

УДК 631.48

**ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ АНТАРКТИЧЕСКИХ ПОЧВ ПО ДАННЫМ
СЕДИМЕНТОМЕТРИИ И ЛАЗЕРНОЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ****Н. В. Мухаметова, Е. В. Абакумов, А. Г. Рюмин***Санкт-Петербургский государственный университет,
кафедра почвоведения и экологии почв**16-я линия Васильевского острова, д. 29, Санкт-Петербург, 199178**E-mail: E.abakumov@bio.spbu.ru**Поступила в редакцию 08 апреля 2013 г., принята к печати 15 июля 2013 г.*

Проведено сопоставление результатов гранулометрического анализа почв Антарктиды, полученных двумя способами: традиционным седиментометрическим методом и методом лазерной дифрактометрии. Выявлены существенные различия в содержании фракции мелкой пыли и ила при применении данных методов. Установлено, что определение содержания тонкодисперсных фракций почв методом лазерной дифрактометрии дает заниженные показатели по сравнению с седиментометрическим методом. Это можно связывать с наличием в почвах тонкодисперсного органического вещества, которое при седиментометрии ввиду небольшой удельной массы попадает в тонкодисперсные фракции. Данные, полученные с помощью метода лазерной дифрактометрии, отличаются от данных, полученных с использованием метода седиментометрии.

Ключевые слова: почвы Антарктиды, гранулометрический состав, сравнение методов, седиментометрический метод, лазерная дифрактометрия.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из фундаментальных свойств почвы является ее полидисперсность, определяемая, чаще всего, по соотношению разноразмерных фракций механических элементов, или агрегатов, в почве. Методы определения содержания данных фракций различны. В почвоведении и грунтоведении уже более 100 лет используется седиментометрический метод определения гранулометрического состава твердой фазы. Различные его модификации описаны в научной литературе (Качинский, 1970; Растворова, 1983; Шеин, 2005, 2009; Владимиров, 1966, 1973). Также существуют метод счетной микроскопии для определения гранулометрического состава почв (Конончук, 2007) и рыхлых горных пород (Гагарина, 2004); данные методы трудоемки, но позволяют получить дополнительную информацию о форме и составе почвенных частиц. Известен также аэрометрический метод определения гранулометрического состава грунтов (ГОСТ 12536-79), отличающийся меньшей точностью, чем седиментометрический метод, и применяемый, в основном, для изучения грунтов.

В последние десятилетия все более широко используется быстрый и производи-

тельный метод лазерной дифрактометрии, также позволяющий определять распределение механических элементов по размеру. Установлено, что определение содержания ила в почве традиционным седиментометрическим методом дает более высокие показатели по сравнению с лазернодифрактометрическим анализом (Шеин и др., 2006; Шеин, 2009; Блохин и др., 2012). Между тем, метод оптической счетной микроскопии может быть адаптирован к почвенным объектам (Конончук, 2009). Основной причиной различного содержания ила при применении двух методов является попадание в состав фракции ила частиц органического вещества, которые в связи с низкой плотностью не оседают в воде в течение времени, сопоставимым со временем оседания ила. Данный феномен наблюдается на пробах многих Евразийских почв (Шеин, 2009), что дает основания предполагать, что в почвах Антарктиды он также будет выражен весьма существенно.

Кроме того, изучение гранулометрического состава двумя методами крайне важно в том смысле, что степень дисперсности почв «Шестого континента» исследована слабо. Поэтому если седиментометрический метод дает завышенные результаты по илу,

возможно формирование ошибочных представлений о скорости выветривания и илообразования в суровых условиях антарктических ландшафтов. Указанные процессы в почвах Антарктиды происходят, но их интенсивность еще не оценена достаточно полно (Glazovskaya, 1958; Campbell, Claridge, 1987). Между тем, почвы Антарктиды содержат существенные количества мелкодисперсного органического вещества, сходного с детритом (Абакумов и др., 2008; Abakumov, 2010; Elberling et al, 2006). Оно во многих случаях может влиять на показатели содержания илистой фракции, а также тех фракций, которые составляют физическую глину. В связи с этим необходимо сопоставление результатов обоих методов определения гранулометрического состава именно для почв Антарктиды, так как это поможет

раскрыть истинную сущность полидисперности данных почв и установить действительное содержание физической глины и ила в почвах. Целью настоящего исследования является сопоставление данных о гранулометрическом составе антарктических почв, полученных с помощью седиментометрического и лазерно-дифрактометрического методов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучены литоземы, петрозем, глеезем и криозем, расположенные на водораздельных позициях в непосредственной близости от станции Беллинсгаузен. Схема расположения о. Кинг-Джордж, п-ова Файлдс и исследованных почв представлена на рис. 1.

