

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ И КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ

В почвоведении для оценки состояния почвы применяется большое количество характеристик, отражающих ее физическое состояние и химический состав. Почвоведы стандартизировали большинство методов анализа, что позволяет им получать сравнимые результаты независимо от того, где и кем они получены. Для этого достаточно только сослаться на примененный метод.

В рамках спецпрактикума студенты осваивают весь цикл работ – от подготовки почвы к анализу до представлений в систематизированном виде полученных результатов. После изучения всех методов и получения соответствующих данных студентами составляется сводная характеристика почвы и на ее основе оценивается плодородие.

В учебных целях определение характеристик почвы сгруппировано в несколько лабораторных работ.

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Работа 1. Общие правила работы в химической лаборатории и подготовка почвы к химическому анализу

Цель работы: напомнить студентам общие правила работы в химической лаборатории; подготовить почвенный образец путем удаления корней, новообразований, включений и его измельчения для дальнейшего определения в нем содержания различных химических элементов и установления физико-химических характеристик изучаемой почвы. Измельчение вещества перед анализом дает возможность более полного взаимодействия анализируемого вещества с реактивами.

Правила техники безопасности в химической лаборатории. Общие правила работы в химической лаборатории:

- обращение с химическими реактивами;
- оформление и ведение лабораторного журнала;
- правила взвешивания на аналитических и технических весах;
- правила приготовления процентных и титрованных растворов;
- правила титрования;
- правила фильтрования и прокаливания осадков;
- правила выпаривания растворов.

Содержание работы. Прежде всего почву готовят для отбора аналитической пробы. Для этого почвенный образец массой 600–750 г размещают на листе бумаги и удаляют из него корни, включения и новообразования. Дернину тщательно отряхивают от комочков почвы. Крупные комки почвы либо разламывают руками, либо дробят в фарфоровой ступке до комков диаметром 5 мм. Цель такого измельчения – получить более однородный образец и иметь возможность тщательно перемешать его при взятии средней пробы, которая должна характеризовать все свойства исследуемой почвы.

Среднюю пробу берут квартованием. Для этого измельченный дроблением образец после перемешивания располагают в виде квадрата или прямоугольника и делят диагоналями шпателем на четыре равные части. Две противоположные части высыпают в картонную коробку для дополнительных определений (структура, прочность). Ввиду того что в ходе Большого специального практикума (БСП) эти исследования не проводятся, мы продолжаем работу с полным почвенным образцом.

Далее отбирается лабораторная проба на определение органического углерода и азота. Почву тщательно перемешивают и распределяют по листу ровным слоем толщиной 0,5 см в виде квадратов или прямоугольников, которые делят горизонтальными и вертикальными линиями на небольшие квадраты или прямоугольники размером $3 \times 4 \text{ см}^2$.

Из каждого квадрата или через один берут шпателем небольшое количество почвы, захватывая ее на всю глубину слоя. Для определения органического углерода и азота требуется около 10 г почвы (десертная ложка). Если за один прием нужного количества набрать не удастся, то почву перемешивают, снова делят на квадраты и вновь берут пробы.

Взятую пробу распределяют на бумаге, тщательно отбирают корешки с помощью пинцета, раздавливая им комочки. Многочисленные корешки почвы дернового горизонта удаляют наэлектризованной стеклянной палочкой. Для этого ее натирают кусочком шерстяной ткани и быстро проводят ею над распределенной тонким слоем почвой. Мелкие корешки притягиваются к палочке. Палочку *нельзя держать слишком близко к почве* во избежание притягивания к ней илистых частиц!

После отбора корешков почву просеивают через сито с отверстиями диаметром 0,25 мм. Частицы почвы, остающиеся на сите, растирают в ступке с помощью пестика и просеивают повторно. Пробы тщательно перемешивают и хранят в пакетике из кальки, обозначив на нем номера разреза и глубины горизонта.

