

**С.П. Кулижский¹, Н.Г. Коронатова², С.Ю. Артымук²,
Д.А. Соколов², Т.А. Новокрещенных¹**

¹ Биологический институт Томского государственного университета (г. Томск)

² Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск)

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ СЕДИМЕНТОМЕТРИИ И ЛАЗЕРНОЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант № 10-04-90748).

Проведено сравнение методов определения гранулометрического состава почв естественных горно-таежной и лесостепной зон и техногенных ландшафтов Западной Сибири на основе лазерной дифрактометрии и традиционной седиментометрии, а также оценена сходимость полученных результатов. Установлено, что в почвах естественных ландшафтов фиксировалось значительно меньшее содержание ила и увеличенное – мелкой и средней пыли, определенное с помощью лазерной дифрактометрии по сравнению с седиментометрией. В то же время в молодых почвах техногенных ландшафтов обнаруживалось меньшее содержание данных фракций, что связано с характером имеющегося органического вещества в этих почвах. Выявлено небольшое различие в результатах при определении интегральной фракции физической глины двумя методами для естественных почв, в отличие от входящих в ее состав отдельных фракций. Показана перспективность использования лазерных дифрактометров для изучения гранулометрического состава почв.

Ключевые слова: гранулометрический состав почв; метод седиментации; метод лазерной дифракции; физическая глина.

Гранулометрический состав почв, как известно, является важнейшей характеристикой, определяющей многие свойства и режимы, включая водные и тепловые, поглонительную способность, трансформацию веществ и плодородие. Это базовый уровень, от которого зависит формирование всех основных почвенных параметров [1]. При этом наиболее существенную роль играет фракция ила, поскольку ее содержание является важным показателем качества гидрофизических свойств почвы [2].

Сказанное справедливо не только для почв естественного сложения, но и для техногенных (эмбриоземов), где почвенные процессы только начинают развиваться в ходе сукцессии. Так, например, молодые почвы угольных отвалов характеризуются неблагоприятными физическими свойствами в связи с преобладанием каменистой фракции и повышенной водопроницаемостью, что обуславливает ксероморфизм растительности и негативно влияет на про-

текание биологических процессов. Увеличение доли мелкозема (частиц размером менее 1 мм) способствует развитию более благоприятных условий для протекания этих процессов [3].

Для определения гранулометрического состава почв и грунтов как в отечественном почвоведении, так и в других странах используется традиционный пипеточный седиментационный метод. При этом содержание фракций гравия и крупного песка устанавливается путем их отсеивания на ситах с соответствующим размером ячеек. Поэтому такой комбинированный подход получил в англоязычной научной литературе наименование *sieve-pipette method* [4, 5]. При проведении седиментационного анализа размер и количество элементарных почвенных частиц определяются в зависимости от скорости их оседания в воде и рассчитываются по уравнению Стокса, т.е. определение базируется на основе косвенных признаков. В нашей стране наибольшее распространение этот метод приобрел в модификации Н.А. Качинского [6]. Он проводится в несколько этапов: от растирания образца с обработкой его рядом химических реагентов для удаления веществ, способствующих слипанию частиц почвы, кипячения до непосредственного отбора проб суспензии пипеткой через фиксированные промежутки времени и с определенной глубины, что может занимать в общей сложности до 30 часов. Данный метод весьма трудоёмок, и, кроме того, в ходе проведения анализа необходимо соблюдать постоянство температуры в помещении и полное отсутствие каких-либо механических возмущений, что затрудняет проведение анализа и может отразиться на результатах.

