

## ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.48

*Е. В. Абакумов, О. В. Романов*

### ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОЧВ И АНТРОПОГЕННЫХ ГРУНТОВ О-ВА КИНГ-ДЖОРДЖ, ЗАПАДНАЯ АНТАРКТИКА\*

#### Введение

Сведения о почвах Антарктики отражены в ряде публикаций: наиболее изучены разделы морфологии и географии почв [1–4], опубликованы работы и по минералогическому составу [5, 6], по составу органического вещества и источникам гумуса в почвах Антарктиды [7, 8], а также о химическом загрязнении почв [9]. В то же время физические характеристики почв затронуты лишь в немногочисленных публикациях [3], и чаще всего представлены данными о гранулометрическом составе почв [6, 10].

Выявлено, что гранулометрический состав антарктических почв в основном наследуется от почвообразующих пород [5, 11, 12], при этом содержание мелкозема гораздо выше в почвах Субантарктики, чем в почвах собственно Антарктиды. Общая характеристика дисперсности антарктических почв — высокое содержание в них скелета (от 50 до 99%), хотя встречаются почвы с преобладанием мелкозема над скелетной фракцией. Получены также сведения о температурных и теплофизических свойствах почв и грунтов [3], что представляет особый интерес в условиях изменений климата [13]. Обсуждается роль влажности и температурного режима почв в функционировании микробных сообществ и фитоценозов [7, 10].

Плотность почв, полевая влажность, гидрологические константы, фильтрационная способность практически не обсуждаются в публикациях о почвах Антарктиды. В то же время указанные параметры крайне важны для интерпретации других аналитических данных: расчетов коэффициентов пористости и воздухоудержания в почвах, глубины проникновения фронта увлажнения после выпадения осадков, для составления сценариев имитационного моделирования процессов трансформации орга-

---

*Абакумов Евгений Васильевич* — д-р биол. наук, старший преподаватель, Санкт-Петербургский государственный университет; e-mail: e\_abakumov@mail.ru, e.abakumov@bio.spbu.ru

*Романов Олег Васильевич* — канд. биол. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет; e-mail: ov\_romanov@mail.ru

\* Работа выполнена при поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» государственный контракт № 11.519.11.2003 от 17 августа 2011 г. и грантов РФФИ № 12-04-00680-а, № 12-04-33017 мол-а-вед-а.

© Е. В. Абакумов, О. В. Романов, 2013

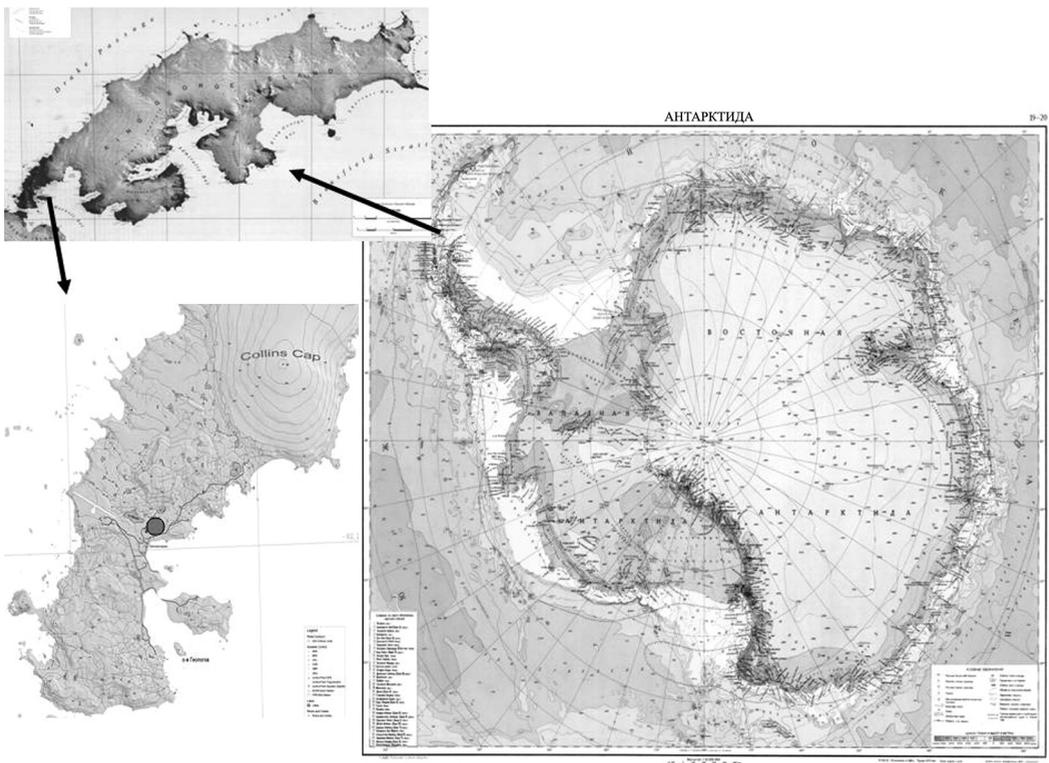
нического вещества, а также для анализа почвенно-экологических условий в районах расположения отечественных полярных станций в Антарктиде.

