=====
УДК 631.4

Сравнительный анализ методов определения гранулометрического состава почв Северного Приазовья

Болдырева В.Э., Безуглова О.С., Меженков А.А., Литвинов Ю.А., Морозов И.В.

Южный Федеральный Университет

Аннотация

В статье приведены результаты исследования гранулометрического состава чернозема обыкновенного карбонатного с использованием следующих методов: полевого, классического пипет-метода, ареометрического и метода лазерной дифракции. При интерпретации был применен принцип логико-терминологического анализа «термин – дефиниция – метод – результат – классификация». Сравнительный анализ полученных данных показал, что результаты лабораторных испытаний одних и тех же почвенных образцов зависят как от способа подготовки почвенных образцов, так и от способа количественного учета частиц. Представлены возможные модификации подготовки почвенных образцов, позволяющие минимизировать получаемые различия. Результаты использованы для разработки алгоритмов агрегирования разрозненных данных в единую Почвенно-географическую базу данных.

Ключевые слова: ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ, МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ, БАЗА ДАННЫХ, ЧЕРНОЗЕМ ОБЫКНОВЕННЫЙ КАРБОНАТНЫЙ

Введение

Гранулометрическим составом почвы называется массовое соотношение в составе почвы частиц разного размера в пределах непрерывного ряда определенных условных групп крупности. При этом имеется в виду соотношение частиц или механических элементов, представленных минеральными зёрнами, органическими и органоминеральными гранулами, свободно суспендируемыми в воде после разрушения клеящих материалов. Целостность и существование механических элементов определяются молекулярными силами взаимодействия [1].

Гранулометрический состав является одним из важнейших индивидуализирующих признаков диагностики (идентификации) почв. Лабораторные методы определения гранулометрического состава дают важную информацию для решения вопросов о типовой, родовой и/или групповой принадлежности объектов почвенного происхождения на основе количественного учета размеров частиц, из которых они состоят [2, 3].

В случае гранулометрического состава сложилась парадоксальная ситуация: для решения научных задач исследователь вправе выбрать любой из имеющихся в почвоведении методов, а при решении инженерных задач только те методы, которые регламентированы нормативным актом.[4].

Полевые методы определения гранулометрического состава, наиболее часто применяемые для решения практических задач, например, инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий, почвоведческих и экологических экспертиз, разработки проектов рекультивации и проектов освоения земель, не позволяют точно описать распределение частиц по отдельным фракциям. Для надежного определения этого признака, его фиксации в виде соответствующих спектров, занесения их в базу данных и последующего автоматического сравнительного анализа необходимо использовать результаты лабораторных испытаний, различающихся как по способу подготовки проб, так и по методам их количественного учета.

Цель исследования – выяснить влияние различных методов определения гранулометрического состава на решение классификационных задач и их значение для разработки алгоритмов агрегирования разрозненных данных в единую Почвенно-географическую базу данных.

Объекты и методы исследования

Нами проведено исследование гранулометрического состава на примере чернозема обыкновенного карбонатного (североприазовского) Ботанического сада ЮФУ. Изучение гранулометрического состава и определение разновидности почвы проводили по верхним горизонтам (0–30 см) [5].

В качестве контрольного метода сравнения использован метод пипетки с пиррофосфатным способом подготовки почвенных образцов к анализу, широко применяемый в почвоведении с 1970-х г., в том числе, при выполнении почвенных

обследований в институтах системы Гипрозем и представленных в Почвенно-географической базе данных. Грубо-эмпирический (полевой метод шнура) был выбран для предварительной оценки гранулометрического состава исследуемых почв [6].

Результаты и обсуждение

Результаты определения гранулометрического состава почв, полученные различными методами: полевым методом шнура, методом пипетки, регламентированными международным (ISO 11277:2009) [7] и межгосударственным (ГОСТ 12536-2014) стандартами, а также методом лазерной дифракции (ЛД), достаточно быстро набирающим популярность как в России, так и за рубежом, представлены в таблице 1.

Исследования гранулометрического состава чернозема обыкновенного карбонатного показали, что причины несоответствия результатов анализов в одних и тех же почвенных образцах, полученных с использованием рассматриваемых методов, связаны исключительно с различными подходами к подготовке почвенных образцов к лабораторным испытаниям.

Полевой и пирофосфатный методы определения гранулометрического состава показали сходные результаты при идентификации разновидности почвы, которые соотносятся с литературными данными относительно выбранного нами образца почвы и места отбора.