В последнее время в почвенных лабораториях для определения гранулометрического состава стали использоваться лазерные дифрактометры. Функционирование данных приборов основано на принципиально другом подходе, а именно на фиксации угла отклонения луча лазера от почвенной частицы в зависимости от ее линейных размеров, что регистрируется несколькими десятками датчиков [7, 8]. Другими словами, размеры почвенных единиц определяются не по косвенным признакам, как при седиментометрии, а непосредственно фиксируются датчиками. В настоящее время существует достаточно много моделей подобных анализаторов, например *Analesette 22*, *SALD-201V*, *Coulter LS-100*, *HORIBA LA-950V2* и др. Основные различия между ними заключаются в количестве установленных регистрирующих детекторов, диапазоне измерения частиц, а также в том, в какой среде находятся почвенные частицы во время определения – в воде или в воздухе. Несомненными плюсами использования этих приборов являются небольшая затрата труда и времени при проведении анализа, а также исключение субъективного фактора.

В научной литературе появились сведения, в которых сравниваются результаты исследования гранулометрического состава почв методами седиментации и лазерной дифрактометрии, и расхождения между полученными данными могут быть весьма существенны. Однако интерпретируются они по-разному, а накопленного фактического материала по этому вопросу еще недостаточно. Поэтому исследования в данном направлении являются весьма актуальной задачей почвоведения. Недостаток данных связан с малым временем применения лазерных анализаторов в почвенных лабораториях из-за

ограниченных возможностей доступа исследователей к этим приборам. Центр коллективного пользования Биологического института Томского государственного университета, оснащенный современными приборами, в том числе лазерным дифрактометром SALD-201V, является базой, на которой возможно проведение подобного рода исследований.

Целью исследования являлось сравнение результатов определения гранулометрического состава почв естественных и техногенных ландшафтов юга Западной Сибири на основе методов седиментометрии и лазерной дифрактометрии.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования стали молодые почвы (эмбриоземы) отвалов угольных разрезов и зональные почвы Западной Сибири.

Эмбриоземы, формирующиеся на отвалах Ольжерасского угольного разреза (Кузбасс), были представлены типами органо-аккумулятивным, дерновым, гумусово-аккумулятивным в соответствии с классификацией молодых почв техногенных территорий, предложенной И.М. Гаджиевым и В.М. Курачевым [9]. Возраст отвалов составил 35–40 лет. Они сложены хаотической смесью вскрышных и углевмещающих пород и характеризуются преобладанием склоновых поверхностей. Фактор крутизны склонов во многом определяет гидротермические условия и, следовательно, мозаичность местообитаний с характерным для каждого из них микроклиматом, режимами увлажнения и теплообеспеченности и связанные с этим различия в растительном покрове и формирующихся типах эмбриоземов [3].

Также для исследования были взяты ненарушенные почвы юга Западной Сибири в Кузнецком Алатау в 15 км к северо-востоку от г. Междуреченска – дерново-глубокоподзолистые. Данные почвы характеризуются заметной дифференциацией профиля по гранулометрическому составу в связи с лессиважом и накоплением физической глины в иллювиальном горизонте.

Для лесостепной зоны Западной Сибири типичны серые лесные почвы, которые формируются на повышенных формах рельефа с относительно глубоким залеганием грунтовых вод. Они развиваются на карбонатных лессовидных суглинках, реже глинах и супесях. Гранулометрический состав данных почв преимущественно крупнопылеватый средне- и тяжелосуглинистый, иногда легкосуглинистый и легкосуглинистый [10, 11]. В данной работе исследовалась серая лесная почва из Мошковского района Новосибирской области. В течение длительного времени она была под пашней. Содержание карбонатов в ней отмечено на глубине ниже 130 см.

Анализ проводился в пробах, отобранных со следующих глубин:

- а) в эмбриоземах – в слоях 0–10, 20–30, 40–50 см;
- б) в дерново-глубокоподзолистой почве – в слоях 0–3 см (A_d), 3–15 см (A_1A_2), 15–57 см (A_2), 57–118 см (B_1);
- в) в серой лесной почве образцы брались послойно по 10 см до глубины 130 см.