В связи с вышесказанным целью данной работы была физическая характеристика почв, расположенных на территории субантарктического о-ва Кинг-Джордж. В задачи работы входило:

- 1) изучение гранулометрического состава почв, плотности и удельной поверхности как характеристик, описывающих полидисперсность почв;
- 2) изучение в полевых и лабораторных условиях почвенно-гидрологических свойств (гигроскопической влаги, максимальной гигроскопичности, наименьшей и полной влагоемкости) и определение величин коэффициентов фильтрации почв.

### Объекты и методы исследования

Изучены петрозем, литозем и антропогенный грунт, расположенные на останце в непосредственной близости от станции Беллинсгаузен. Схема расположения о-ва Кинг-Джордж, п-ова Файлдс и исследованных почв приведены на рисунке. Характеристика условий почвообразования указана ниже. Климат п-ова Файлдс (изученной части о-ва Кинг-Джордж) морского типа с малым сезонным ходом температуры; господствующей воздушной массой, определяющей погоду в этом районе, является субантарктический морской воздух. Условия погоды на о-ве Кинг-Джордж очень неустойчивы,



Расположение о-ва Кинг-Джордж, п-ова Файлдс и местоположение объектов исследования в Антарктиде

преобладает сырая, пасмурная погода. Средняя годовая температура воздуха составляет  $-2,8$  °С. Обычно летом, а также в январе-феврале температура воздуха имеет положительное значение ( $0,7$ – $0,8$  °С и выше), все остальные месяцы — отрицательное или близкое к нулю [14]. Наиболее холодный месяц — июнь (среднемесячная температура  $-7,2$  °С). Резких среднесуточных колебаний температуры не наблюдается. Годовое количество осадков составляет 729 мм [14]. Установлено, что период биологической активности почвы составляет до трех месяцев [15].

Полуостров Файлдс сложен вулканическими породами, в основном палеоген-неогеновыми андезитами, базальтами, различными туфами. Большая часть береговой линии представляет собой крутой, в некоторых местах отвесный и даже нависающий абразионный обрыв. Высота обрыва — 30 м и более. Рельеф полуострова — типичный мелкосопочник с абсолютными высотами до 150 м. Очертания крупных форм рельефа, очевидно, определяются разломами и тектонически ослабленными зонами. По ним холмы группируются в несколько вытянутых цепей, имеющих субширотное направление, и разделяются сквозными понижениями того же простирания, пересекающими весь полуостров. Вершины холмов имеют останцовый характер. Прибрежная часть, переходящая в литоральную зону, сложена морскими осадками [14].

Высота расположения разрезов — 35 м над уровнем моря. Растительный покров представлен лишайником *Usnea* sp., проективное покрытие которого не превышает 30% в случае литозема и петрозема. На поверхности антропогенного грунта растения отсутствуют. Почвы диагностированы [16] как литозем (O-A-C-R — подстилка из материала низших растений сменяется гумусовым горизонтом, элювием и скальной породой), петрозем (O-W-R — подстилка из материала низших растений сменяется гумусовым слабо развитым горизонтом, залегающим на скальном грунте) и антропогенный грунт (C-R — рыхлый привозной грунт на скальном субстрате). Мощность гумусовых горизонтов составила 7 и 5 см для литозема и петрозема соответственно. Если петрозем и литозем являются результатом почвообразования на разных по мощности чехлах элювия андезито-базальтов, то антропогенный объект — привозной грунт, использованный для создания площадки перед храмом на станции Беллинсгаузен. Этот грунт представлен морскими аллювиальными отложениями (с преобладанием скелетной фракции), привезенными на станцию в 2008 г. для использования в строительных работах. Его изучение интересно как в качестве объекта сравнения с природными почвами, так и для характеристики антропогенного воздействия на почвы и их свойства.