Оставшуюся после лабораторной пробы на *C* и *N* почву по частям растирают пестиком в фарфоровой ступке. Измельчение вещества перед анализом дает возможность более полного взаимодействия анализируемого вещества с реактивом. Почву в ступке по возможности растирают. Измельченный образец просеивают через почвенное сито с отверстиями диаметром 1 мм. Цель просеивания – отделение мелкозема от обломков минералов и горных пород. Почвенные агрегаты, оставшиеся на сите, снова измельчают в фарфоровой ступке и снова просеивают.

Просеянную почву хранят в бумажных пакетах с этикетками. Перед взятием навески образец необходимо хорошо перемешать!

Работа 2. **Определение гигроскопической влаги в почве**

Цель работы: установить содержание в почве влаги, адсорбированной на

поверхности почвенных частиц из воздуха, которая доступна для растений. Гигроскопическая влага находится в равновесии с водяным паром атмосферы и характеризует влажность воздушно-сухой почвы. Ее величина зависит от содержания в почве гумуса и глинистых частиц. Процент содержания влаги используется для пересчетов результатов анализа на абсолютно сухую навеску.

Методы работы. Содержание гигроскопической влаги устанавливают гравиметрическим (весовым) методом по разнице между массами воздушно-сухой навески почвы и высушенной при 100–105 °С, определенной с точностью до четвертого знака после запятой (т. е. все взвешивания проводятся на аналитических весах).

Содержание работы. Чисто вымытый тонкий стеклянный стаканчик с пришлифованной стеклянной крышкой (бюкс), предварительно высушенный при 100–105 °С, взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0001 г. Затем наполняют его примерно до половины воздушно-сухой почвой, пропущенной через сито с отверстиями диаметром 1 мм, и снова взвешивают с точностью, как указывалось ранее.

Стаканчик с почвой ставят открытым в сушильный шкаф, причем крышку устанавливают сверху в вертикальном положении. И крышку, и стаканчик следует подписать карандашом. Почву высушивают в сушильном шкафу при 100–105 °С в течение 5 ч.

По окончании высушивания стаканчики вынимают щипцами, закрывают крышками и ставят в эксикатор для охлаждения. Эксикатор аккуратно переносят в весовую комнату, придерживая крышку большими пальцами. После охлаждения в течение 20–30 мин бюксы взвешивают на аналитических весах закрытыми и по потере в весе вычисляют содержание гигроскопической влаги в почве.

Представление результатов. Результаты всех взвешиваний и расчеты должны быть представлены в следующей форме:

№ образца	Масса бюкса a	Масса бюкса с исходной навеской b	Навеска почвы $b - a = c$	Результаты взвешивания после сушки d	Масса абсолютно сухой почвы $d - a = e$	Потеря в массе почвы $c - e = f$	Содержание гигровлаги $(f/e) 100$ %
-----------	--------------------	--	------------------------------	---	--	-------------------------------------	---

Работа 3. Определение pH водной и солевой вытяжки

Цель работы: определить реакцию почвенного раствора с целью оценки ее благоприятности для произрастания растений, растворимости различных химических соединений, развития микрофлоры.

Кислая и щелочная среды почвенного раствора губительны для живущих в почве полезных микроорганизмов, а нейтральная, слабокислая и слабощелочная реакции благоприятны. Для большинства культурных растений наиболее приемлемыми являются нейтральная и слабокислая реакции. Реакция почвенного раствора оказывает влияние на растворимость различных химических веществ, определяя химический состав почвы.

Кислотность водной вытяжки характеризует актуальную реакцию почв, а солевой – почвенную обменную кислотность.

Методы работы. Определяют pH в водной и солевой суспензиях почвы потенциометрическим методом (с помощью pH-метра).

Содержание работы. На технических весах отвешивают два раза по 10 г почвы, просеянной через сито диаметром мм. Навески помещают в химические стаканчики и приливают мерной колбой к одной из них 25 мл воды, а к другой – 25 мл 1 н раствора хлорида калия. Вытяжки оставляют на сутки. Через сутки прямо в суспензии, не взбалтывая осадок, определяют pH водной и солевой вытяжек с помощью pH-метра.

Представление результатов. Запись полученных значений pH почвенных вытяжек, качественная оценка полученным данным.

Реактивы. 1. 0,1 н раствор KCl.