Установлено, что для исследованных нами образцов чернозема обыкновенного карбонатного наиболее близкие результаты и попадание в один и тот же класс почвы по гранулометрическому составу показал оригинальный метод Качинского с кислотно-щелочной подготовкой почвы и учета количества частиц методом пипетки – 55,34%, что на 5,15% отличается от стандартного (контрольного) метода. Внутри разновидности распределение по фракциям может иметь расхождения.

Отличия в результатах пипетки и ареометрического метода по ГОСТ 12536–2014 и ISO 11277:2009 обусловлены различным соотношением почвы и диспергатора в этих методах [8]. Следующим по сходимости результатов стал ареометрический метод, но с модифицированной подготовкой, а именно с добавлением достаточного количества пептизатора (в соотношении, указанном для пирофосфатного пипет-метода).

Таблица 1. Сравнение результатов определения гранулометрического состава чернозема обыкновенного карбонатного с различными подготовками и методом учета частиц

Метод подготовки	Метод учета частиц	Содержание ФГ (< 0.01), %		Гранулометрический состав (классификация)
		Абсол.	Относ.	
Смачивание водой	Полевое определение, метод скатывания в шнур	Кольцо с трещинами и 45–60	±15	Тяжелый суглинок (Вадюнина, Корчагина, 1986)
Пирофосфатная подготовка (метод Долгова-Личмановой, ГОСТ 12536–79) – принят за контрольный	Метод пипетки	52,56	0	Тяжелый суглинок (Качинский, 1965)
Кислотно-щелочной (метод Н.А. Качинского)		55,34	+5,15	Тяжелый суглинок (Качинский, 1965)
Подготовка по ГОСТ 12536-2014	Ареометрический метод	31,7	-39,77	Средний суглинок (Качинский, 1965)
Подготовка по ГОСТ 12536-2014 с увеличением количества пипетатора до 60 мл		49,2	-6,52	Тяжелый суглинок (Качинский, 1965)
Подготовка по ISO 11277:2009		28	-46,8	Легкий суглинок (Качинский, 1965); Пылеватый суглинок (USDA)
Сухой образец, просеянный через сито 1 мм + УЗ*	Метод лазерной дифракции ISO 13320-1:1999	48,36	-8,12	Тяжелый суглинок (Качинский, 1965)
Замачивание в пирофосфате на сутки		59,81	+13,64	Тяжелый суглинок (Качинский, 1965)
Сухой образец, просеянный через сито 1 мм		4,45	-91,55	Песок рыхлый (Качинский, 1965)
Пирофосфатная подготовка (метод Долгова-Личмановой, ГОСТ 12536–79)		61,6	+17,04	Глина легкая (Качинский, 1965); Глинисто-пылеватый суглинок (USDA)
Пирофосфатная подготовка (метод Долгова-Личмановой, ГОСТ 12536–79) + УЗ включен во время добавления суспензии		29,45	-44,04	Легкий суглинок (Качинский, 1965); Тонкий суглинок (USDA)
Пирофосфатная подготовка (метод Долгова-Личмановой, ГОСТ 12536–79) + предварительная и постоянная обработка УЗ 99 max		73,89	+40,39	Глина легкая (Качинский, 1965); Глинисто-пылеватый суглинок (USDA)

Примечания: *УЗ – обработка ультразвуком

С внесением изменения в ареометрический метод на стадии подготовки почвы эти различия минимизируются, и гранулометрический состав классифицируется в том же классе, что и по контрольному методу – как тяжелосуглинистая разновидность.

Установлено, что при подготовке, рекомендуемой ареометрическим методом, значение физической глины составляет 31,7%, а отклонение от значений, полученных стандартным методом, -39,77%. При увеличении количества пипетатора в два раза выход физической глины возрастает до 49,2% и отклонение составило только -6,52%.

При использовании метода лазерной дифракции (ЛД), характеризующегося простотой выполнения, получаются очень разнородные результаты, что вместе с отсутствием классификации, пригодной для использования при интерпретации данных, является сдерживающим фактором для его внедрения в практику. В нашем исследовании мы выяснили, что для этого способа учета механических частиц подходит два варианта подготовки, при которых разновидность почвы определяется в соответствии с литературными данными, характерными для данного типа почв:

№ 1) сухое просеивание образца через сито в 1 мм и его последующей обработкой ультразвуком – количество физической глины 48,36% с относительным отклонением от значений, полученных стандартным способом – -8,12%;

№ 2) стандартная пиррофосфатная подготовка с небольшой модификацией – замачивание на сутки, вместо растирания, как это рекомендовано ГОСТ №12536-2014. В результате выход физической глины составил 59,81%, с относительным отклонением + 13,64%. Важно, что данный способ уменьшает активное время подготовки.