Определение размера частиц гранулометрического состава почв естественных и техногенных ландшафтов проводилось на лазерном дифракционном анализаторе SALD-201V (Shimadzu, Япония), диапазон работы датчиков которого составляет от 0,25 до 350 мкм. Предварительно навески по 0,15 г, взятые из образцов серой лесной и дерново-глубокоподзолистой почвы, заливались дистиллированной водой объемом 20–25 см³ и для дальнейшего разрушения образовавшихся в процессе почвообразования связей между элементарными почвенными частицами обрабатывались ультразвуковым диспергатором УЗДН-А с длиной волны 22 кГц в течение 2 мин. Сразу после этого суспензия переносилась в приемник лазерного дифрактометра для проведения анализа.

Подготовка образцов эмбриоземов была более сложной. На первом этапе воздушно-сухие пробы почвы просеивались для отделения гравийной и каменной фракций (размер более 1 мм), доля их составила от 74 до 85%. Далее путем мокрого просеивания в литровый цилиндр проводили отделение фракции песка 1–0,25 мм, которая полностью не фиксируется прибором. Доведя объем воды до 300 мл, при постоянном перемешивании брали 20 мл раствора для дальнейшего анализа. С каждого анализируемого образца показания снимались трижды. Анализ гранулометрического состава данных почв проводился также традиционным методом Качинского.

Результаты исследования и обсуждение

Поскольку гранулометрические фракции не могут быть абсолютно равномерно распределены в анализируемой суспензии, на первом этапе было решено определить степень расхождения результатов в повторностях. Было установлено, что коэффициент вариации C_v очевидно различен для разных фракций (табл. 1). Высокая воспроизводимость результатов была получена для крупной, средней и мелкой пыли, у которых значение C_v чаще не превышало 10% и лишь в отдельных случаях увеличивалось до 11–20%. На этом основании получаемый результат можно рассматривать как удовлетворительный.

Наиболее высокие значения C_v были получены для фракций мелкого песка и ила. В первом случае это может быть связано с тем, что данная фракция находится близко к верхней технической границе применимости прибора. Надо отметить, что проблема недостаточно хорошей сходимости результатов измерения для мелкого песка уже была отмечена ранее в работе бельгийских исследователей [4]. Поэтому представляется, что большой разброс значений в повторностях при определении является распространенным недостатком метода лазерной дифрактометрии.

Причины завышенных значений C_v для ила могут быть вызваны также техническими ограничениями прибора в диапазоне данной фракции.

Так, в работе Таубнер с соавт. [5] указывается, что возможно возникновение систематических ошибок при проведении лазерной дифрактометрии по следующим причинам.

Таблица 1

Коэффициент вариации C_v гранулометрических фракций при определении на лазерном дифрактометре, %

Глубина, см	Фракции, мм				
	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
Серая лесная почва					
0–10	38	8	14	14	27
10–20	70	1	8	8	11
20–30	33	4	3	3	28
30–40	52	7	14	14	54
40–50	14	1	3	2	18
50–60	34	2	5	5	21
60–70	30	1	3	2	2
70–80	13	2	1	2	24
80–90	11	1	11	3	9
90–100	11	2	2	2	19
100–110	7	1	4	5	19
110–120	42	12	4	6	12
120–130	11	3	6	6	47
Дерново-глубокоподзолистая почва					
0–3	78	4	6	5	13
3–15	83	5	7	6	58
15–57	173	11	11	10	12
57–118	78	5	5	3	14
Эмбриозем инициальный					
0–10	не опр.	1	0	1	1
20–30	56	2	3	3	7
40–50	22	3	4	5	7
Эмбриозем органо-аккумулятивный					
0–10	9	5	6	6	69
20–30	7	3	5	7	24
40–50	33	9	20	20	84
Эмбриозем дерновый					
0–10	3	3	1	4	39
20–30	25	12	14	12	21
40–50	5	3	7	5	35
Эмбриозем гумусово-аккумулятивный					
0–10	6	5	7	4	24
20–30	2	1	2	2	18
40–50	6	4	3	2	131

Во-первых, при расчете диаметра условно принимается, что все частицы имеют сферическую форму, т.е. диаметр усредняется при сканировании лазером под разными углами. В таком случае элементарные почвенные единицы, имеющие плоскую форму, оказываются больше, чем сферические того же объема. А поскольку илестые отдельности часто имеют плоскую форму, они воспринимаются лазером, как более крупные.