Работа 4. Определение легкорастворимых фосфатов, обменных натрия и калия.

Цель работы: определить количество доступных для растений фосфатов, соединений калия и натрия..

В растения фосфор поступает исключительно из почвы, где он находится в форме органических соединений либо в виде минеральных, главным образом фосфорнокислых, солей кальция, магния, алюминия и железа. Установлено, что растения в состоянии поглощать не только водорастворимые, но и растворимые в слабых кислотах фосфорные соли.

При содержании подвижных фосфатов менее 10 мг в 100 г почвы растения испытывают недостаток фосфора; при содержании 10–20 мг степень их нуждаемости в фосфорных удобрениях оценивается как средняя; если содержание фосфатов больше 20 мг, считается, что они достаточно обеспечены фосфором. В ряду растений овощные – корнеплоды – зерновые потребность в доступных фосфатах снижается.

Методы работы. Определение проводится в вытяжке Кирсанова. Для этого фосфаты извлекают из почвы раствором HCl и переводят с помощью молибденовокислого аммония в серной кислоте в окрашенный комплекс («молибденовую синь»).

Затем количество легкорастворимых фосфатов устанавливают фотоколориметрическим методом. Суть метода заключается в том, что с помощью фотоэлектроколориметра проводят сравнение оптической плотности исследуемого раствора с оптическими плотностями эталонных растворов, содержащих известные концентрации определяемого вещества.

Содержание работы. 5 г воздушно-сухой почвы, пропущенной через сито с отверстиями диаметром 1 мм, отвешивают на технических весах, помещают ее в коническую колбу емкостью 100 мл и приливают пипеткой 25 мл 0,2 н раствора соляной кислоты. Содержимое колбы взбалтывают в течение 1 мин, оставляют стоять на 15 мин и фильтруют в заранее приготовленную чистую колбу через воронку с обычным фильтром. Берут

пипеткой часть фильтрата (5–10 мл), помещают в мерную колбу емкостью 50 мл, разбавляют дистиллированной водой примерно до половины ее объема. Добавляют в колбу индикатор α - или β -динитрофенол и для нейтрализации раствора прибавляют по каплям 10 %-ый раствор аммиака до желтой окраски, а затем обесцвечивают этот раствор каплями 10 %-го раствора серной кислоты. После этого приливают 2 мл 2,5 %-го раствора молибденовокислого аммония в серной кислоте и перемешивают содержимое колбы круговыми движениями. Прибавляют три капли 2,5 % раствора хлористого олова в качестве восстановителя, доводят объем раствора дистиллированной водой до метки, закрывают пробкой и перемешивают, для чего несколько раз переворачивают колбу.

Сравнение окрасок проводят фотометрическим методом спустя 5–10 мин после добавления и восстановителя. Если окраска окажется слишком слабой, определение повторяют с большим количеством жидкости. В случае если окраска раствора не синяя, а зеленоватая, следует обратиться к преподавателю.

Вычисления концентрации определяемого вещества в растворе проводится графическим методом. Для этого по величине оптической плотности эталонных растворов вычерчивают калибровочный график и по нему находят концентрацию определяемого вещества.

Измерение оптической плотности эталонных и анализируемых растворов должно быть проведено с одним и тем же светофильтром, в одной кювете, с одним нулевым раствором и из мерных колб одинаковых объемов.

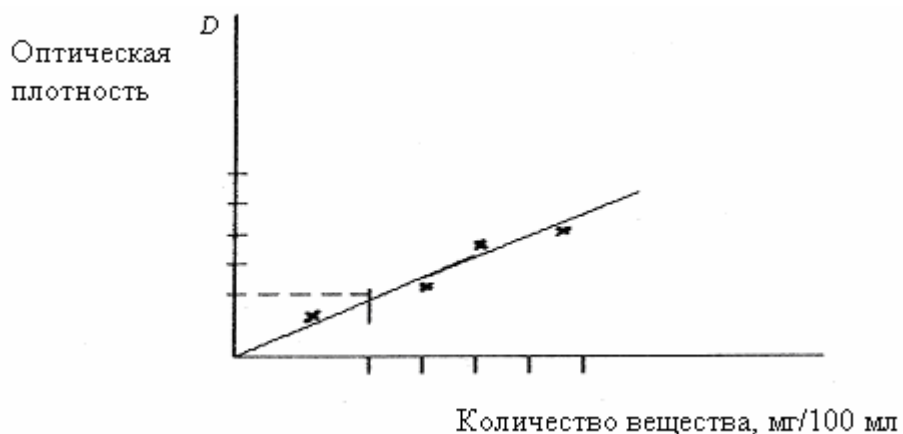
На графике указывают, для какого элемента (соединения) он составлен, с каким светофильтром и в какой кювете (длина рабочей грани) проведены измерения оптической плотности, на какой объем рассчитана концентрация эталонного раствора.