Поскольку для ЛД отсутствует регламентированный метод подготовки к анализу, нами были проверены различные способы подготовки. При использовании стандартных для других методов способов подготовки результаты определения гранулометрического состава методом ЛД получаются сильно завышенными, почва классифицируется как более тяжелая. С одновременным применением для подготовки к анализу общепринятой методики и возможностей оборудования, а именно ультразвуковой установки, также происходит утяжеление класса [9].

Был применен принцип логико-терминологического анализа, который основан на описании предмета исследования системой терминов и понятий (дефиниций) и позволяет определять его границы и наиболее характерные признаки, а также выделить его из совокупности подобных тел, явлений, процессов, свойств: термин – дефиниция – метод – результат – классификация [10]. Применительно к гранулометрическому составу почвы (один термин), у нас есть одно определение, несколько методов подготовки и способов

учета и одна классификация, разработанная Н.А. Качинским конкретно для его метода определения гранулометрического состава [11]. В то же время эту классификацию используют и для интерпретации результатов, полученных другими методами, что, на наш взгляд, является недопустимым. Это связано с тем, что не корректно систематизировать результаты, полученные методами, основанными на разных физических принципах, а также сравнивать их между собой без применения специальных корреляционных шкал.

Одной из существенных проблем агрегирования разрозненных данных является необходимость стандартизации и учета контекста получения данных, который для гранулометрического состава выражается в различных способах подготовки и в методах количественного учета элементарных почвенных частиц.

Результаты исследования демонстрируют сложность и возможные трудности при формировании Почвенно-географической базы данных и последующем внесении атрибутивной информации о гранулометрическом составе, полученной с использованием разных способов подготовки и методов количественного учета. При этом фактически одна и та же почва, может быть классифицирована в зависимости от выбранного метода как разновидность от песка рыхлого до глины легкой.

Обилие данных, качество и их использование, как основной движущий фактор знаний в развитии почвоведения, может иметь методологические последствия, которые трудно предсказать в зависимости от того в каких расчетах данные будут использоваться. Все ли данные одинаково достоверны для использования в научных целях? Каковы риски, проблемы и какие претензии в исследованиях почв на основе данных? Это еще один шаг, связанный с множеством предположений и решений. Данные всегда необходимо рассматривать в контексте того, когда, кем и каким методом они были получены. Это также касается и данных гранулометрического состава [12].

Например, результаты определения гранулометрического состава не существуют сами по себе, а получены заранее и генерируются из определенного представления или гипотезы и контекста – какой датчик, методика и исследователь. В данном конкретном случае они были собраны нами посредством оцифровки архивных источников – материалов почвенного обследования, собранные в отчеты большим коллективом за длительный промежуток времени. При сборе в отчет эти данные уже прошли через субъективные фильтры – опыт работы в лаборатории, большой поток образцов и через объективные

фильтры – ошибка опыта и прочие статистические выбраковки ошибочных данных, которые используются в любом производственном процессе (даже при самых строгих и тщательных методах определения и увеличении повторностей данные несовершенны и изменчивость всегда будет сохраняться). Независимо от потенциальных ошибок изменчивость гранулометрического состава может быть велика, и при работе над созданием БД это следует учитывать.

Наши исследования, изложенные в данной статье, подтверждают, что контекст получения данных имеет важную роль. Так, нам известно, что довольно долгое время в практике производства почвенных исследований в ГИПРОЗЕМе использовался метод пипетки Качинского с классической кислотно-щелочной подготовкой. Это подтверждается тем фактом, что в старых архивных отчетах приблизительно до 70-х годов, в таблицах о данных гранулометрического состава можно наблюдать колонку «потеря при обработке HCl», тогда как позже её перестали указывать вследствие перехода на другой способ подготовки – пирофосфатный. При этом задокументированного факта этого перехода с одной подготовки на другую мы пока не нашли.

Что касается метода лазерной дифракции и пополнения его результатами баз данных, то в России эта работа ведется пока не активно. Однако есть большое количество зарубежных исследований, в которых для изучения различий и корреляции между классическим методом пипетки и методом лазерной дифракции, выяснения эквивалентных размеров частиц между рассматриваемыми методами используются как раз подобные базы данных, где данные гранулометрического состава получены именно методом лазерной дифракции [13, 14].

Выводы

1. Результаты определения разновидности почвы по ее гранулометрическому составу полевым методом имеют сходимость с пипет-методом в пределах текстурного класса.