Исследования проводили во второй половине февраля 2010 г. в ходе сезонных научных работ 55-й Российской антарктической экспедиции на станции Беллинсгаузен, и продолжили лабораторные исследования проб на кафедре почвоведения и экологии почв СПбГУ.

На станции Беллинсгаузен в полевых условиях проведены определение наименьшей и полной влагоемкости методом заливных площадок и плотности сложения почв [17], а также отбор проб почв для дальнейшего их анализа в лаборатории физики почв кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ. Кроме того, термостатно-весовым методом определяли весовую фактическую влажность почв в момент отбора проб. Коэффициенты фильтрации устанавливали в поле методом заливных площадок с постоянным напором пресной воды из оз. Китеж [20]. Почвы идентифицировали, используя «Классификацию и диагностику почв России» [16].

В лаборатории в пробах почв определяли содержание гигроскопической влаги,

максимальную гигроскопичность, удельную поверхность почв по сорбции паров воды (метод Кутилека) [17]. Содержание органического углерода и реакцию водной суспензии устанавливали по методикам, изложенным в руководстве [18]. Гранулометрический состав проб почв определяли методом сухого отсева, для установления содержания скелета и мелкозема определяли фракционный состав скелета методом сухого отсева и гранулометрический состав мелкозема пипет-методом по Н. А. Качинскому с предварительной пирофосфатной пептизацией микроагрегатов (что посчитали возможным в связи со слабокислой реакцией почв и отсутствием карбонатов), плотность твердой фазы почвы — пикнометрически по воде [17].

Математическую обработку анализов и результатов определений, имеющих трехкратную или большую повторность проводили при помощи программы SIGMAPLOT.

### Результаты исследований и их обсуждение

Анализ полученных результатов позволяет отнести изученные почвы к малогумусным, слабокислым, что соответствует ранее опубликованным данным [19, 20]. Общая характеристика верхних органоминеральных (почвы) или минеральных (грунт) горизонтов приведена в табл. 1. Плотность изученных почв в полевых условиях различна: минимальное значение зафиксировано в литоземе, а максимальное — в антропогенном грунте. Максимальная фактическая полевая влажность в марте в литоземе, вероятно, связана с наименьшей плотностью, хотя это может быть и результатом пространственной неоднородности влагозапасов в почвах. Плотность твердой фазы почв закономерно увеличивается от литозема к петрозему и антропогенному грунту, что связано, по всей видимости, с различной степенью выветренности мелкозема. Кстати, самая низкая плотность твердой фазы почв характерна для гумусового горизонта литозема, что хорошо согласуется с минимальной величиной плотности сложения этого горизонта.

Таблица 1. Общая характеристика свойств почв и грунтов

Почва	$C_{орг}$ %	$pH_{вод}$	Плотность сложения, $г/см^3$	Полевая влажность, % от массы	Плотность твердой фазы почв, $г/см^3$	Удельная поверхность, $см^2/г$
Литозем	0,15	6,2	$0,95 \pm 0,14$	$10,41 \pm 3,27$	2,25	1,70
Петрозем	0,36	5,3	$1,32 \pm 0,16$	$7,93 \pm 0,69$	2,65	2,33
Грунт	0,03	6,8	$1,55 \pm 0,09$	$7,90 \pm 0,67$	2,70	0,59

Скелетная фракция доминирует в составе твердой фазы почв (табл. 2). Как было показано ранее, в большинстве почв п-ова Файлдс содержание мелкозема составляет не более 30% [19]. Фракции скелета представлены в его составе более или менее равнозначно, что нехарактерно, например, для почв собственно антарктических регионов, где доминируют крупные фракции скелета [11]. Вероятно, такое распределение скелета по фракциям связано с процессами выветривания, условия для развития которого создаются в субантарктическом климате. Минимальное содержание мелкозема, как и ожидалось, характерно для антропогенного грунта.

Таблица 2. Гранулометрический состав почв и грунтов

Почва	Содержание частиц, %; размер частиц, мм						
	>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	<1
Литозем	7	3	6	14	17	24	29
Петрозем	20	4	8	15	15	13	25
Грунт	15	11	9	12	11	20	22

Состав мелкозема природных почв отличается от антропогенного грунта (табл. 3). В максимальной степени это касается содержания фракции ила и физической глины. Примечательно, что в антропогенном материале преобладают фракции крупного и среднего песка. В природных почвах наряду с песчаными фракциями в значительном количестве содержится фракция крупной пыли и ила, что сильно отличает эти почвы от антропогенного грунта.