Во-вторых, очень мелкие частицы дают очень большой угол преломления луча лазера, который может выйти за область, контролируемую датчиками.

Частицы менее 0,3 мкм не фиксируются стандартными лазерными анализаторами, а рассчитываются по энергетическому балансу пучка лазера. Следовательно, самые мелкие илистые отдельности представляют сложность для их регистрации и ограничивают возможность прямого учета прибором.

В-третьих, минералогия частиц (прозрачность, цвет) влияет на индекс преломления луча света, что сказывается на результатах расчета их диаметра. Однако, поскольку минералогический состав может играть роль в определении частиц разного размера, включая и более крупные фракции, данный фактор вряд ли оказал влияние на высокие значения коэффициента вариации именно для ила.

Поскольку при подготовке образцов, отобранных из эмбриоземов, получали большой объем суспензии, из которого лишь 20 мл переносили в приемник прибора для анализа, представляется важным оценить влияние данного дополнительного этапа работы на получаемые результаты. Для этого после первого определения на приборе часть суспензии из цилиндра вторично переносили в него и анализировали, и в каждом случае показания снимались трижды. В дальнейшем определялся коэффициент корреляции между результатами первого и второго внесения суспензии. При учете всех фракций результат оказался не вполне удовлетворительным в связи с большим разбросом значений, полученных для фракции мелкого песка. Однако без учета данной фракции значения коэффициента корреляции оказались высокими ($r = 0,96-0,99$), а это говорит о хорошей воспроизводимости результатов для всех остальных фракций и отсутствии необходимости повторного анализа.

Полученные методом лазерной дифрактометрии данные по содержанию ила были ниже, чем определенные методом Качинского. Напротив, содержание фракций мелкой и средней пыли – выше при использовании лазерного метода (табл. 2).

Таблица 2

Гранулометрический состав серой лесной почвы, определенный лазерным (в числителе) и седиментационным (в знаменателе) методами

Глубина, см	Фракции, мм / Содержание, %				
	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001
0–10	22,3 / 14,1	45,5 / 44,8	11,0 / 8,7	18,7 / 8,7	2,6 / 22,8
10–20	5,7 / 15,9	46,9 / 44,6	16,1 / 7,1	28,5 / 9,5	2,8 / 22,0
20–30	5,7 / 15,8	49,0 / 44,3	16,0 / 7,0	26,8 / 8,0	2,4 / 23,6
30–40	15,1 / 14,9	49,1 / 40,4	13,3 / 5,7	21,0 / 8,2	1,6 / 30,0
40–50	10,9 / 17,6	47,0 / 41,1	15,0 / 5,5	24,4 / 6,9	2,7 / 28,1
50–60	7,7 / 18,9	48,5 / 41,0	14,5 / 5,0	25,9 / 6,4	3,4 / 28,1
60–70	3,3 / 16,3	45,8 / 45,0	16,0 / 4,6	31,6 / 7,1	3,3 / 26,3
70–80	14,4 / 22,2	50,5 / 41,9	12,3 / 5,5	21,3 / 6,1	1,5 / 23,6
80–90	9,9 / 20,4	51,2 / 45,0	13,5 / 3,7	22,3 / 7,5	3,8 / 22,6
90–100	8,4 / 18,4	52,4 / 47,0	12,9 / 4,2	22,5 / 7,9	3,7 / 22,7
100–110	11,2 / 21,5	52,9 / 44,6	11,5 / 5,4	20,6 / 8,2	3,8 / 19,9
110–120	17,5 / 23,8	49,9 / 45,2	10,6 / 4,4	18,4 / 8,0	3,7 / 17,9
120–130	19,2 / 17,1	53,4 / 50,8	9,4 / 4,6	15,7 / 7,9	2,3 / 16,0