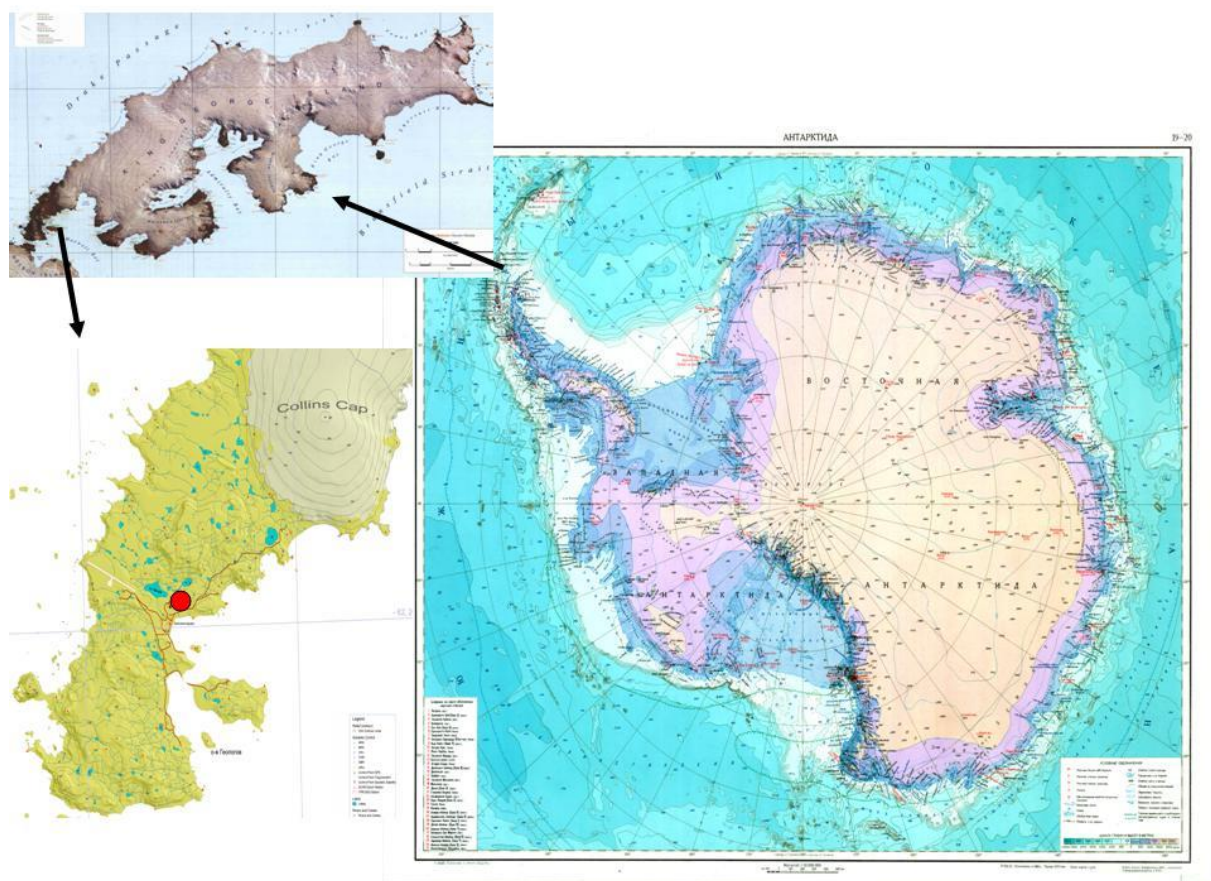


Рис. 1. Расположение о. Кинг-Джордж, п-ова Файлдс и местоположение объектов исследования в Антарктиде.

Климат п-ова Файлдс (изученной части о. Кинг-Джордж) – морского типа с малым сезонным ходом температуры; господствующей воздушной массой, определяющей погоду в районе, является субантарктический морской воздух. Погодные условия о. Кинг-Джордж очень неустойчивы, преобладает сырая, пасмурная погода. Средняя годовая температура воздуха составляет $-2.8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Обычно летом, в январе – феврале, температура воздуха имеет положительное значение ($+0.7$ – $+0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше), все остальные месяцы – отрицательное или близкое к нулю (Помелов, 2003). Наиболее холодный месяц – июнь (среднемесячная температура – 7.2°C). Резкие среднесуточные колебания температуры не наблюдаются. Годовое количество осадков составляет 729 мм. (Помелов, 2003). Установлено, что период биологической активности почвы составляет до трех месяцев в году.

