика, разнообразие и история развития. // Экология и почвы. Палеогеографические аспекты почвенно-экологических исследований. Материалы XVII Всероссийской Школы. Программа, краткое содержание докладов. Том VIII. Типография «11-й формат», 2011. С. 19–21.
12. **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.
13. **Мергелов Н.С., Горячкин С.В., Шоркунов И.Г., Зазовская Э.П., Черкинский А.Е.** Эנדолитное почвообразование и скальный «загар» на массивно-кристаллических породах в Восточной Антарктике // Почвоведение, 2012. (в печати)
14. **Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И.** Химия почв. М.: МГУ, 2005, 555 с.
15. **Bockheim J.G., Hall K.** Permafrost, active-layer dynamics and periglacial environments of continental Antarctica // South-African Journal of Science. – 2002. – № 98. – P. 82-90.
16. **Cryosols.** – Springer-Verlag, Berlin. – 2004. – 726 p.
17. **Campbell I.B., Claridge G.G.C.** Antarctica: Soils, Weathering Processes and Environment. – Elsevier. Amsterdam, 1987. – 368 p.
18. **Katarzyna J. Chwedorzewska.** *Poa annua L.* in Antarctic: searching for the source of introduction // Polar Biol (2008) 31:263–268.
19. **Alexey Lupachev.** Soils of Antarctic Oases Within the Territory of Russian Antarctic Stations: Preliminary Specification and Diversity. // 11th International Symposium on Antarctic Earth Sciences. Abstracts. Edinburgh 10-15 July 2011. P. 380.
20. **Tedrow, J.C.F., Ugolini, F.C.** Antarctic soils. In: Tedrow, J.C.F. (Ed.), Antarctic Soils and Soil Forming Processes. Antarct. Res. Ser, vol. 8. Am. Geophys. Union, Washington, DC, 1966. P. 161–177.