Аналогичный характер расхождения результатов для содержания ила, средней и мелкой пыли был выявлен и в ряде предшествующих работ [5, 7, 8, 12 и др.]. Объяснением этому могут служить следующие причины. Фракция мелкой пыли обогащена веществами органической природы, которые имеют более низкую плотность по сравнению с минеральными частицами, и поэтому характеризуются более низкой скоростью осаждения и при расчете по уравнению Стокса попадают во фракцию ила. Также в работе Г.Н. Федотова с соавт. [7] показано, что частицы почвы покрыты очень прочной оболочкой из органо-минеральных коллоидных структур, которые могут связывать элементарные почвенные частицы в более крупные агрегаты, что приводит к снижению скорости оседания (из-за уменьшения плотности и увеличения размера) и осложнению определения истинных параметров элементарных почвенных частиц, т.е. гранулометрического состава. В исследованной серой лесной почве содержание углерода составило 3% в верхнем пахотном горизонте, постепенно снижаясь до 1% в слое 40–60 см, и 0,3% – на глубине 1 м. Несмотря на такое содержание органического вещества в почвах, особенно в нижней части профиля, его достаточно, чтобы на поверхности почвенных частиц образовались коллоидные структуры, связанные между собой, способствующие снижению скорости осаждения частиц.

Кроме того, исследователи отмечают, что при проведении традиционного анализа делается ряд допущений, которые принимаются при расчете размера частиц по формуле Стокса (сферическая форма частиц, отсутствие турбулентных явлений в воде и взаимодействия между частицами, одинаковая плотность), которые приводят к возникновению систематических ошибок. Поэтому, несмотря на то что каждый из методов обладает определёнными методическими недостатками, представляется, что содержание ила, мелкой и средней пыли, определенное лазерным методом, более объективно отображает истинный гранулометрический состав почв.

Для фракции мелкого песка наблюдаемое расхождение результатов, полученных двумя методами, имело бессистемный характер и было вызвано, очевидно, указанными выше техническими ограничениями прибора. В то же время при определении содержания данной фракции методом седиментации ее относительно крупный размер обуславливает отсутствие некоторых перечисленных выше недостатков метода. Так, органо-минеральная оболочка будет иметь незначительный вес по сравнению с весом крупной песчаной частицы, следовательно, влияние её на скорость осаждения будет практически отсутствовать. Поэтому можно предположить, что результаты определения фракции мелкого песка методом Качинского весьма надежны и достоверны.

В отличие от всех других фракций, при определении крупной пыли двумя методами наблюдалось хорошее сходство результатов. При этом несколько большие значения были получены на приборе.

Несмотря на то что содержание фракций ила, мелкой и средней пыли в естественных почвах, полученное седиментометрией и лазерной дифрактометрией, различается в несколько раз, существенной разницы в содержании физической глины, которая является интегральной фракцией и включает частицы размером менее 0,01 мм, не наблюдалось (рис. 1). Это оказывается спра-

ведливым не только для этого исследования, но становится очевидным при анализе данных, приведенных в других работах.