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 мелкокопчик 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 (Помелов, 2003).

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

Определение содержания скелета и мелкозема проводилось методом сухого рассева, гранулометрический состав мелкозема определялся пипет-методом по

Н. А. Качинскому (Качинский, 1970; Растворова, 1983) с предварительной пирофосфатной пептизацией микроагрегатов. Плотность твердой фазы почвы определялась пикнометрически по воде (Растворова, 1983). Органический углерод определялся методом Тюрина (косвенный метод мокрого сжигания с объемным учетом окислителя). При помощи лазерного дифракционного анализатора размеров частиц SALD-2201 определялся гранулометрический состав мелкозема. Для этого образец почвы пептизировался раствором пирофосфата натрия, после чего на сите отделялась фракция более 0.25 мм для весового определения ее содержания; соотношение частиц размера меньше 0.25 мм определялось в емкостной кювете лазерного дифрактометра. Результаты дифрактометрического определения приводились к размерности фракций по Н. А. Качинскому (Качинский, 1970; Растворова, 1983).

Математическая обработка анализов и результатов определений проводилась при помощи программы SIGMAPLOT.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изученные почвы субантарктики характеризуются доминированием скелета над мелкоземом (табл. 1). Только в одном случае литозем содержит меньше скелета, чем мелкозема, в остальных случаях содержание мелкозема редко превышает первые десятки процентов, что согласуется с ранее проведенными исследованиями (Власов и др., 2005; Абакумов, 2010; Simas et al, 2008). Плотность твердой фазы почв увеличивается с глубиной в одних почвах и изменяется неравномерно в других. Неоднородное распределение данного показателя в криоземе связано с криотурбационным массообменом. В среднем твердая фаза изученных почв характеризуется нормальными величинами плотности, которые лежат в диапазоне 2.3 – 2.7 г см^{-3} .

Содержание органического углерода в органогенных горизонтах почв достаточно высоко – до 4%. Это может свидетельствовать о большой доле мелкодисперсного органического вещества, образующегося в грубогумусовых или грубогумусированных горизонтах почвы. В минеральных горизонтах количество органического углерода сравнительно низкое.

Таблица 1. Содержание скелета и мелкозема в почвах, плотность твердой фазы мелкозема и содержание углерода в мелкоземе

Образец	Глубина, см	>1 мм	<1 мм	D, г см ⁻³	Сорг, %
Глеезем серогумусовый на делювии					
AУ	3–6	80	20	2.33	1.78
G	32–42	87	13	2.40	0.80
Литозем серогумусовый на элювии					
AУ	3–13	44	56	2.42	1.20
C	13–21	44	56	2.43	0.95
Петрозем на элювии					
AУ	0–3	86	14	2.53	4.27
AC	3–10	74	26	2.66	0.27
Моренный материал					
C	0–10	93	7	2.69	4.93
Литозем грубогумусированный на элювии					
Aao	0–2	79	21	2.65	0.49
C	2–16	84	16	2.41	0.66
Криозем грубогумусированный на многолетнемерзлых суглинках					
Aao	2–9	89	11	2.51	2.57
AУ	14–21	94	6	2.71	1.26
C2	5–15	59	41	2.77	0.75
C3	15–35	82	18	2.51	0.52
Ctur	19–35	46	54	2.55	0.58

Из данных по гранулометрическому составу мелкозема почв (табл. 2) следует, что в большинстве изученных почв содержание ила и мелкой пыли по данным дифрактометрического метода существенно, иногда в несколько раз ниже, чем по данным седиментометрического способа определения. В некоторых почвах наблюдается иная картина – содержание фракции ила выше в случае лазерно-дифрактометрического метода, а содержание мелкой пыли даже в данных случаях ниже, чем в случае седиментометрии.