Таблица 3. Гранулометрический состав мелкозема почв и грунтов

Почва	Содержание частиц, %; размер частиц, мм						
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
Литозем	55,2	10,1	13,1	3,2	1,0	17,4	21,6
Петрозем	56,3	3,1	20,3	3,3	1,0	16,0	20,3
Грунт	87,2	1,5	3,0	2,0	3,3	3,0	8,3

Данные о почвенно-гидрологических константах изученных почв важны сами по себе, поскольку являются первичными и базовыми для последующих исследований (табл. 4). Необходимо отметить сопоставимые уровни содержания гигроскопической влаги и максимальной гигроскопичности в литоземе и петроземи и резкое снижение обоих показателей в антропогенном грунте. То же отмечено для значений наименьшей влагоемкости и полной влагоемкости. Скорее всего, разные уровни почвенно-гидрологических свойств в литоземе и петроземи связаны с разными величинами удельной поверхности и содержания ила и физической глины (а также фракции мелкозема в целом).

Таблица 4. Гигроскопическая влажность (ГВ), максимальная гигроскопичность (МГ), наименьшая влагоемкость (НВ), полная влагоемкость (ПВ) и коэффициент фильтрации ( $K_f$ ) антарктических почв

Почва	ГВ, %	МГ, %	НВ, %	ПВ, %	$K_f$ , см/ч
Литозем	6,85	8,78	15,03 ± 0,95	21,17 ± 0,95	1,2
Петрозем	8,70	10,81	15,39 ± 0,52	23,86 ± 2,11	6,0
Грунт	2,55	3,65	7,70 ± 0,31	9,50 ± 0,45	72,0

Полученные значения коэффициентов фильтрации минимальны в литоземе как в почве, в максимальной степени выветренной и подстилаемой скальным массивом

с глубины 25–30 см. Благодаря трещиноватости массивной породы (петрозем) или малой низкой плотности упаковки частиц, «слежалости» грунта при минимальном содержании физической глины (антропогенный грунт) коэффициенты фильтрации увеличиваются в этих почвенных телах. Важно учитывать, что антропогенные грунты в связи с этим могут быть объектами повышенного риска при возможном загрязнении грунтовых вод и глубоких слоев грунта (что ведет за собой последующую миграцию веществ) нефтепродуктами и другими веществами, попадающими в окружающую природную среду.

### Заключение

Проведенные исследования физических свойств природных и антропогенных субантарктических почв о-ва Кинг-Джордж позволили выявить основные характеристики физического состояния почв в природном состоянии и в условиях полевого эксперимента. Для петрозема, литозема и антропогенного грунта характерно невысокое (до 30%) содержание мелкозема. Антропогенный грунт отличается от природных почв по основным параметрам. В частности, величины ГВ, МГ, НВ и ПВ выше в природных почвах, где значения удельной поверхности в несколько раз больше по сравнению с насыпным грунтом. Низкая водоудерживающая способность антропогенного грунта хорошо согласуется с высоким значением коэффициента фильтрации и невысоким содержанием физической глины. Таким образом, показано, что в случае изученных антарктических почв почвенно-гидрологические свойства обусловлены в основном величиной удельной поверхности почвы и содержанием в ней фракции физической глины.

\* \* \*

Авторы выражают благодарность начальнику Российской Антарктической экспедиции В. В. Лукину, его заместителю, начальнику логистического центра РАЭ В. Л. Мартянову, начальнику станции Беллинсгаузен В. М. Виноградову, доктору биологических наук В. А. Крыленкову за содействие в проведении исследований, сотруднику почвенно-мерзлотного отряда 55-й РАЭ А. В. Лупачеву за поддержку в работе, а также сотруднику станции Беллинсгаузен — иеромонаху Софронию Кириллову за непосредственную помощь в полевых измерениях, проводившихся в сложных климатических условиях.