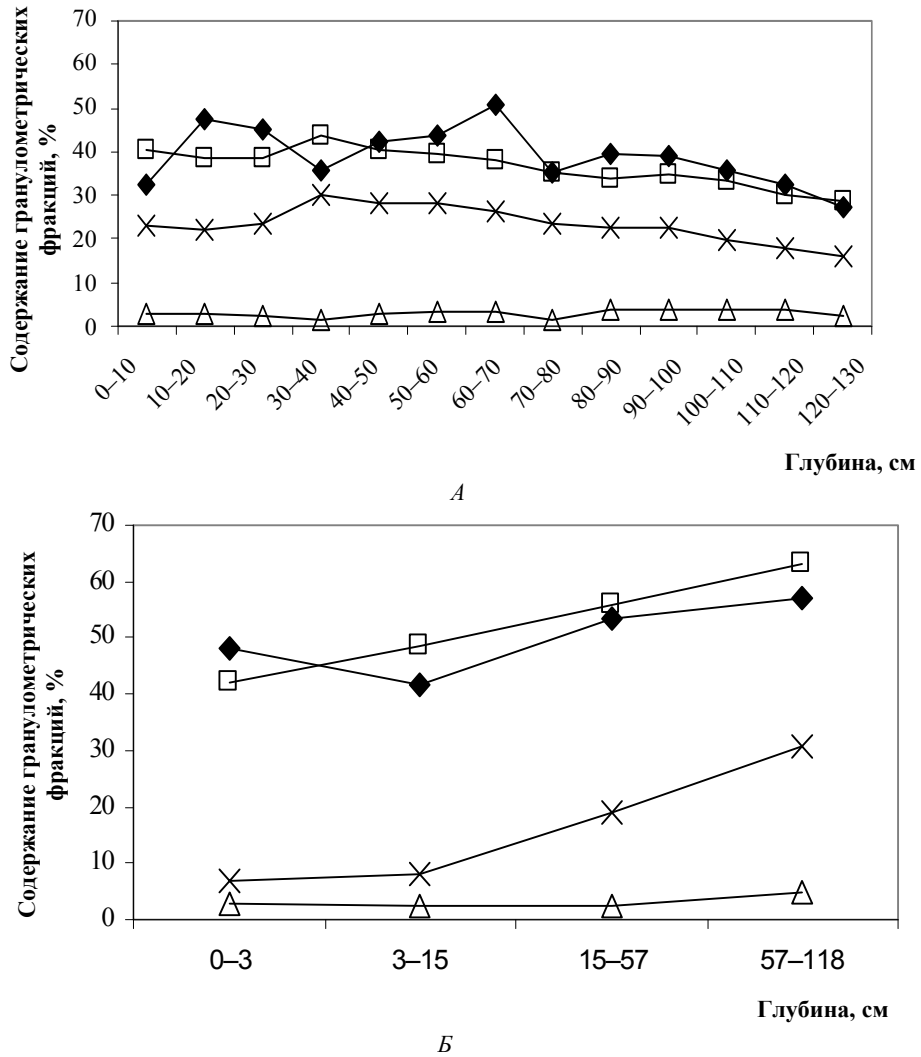


Рис. 1. Содержание фракций ила и физической глины, определенных седиментационным и лазерно-дифракционным методами, в естественных почвах: *А* – серая лесная почва, *Б* – дерновая глубокоподзолистая почва. □ – физическая глина, седиментационный анализ; ◆ – физическая глина, лазерно-дифракционный анализ; × – ил, седиментационный анализ; △ – ил, лазерно-дифракционный анализ

В то же время для молодых почв техногенных ландшафтов указанная закономерность не соблюдалась (рис. 2) и содержание физической глины, рассчитанное по данным, полученным двумя методами, различалось в несколько раз.

При этом количество ила и физической глины, определенное на основе лазерной дифрактометрии, было значительно ниже по сравнению с седиментометрией.