Таким образом, для большинства изученных проб субантарктических почв характерен феномен так называемых «псевдофракций» гранулометрического состава, образующихся за счет седиментации легких фракций органического вещества. Это особенно важно, поскольку в антарктических почвах много легкого или «детритного» органического вещества, которое практически невозможно отделить при пробоподготовке. Заниженные данные по фракции мелкой пыли (а также суммы фракций, входящих в состав физической глины) в случае лазерно-дифрактометрического метода характерны для всех изученных проб, в то время как в некоторых грубогумусированных горизонтах почв и в почвообразующих породах наблюдается либо почти равное

содержание фракции ила, либо завышение данных в случае дифрактометрического метода по отношению к данным седиментометрии. Указанные отклонения от общей тенденции можно связать с низкой чувствительностью седиментометрического метода при небольших количествах илистой фракции.

Содержание частиц песчаных фракций в исследуемых почвах по данным седиментометрического анализа ниже, чем по данным лазернодифрактометрического анализа. По крайней мере, в большинстве проб данная закономерность очевидна. Понятно, что к увеличению содержания песчаных фракций приводит не абсолютное увеличение содержания песка, а перераспределение фракций друг относительно друга в общей сумме частиц мелкозема, а также образование «псевдофракций» гранулометрического состава (Шеин, 2009; Шеин и др., 2006)

Статистическая обработка данных (парные t-тесты для выборок) выявили, что различия в данных, полученных при помощи разных методов, достоверны для содержания мелкозема, скелета и физической глины при отдельном сравнении ($p < 0.01$). Различия в содержании фракций ила наблюдается только на уровне статистической тенденции ($p < 0.08$).

Таблица 2. Гранулометрический состав почв, определенный различными методами.

Почва	Горизонт	Глубина, см	Фракции гранулометрического состава, мм											
			1-0.25		0.25-0.05		0.05-0.01		0.01-0.005		0.005-0.001		<0.01	
			I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Глеезем серо гумусовый на делювии	AУ	3-6	31.0	34.7	20.8	34.5	17.6	21.2	1.6	4.6	22.6	4.3	6.4	0.5
	G	32-42	22.7	21.3	29.5	39.4	12.4	25.1	7.2	6.7	18.8	6.3	9.4	0.9
Литозем на элювии	AУ	9-13	59.4	74.5	19.2	20.1	9.1	4.35	0.5	0.5	11.0	0.2	0.8	0.1
	C	13-21	52.3	43.0	22.8	42.7	11.7	11.6	1.5	0.8	11.5	0.4	0.1	1.4
Петрозем на элювии	AУ	0-3	33.7	36.9	38.4	58.2	16.2	4.9	0.6	0.0	10.6	0.0	0.5	0.0
	AC	3-10	49.8	51.3	32.3	39.2	4.3	8.62	2.8	0.4	10.9	0.0	0.8	0.2
Моренный материал с примесью торфа	C	0-10	28.6	25.8	25.2	38.6	14.6	22.3	7.7	5.5	17.5	6.9	6.4	0.8
Литозем грубогумусированный на элювии	Aao	0-2	74.1	69.0	8.2	17.4	1.8	7.54	1.1	1.9	14.6	2.7	0.2	1.2
	C	2-16	78.9	83.6	2.5	13.5	2.6	2.06	0.3	0.6	15.5	0.1	0.2	0.0
Криозем грубогумусированный на многолетнемерзлых суглинках	Aao	2-9	67.4	53.7	17.2	37.8	3.5	7.73	1.7	0.4	10.6	0.0	0.2	0.3
	AУ	14-21	31.0	31.2	47.4	53.8	3.4	14.2	4.2	0.6	12.4	0.0	1.3	0.0
	C2	5-15	47.4	43.7	28.3	29.7	3.4	17.9	1.4	3.3	17.0	4.3	2.8	0.7
	C3	15-35	21.7	22.9	44.6	45.4	10.4	21.4	9.2	3.6	14.0	5.8	0.1	0.6
	Ctu	19-35	23.5	21.6	38.6	42.8	20.2	24.2	4.3	3.7	13.3	5.2	0.1	2.3

I – Метод Качинского, II – Метод лазерной дифрактометрии

По данным лазерно-дифрактометрического метода, изученные почвы следует относить к классу супесей, связных и рыхлых песков, а по данным седиментометрии – преимущественно к легким суглинкам и супесям. Указанный вывод крайне важен с учетом невысокой степени выветренности твердой фазы и существенно-го содержания скелетной фракции в почвах. Данные, полученные обоими методами, подтверждают преобладание песчаных фракций в мелкоземле субантарктических почв.