2. Метод пипетки при разных способах подготовки к анализу (кисотно-щелочном и пирофосфатном) для верхних (0–30 см) горизонтов чернозема обыкновенного карбонатного дает результаты, позволяющие определить гранулометрический состав как один текстурный класс (разновидность). В пределах разновидности распределение механических

элементов по фракциям может отличаться, однако при увеличении содержания карбонатов вниз по профилю расхождения между результатами испытаний увеличиваются за счет потери карбонатов при кислотно-щелочном способе подготовки почвенных образцов к анализу.

3. Ареометрический метод (ГОСТ 12536-2014) необходимо модифицировать в части подготовки образцов к анализу. Для получения корректных результатов по сравнению с контрольным методом пипетки необходима корректировка соотношения «почва-пептизатор», а именно увеличения количества пирофосфата натрия в 2 раза.

4. Результаты определения гранулометрического состава почвы методом лазерной дифракции в значительной степени отличаются от данных, получаемых методом пипетки. Степень дисперсности одного и того же исследуемого образца будет зависеть от выбираемого способа подготовки почвы к анализу. Наиболее близкие с контрольным методом пипетки результаты получаются при использовании следующего способа подготовки: сухое просеивание образца через сито в 1 мм с последующей обработкой ультразвуком. В этом случае для чернозема обыкновенного карбонатного различие с контрольным результатом минимально и составляет в среднем - 8,12%.

5. В исследуемой нами базе данных подавляющее количество результатов анализов гранулометрического состава черноземов обыкновенных карбонатных получено пипет-методом в модификации Долгова-Личмановой. Поэтому большое значение имеет то, в каком виде и состоянии данные гранулометрического состава внесены/находятся в базе, поскольку последующее их использование для всевозможных целей, требующих наличия результатов гранулометрического состава, исследование взаимосвязей физических и физико-механических свойств почвы, а также для задач почвенно-экологических и почвенно-грунтовых изысканий, будет влиять на качество и компетентность расчетов и прогнозов, которые напрямую зависят от качества использованных данных.

Список использованных источников

1. Белицина Г.Д., Васильевская В.Д., Гришина Л.А. и др. Почвоведение: Учеб. для ун-тов. В 2 ч. / Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. - Ч. 1. Почва и почвообразование - М.: Высш. шк., 1988. - 400 с.
2. Егоров В.В., Фридланд В.М., Иванова Е.Н., Розов Н.Н. Классификация и диагностика почв СССР. - М: Колос, 1977. – 221 с.
3. Классификация и диагностика почв России / Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Рос.

акад. с.-х наук, Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, Докучаев. о-во почвоведов. - Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

4. ГОСТ 12536-2014: Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. - [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200116022>

5. Захаров С.А. Почвы Ростовской области и их агрономическая характеристика. Ростов-на-Дону: РОК, 1940. – 123 с.

6. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв: Учебное пособие. - М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

7. ISO 11277:2009 Soil quality – Determination of particle size distribution in mineral soil material. Method by sieving and sedimentation. - [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iso.org/standard/54151.html>

8. Шкуропадская К.В., Пшеничная А.А., Болдырева В.Э., Морозов И.В. Сравнительный анализ методов определения гранулометрического состава почв [Электрон. ресурс] // Живые и биокосные системы. - 2019. - № 30. – Режим доступа: <https://jbks.ru/archive/issue-30/article-6>

9. Болдырева В.Э., Безуглова О.С., Морозов И.В. К вопросу об определении гранулометрического состава почв с использованием метода лазерной дифракции // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. - 2019. - № 1 (33). – С. 184–194.

10. Морозов И.В., Безуглова О.С. Классификации элементарных почвенных частиц в разных школах почвоведения // Фундаментальные исследования. - 2011. - № 12-2. – С. 281–285.

11. Качинский Н.А. Физика почв: Учебник для университетов. Ч. 1. - М.: Высшая школа, 1965. - 324 с.

12. Wadoux AMJ-C., Román-Dobarco M., McBratney A.B. Perspectives on data-driven soil research. // European Journal of Soil Science. - 2021. - Vol. 72. – P. 1675–1689. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.13071>

13. Mako A., Toth G., Weynants M., Rajkai K., Hermann T., Toth B. Pedotransfer functions for converting laser diffraction particle-size data to conventional values // European Journal of Soil Science. - 2017. - Vol. 68. – P. 769–782.

14. Fisher P., Aumann C., Chia K., O'Halloran N., Chandra S. Adequacy of laser diffraction for soil particle size analysis. // PLoS ONE. - 2017. - № 12. - e0176510.

Цитирование:

Болдырева В.Э., Безуглова О.С., Меженков А.А., Литвинов Ю.А., Морозов И.В. Сравнительный анализ методов определения гранулометрического состава почв Северного Приазовья [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – №1. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/1/st_126.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/202121126>.