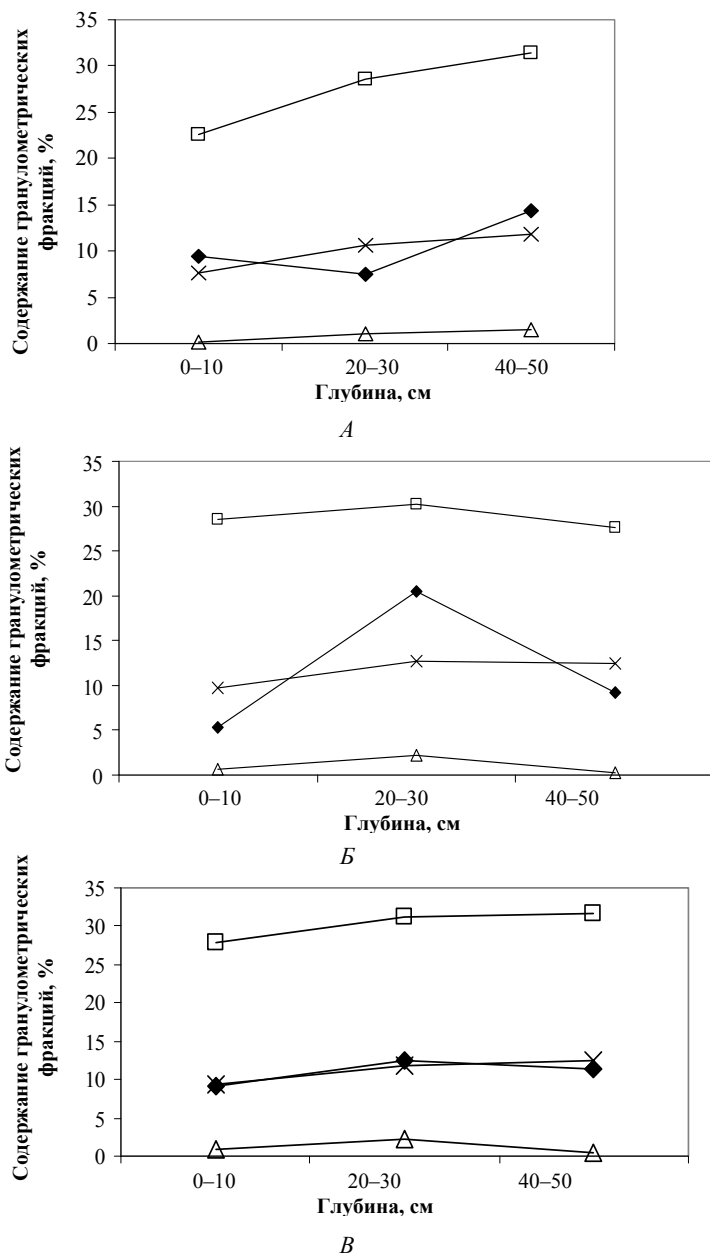


Рис. 2. Содержание фракций ила и физической глины (%), определенное седиментационным и лазерно-дифракционным методами в эмбриоземах: А – органо-аккумулятивный; Б – дерновый; В – гумусово-аккумулятивный. Условные обозначения см. на рис. 1

В эмбриоземах изученных отвалов находилось значительное количество углистых частиц и общее содержание углерода составило от 21 до 32% в зависимости от типа и глубины. При этом частицы угля обладали разными размерами и при проведении традиционного анализа, имея меньшую скорость осаждения, пополняли собой все более мелкие фракции. По-видимому, причины такого расхождения и заключаются в недооценке плотности частиц при проведении традиционного анализа.

Таким образом, определение размера и количества элементарных почвенных частиц затруднено в связи с накладываемыми ограничениями применяемых методов, а также осложняется наличием органического вещества. В целом проведенное сравнение результатов определения гранулометрического состава почв естественных и техногенных ландшафтов методами седиментации и дифрактометрии позволяет сделать следующие выводы:

1. Определение содержания фракций гранулометрического состава с использованием лазерного анализатора SALD-201V показало высокую сходимость результатов для крупной, средней и мелкой пыли, а в отношении мелкого песка и ила установлена повышенная вариабельность в связи с техническими ограничениями возможностей прибора, что следует учитывать при дальнейшей работе.

2. Сравнительный анализ двух методов показывает, что при лазерной дифрактометрии происходит завышение расчетных размеров частиц, имеющих плоскую форму, из-за усреднения их диаметра, а при седиментометрии – уменьшение определяемых размеров в связи с неверной оценкой плотности.