### Литература

1. Абакумов Е. В., Власов Д. Ю., Крыленков В. А., Помелов В. Н. Морфологическая организация почв Западной Антарктики // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 3. Вып. 3. 2008. С. 102–115.
2. Campbell I. B., Claridge G. G. C. Antarctica: soils, weathering processes and environment. Amsterdam: Elsevier, 1987. 368 p.
3. Soils of Mid and Low Antarctic: diversity, geography, temperature regime / Gilichinsky D., Abakumov E., Abramov A., Fyodorov-Davydov D., Goryachkin S., Lupachev A., Mergelov N., Zazovskaya E. // Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science; Soil Solutions for a Changing World / ed. by R. J. Gilkes, N. Prakongkep; ISBN 978-0-646-53783-2; Published on DVD. URL: <http://www.iuss.org>; Symposium WG 1.4.; Cold soils in a changing world; 2010 Aug 1–6. Brisbane.
4. Cryosols /ed. by J. Kimble. Berlin: Springer-Verlag, 2004. 726 p.
5. Clay-sized minerals in permafrost soils (Cryosols) from King George Island, Antarctica / Simas F.N.B., Ernesto C., Schaefer G.R., Melo V.F., Guerra M.B.B., Suanders M., Jilkes R.G. // Clays and Clay Minerals. 2006. Vol. 54. P.721–736.

6. Genesis, properties and classification of cryosols from Admiralty Bay maritime Antarctica / Simas F.N.B., Schaefer C.R., Albuquerque-Filho M.R., Franchelino M.N., Fernandez-Filho E.I., Gilkes R.J. // *Geoderma*. 2008. Vol. 144. P. 116–122.
7. *Beyer L., Bolter M., Seppelt R.D.* Nutrient and thermal regime, microbial biomass, and vegetation of Antarctic soils in the Windmill Islands region of East Antarctica (Wilkes Land) // *Arctic, Antarctic and Alpine research*. 2000. Vol. 32 (1). P. 30–39.
8. Distribution and dynamics of soil organic matter in an Antarctic dry valley / Elberling B., Gregorich E.G., Hopkins D.W., Sparrow A.D., Novis P., Greenfield L.G. // *Soil Biol. Biochem.* 2006. Vol. 38. P. 3095–3106.
9. Effect of hydrocarbon spills on the temperature and moisture regimes of Cryosols in the Ross sea region / Balks M.R., Paetzold R.F., Kimble J.M., Aislabie J., Campbell I.B. // *Antarctic science*. 2002. Vol. 14. P. 316–326.
10. Soil of the Admiralty Bay, King George Island: chemical, physical and mineralogical properties / Simas F.N.B., Schaefer C.R., Albuquerque-Filho M.R., Franchelino M.N., Fernandez-Filho E.I., Comes M.R.M., Miranda V.J.M. // *International Workshop on Antarctic Permafrost and Soils, November 14–18, 2004, University of Wisconsin, Madison*. P. 77.
11. *Абакумов Е.В.* Гранулометрический состав почв Западной Антарктики // *Почвоведение*. 2010. № 5. С. 610–613.
12. Soil characteristics on varying lithological substrates in the South Shetland Island, maritime Antarctica / Navas A., Jeronimo E.-M., Jose C.S. de Aja, Javier M.G., Jose D.J., Serrano E., Cuchi J.A., Mink S. // *Geoderma*. 2008. Vol. 144. P. 123–129.
13. *Le Roux P.C., McGeoch M.A.* Changes in climate extremes, variability and signature on sub-Antarctic Marion Island // *Climatic change*. 2008. Vol. 86 (3–4). P. 309–329.
14. *Помелов В.Н.* План управления станцией Беллинсгаузен // *Изучение и исследование Антарктики: отчет ФЦП «Мировой океан»*. СПб.: ААНИИ, 2003. С. 132–182.
15. *Абакумов Е.В., Андреев М.П.* Температурный режим гумусовых горизонтов почв острова Кинг-Джордж, Западная Антарктика // *Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 3: Биология*. 2011. Вып. 2. С. 129–132.
16. *Классификация и диагностика почв России*. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
17. *Растворова О.Г.* Физика почв: практическое руководство: учеб. пос. для студентов вузов. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. 1983. 191 с.
18. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв: учеб. пос. для студентов вузов. 2-е изд. М.: МГУ, 1970. 487 с.
19. *Власов Д.Ю., Абакумов Е.В., Надпорожская М.А., Кови Н.В.* Литоземы острова Кинг-Джордж, Западная Антарктика // *Почвоведение*. 2005. № 7. С. 773–781.
20. *Smith V.R.* Moisture, carbon and inorganic controls of soil respiration at a sub-Antarctic island // *Soil Biol. Biochem.* 2005. Vol. 37 (1). P. 81–91.

Статья поступила в редакцию 11 декабря 2012 г.