ВЫВОДЫ

Исследования почв субантарктического о. Кинг-Джордж показало, что использование лазерно-дифрактометрического метода

приводит к получению заниженных данных по содержанию фракций мелкой пыли и физической глины и завышенных данных по фракциям песка. Скорее всего, это связано с образованием так называемых «псевдофракций» и перераспределением детритного органического вещества в суспензии. Изучение роли детритного органического вещества в искажении данных гранулометрического состава субантарктических почв должно быть продолжено в дальнейшем. Изученные почвы о. Кинг-Джордж относятся преимущественно к пескам или супесям, т.е. характеризуются легким гранулометрическим составом.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят руководство Российской Антарктической экспедиции в лице В. В. Лукина, В. Н. Помелова и В. Л. Мартыанова за предоставление возможности проведения полевых исследований, а также коллектив станции Беллинсгау-

зен в сезон 2009–2010 гг., сотрудника почвенно-мерзлотного отряда А. В. Лупачева за помощь в сборе проб.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты № 12-04-00680 а, 13-04-01693 а, 13-04-01693 укр-ф-а, 12-04-33017 мол-а-вед.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абакумов Е. В. 2010. Источники и состав гумуса некоторых почв Западной Антарктики. Почвоведение, 2:538-547.
- Абакумов Е. В. 2010. Гранулометрический состав почв Западной Антарктики. Почвоведение, 5:610-613.
- Абакумов Е. В., Помелов В. Н., Крыленков В. А., Власов Д. Ю. 2008. Морфологическая организация почв Западной Антарктики. Вестник СПбГУ. Сер. 3. Вып. 3:102–115.
- Блохин А. Н., Милановский Е. Ю., Кулижский С. П. 2012. Ускоренный метод оценки агрегатного состояния почв с использованием лазерной дифрактометрии. Вестник КрасГАУ. 1:35–39.
- Владимиров В. Е. 1996. Способ подготовки грунтов к гранулометрическому анализу. Авт. свид. № 179606, бюллетень изобретений. № 5.
- Владимиров В. Е. 1973. Изучение диспергирующего действия акустических колебаний и их использование для определения механического состава почв. Дисс. на соиск. канд. с/х наук. Л., 181 с.
- Власов Д. Ю., Абакумов Е. В., Надпорожская М. А., Сафронова Е. В., Лукин В. В., Ковш Н. В. 2005. Литоземы острова Кинг-Джордж, Западная Антарктика. Почвоведение, 7:773-781.
- Глазовская М. А. 1958. Выветривание и первичное почвообразование в Антарктиде // Научные Доклады Высшей Школы, Геолого-Географические науки, 1:с. 63–76.
- ГОСТ 12536-79 Грунты. Методы определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
- Качинский Н. А. 1970. Физика почвы. М.: Высшая школа. 360 с.
- Конончук П. Ю. 2009. Адаптация метода оптической счетной микроскопии для определения гранулометрического состава почв. Дисс. канд. с.-х. наук. СПб.: Агрофизический институт. 197 с.
- Конончук П. Е. 2007. Определение гранулометрического состава почв при микроскопическом исследовании. Агрохимический вестник, 3:35-37.
- Помелов В. Н. 2003. План управления станцией Беллинсгаузен. Изучение и исследование Антарктики. Отчет ФЦП «Мировой океан». СПб.: ААНИИ. С. 132–182.
- Растворова О. Г. 1983. Физика почв (практическое руководство). Л.: Изд-во ЛГУ. 191 с.
- Шейн Е. В., Милановский Е. Ю., Молов А. З. 2006. Гранулометрический состав: роль органического вещества в различиях данных седиментометрического и лазерно-дифракционного методов. Доклады по экологическому почвоведению. 1:17–30.
- Шейн Е. В. 2005. Курс физики почв. М.: МГУ. 430 с.
- Шейн Е. В. 2009. Гранулометрический состав почв: проблемы методов исследования, интерпретации результатов и классификаций. Почвоведение. 3:309–317.
- Campbell I. B., Claridge G. G. C. 1987. Antarctica: Soils, Weathering Processes and Environment. Elsevier. Amsterdam. 368 p.
- Elberling B., Gregorich E. G., Hopkins D. W., Sparrow A. D., Novis P., Greenfield L. G. 2006. Distribution and dynamics of soil organic matter in an Antarctic dry valley. Soil Biology and Biochemistry. 38:3095–3106.
- Simas F. N. B., Schaefer C. E. G. R., Filho M. R. A., Francelino M. R., Filho E. I. F., da Costa, L. M. 2008. Genesis, properties and classification of Cryosols from Admiralty Bay, maritime Antarctica. Geoderma. 144 (1–2):116–122.