3. Оба метода – лазерной дифракции и седиментации – дают аналогичные результаты при исследовании содержания интегральной фракции физической глины в естественных почвах.

4. Наличие в почвах техногенных ландшафтов (культивируемые угольные отвалы) большого количества углистых частиц обуславливает значительную разницу в получаемых результатах определения ила и физической глины двумя методами.

Литература

1. Шейн Е.В. Курс физики почв. М.: Изд-во МГУ, 2005. 432 с.
2. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 192 с.
3. Андроханов В.А., Кулятина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск: Наука, 2004. 151 с.
4. Beuselinck L., Govers G., Poesen J., Degraer G., Froyen L. Grain-size analysis by laser diffractometry: comparison with the sieve-pipette method // Catena. 1998. Vol. 32, № 3–4. P. 193–208.
5. Taubner H., Roth B., Tippkötter R. Determination of soil texture: Comparison of the sedimentation method and the laser-diffraction analysis // Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2009. № 172. P. 161–171.
6. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы определения физических свойств почв и грунтов. М.: Высшая школа, 1961. 345 с.

7. Федотов Г.Н., Шейн Е.В., Путляев В.И. и др. Физико-химические основы различий седиментометрического и лазерно-дифракционного методов определения гранулометрического состава почв // Почвоведение. 2007. № 3. С. 310–317.
8. Блохин А.Н., Кулижский С.П. Оценка применения метода лазерной дифрактометрии в определении гранулометрического состава почв // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2009. № 1. С. 37–43.
9. Гаджиев И.М., Курачев В.М. и др. Генетические и экологические аспекты исследования и классификация почв техногенных ландшафтов // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов / Отв. ред. В.М. Курачев. Новосибирск: Наука, 1992. С. 6–15.
10. Почвы Новосибирской области / Под ред. Р.В. Ковалева. Новосибирск: Наука, 1966. С. 331–350.
11. Агрохимическая характеристика почв СССР (районы Западной Сибири). М.: Наука, 1968. С. 183–196.
12. Шейн Е.В., Милановский Е.Ю., Молов А.З. Гранулометрический состав: роль органического вещества в различиях данных седиментометрического и лазерно-дифракционного методов // Доклады по экологическому почвоведению. 2006. № 1, вып. 1. С. 17–30.

Поступила в редакцию 17.09.2010 г.

Sergey P. Kulizhskiy¹, Natalia G. Koronatova², Sergey Yu. Artymuk²,
Denis A. Sokolov², Tatiana A. Novokreshchennykh¹

¹ Biological Institute of Tomsk State University, Tomsk, Russia

² Institute of Soil Science and Agrochemistry of Siberian Branch
of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

COMPARISON OF THE SEDIMENTATION METHOD AND THE LASER-DIFFRACTION ANALYSIS DURING DETERMINATION OF SOIL TEXTURE OF NATURAL AND TECHNOGENIC LANDSCAPES

Comparison of the standard sieve-pipette method and the laser-diffraction analysis (SALD-201V, Shimadzu, Japan) during determination of soil texture of natural mountain-taiga and forest-steppe zones and technogenic landscapes of the Western Siberia is carried out as well as the convergence of obtained results is evaluated. It was determined that in soils of natural landscapes the obviously lower content of clay and the larger content of fine and medium silt were obtained with laser-diffraction in comparison with sedimentometry. At the same time in the young soils of technogenic landscapes the less content of the same fractions was revealed which is due to the nature of the organic matter in these soils. Little difference in results during determining of the integrated physical clay fraction in natural soils by two methods was obtained, in contrast to its constituent individual fractions. In general, promising use of laser diffractometers for the study of particle-size composition of soils was shown.

Key words: particle-size fractions; sieve-pipette method; laser-diffraction analysis; physical clay.

Received September 17, 2010