Калибровочный график вычерчивают, откладывая на оси ординат величины оптической плотности эталонных растворов, а на оси абсцисс – концентрацию этих растворов, после чего проводят прямую от начала

координат через пересечение перпендикуляров, восстановленных из отложенных на оси абсцисс и на оси ординат точек.

Измерив оптическую плотность анализируемого раствора, находят на оси ординат точку, соответствующую данному значению оптической плотности, проводят из нее линию до пересечения с графиком, и опускают из точки пересечения перпендикуляр на ось абсцисс. По точкам пересечения отсчитывают концентрацию определяемого вещества в данном растворе и пересчитывают на 100 г почвы.

Аликвота, равная 10 (5) мл, соответствует 2 (1) г почвы. В этом случае для пересчета содержания P_2O_5 на 100 г следует найденное по калибровочному графику значение содержания фосфатов в растворе умножить на 50 (100).



Представление результатов. Полученные результаты должны быть представлены в виде калибровочного графика и расчетов содержания P_2O_5 в 100 г почвенных образцов.

Реактивы.

1. 0,2 н HCl . Берут 16,4 мл HCl пл. 1,19, разбавляют дистиллированной водой до 1 л и перемешивают.

2. Раствор молибденовокислого аммония в 10 н H_2SO_4 . В колбу из термостойкого стекла, поставленную на асбест, наливают 500 мл дистиллированной воды и осторожно вливают в нее при помешивании 280 мл H_2SO_4 пл. 1,84. Берут 25 г х. ч. $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$, растворяют в 200 мл нагретой до 60 °С дистиллированной воды. При наличии механических примесей раствор фильтруют и охлаждают до комнатной температуры.

Водный раствор молибденовокислого аммония вливают небольшими порциями при постоянном помешивании в раствор серной кислоты. После охлаждения до комнатной температуры общий объем раствора доводят дистиллированной водой до 1 л.

3. Раствор двухлористого олова. Берут 2,5 г $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и растворяют при нагревании в 24 мл HCl пл. 1,19. После охлаждения приливают дистиллированную воду до 100 мл.

4. Индикатор $\alpha(\beta)$ -динитрофенол. 0,25 г соли $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_5\text{N}_2$ растворить в 100 мл воды при нагревании до 50 °С. На следующий день слить прозрачный раствор с выпавших кристаллов и использовать в работе, а кристаллы сохранить.

5. 10 % NH_4OH .

6. 10 % H_2SO_4 .

Определение Na^+ и K^+ осуществляется пламенно-фотометрическим методом в этих же вытяжках.

Принцип количественного определения калия и натрия на пламенном фотометре основан на том, что каждый элемент имеет свой характерный спектр излучения, а интенсивность спектра зависит от концентрации элемента. Концентрацию веществ в испытуемом растворе сравнивают с концентрацией искомых веществ в эталонных растворах, а затем пересчитывают на 100 г почвы.

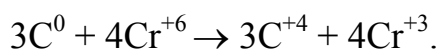
Работа 5. Определение гумуса почв

Цель работы: определить в почве содержание гумуса, важнейшего фактора плодородия.

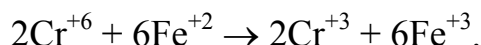
Органические вещества в значительной степени определяют направление процессов почвообразования. Деятельность растений, животных и микроорганизмов обуславливает накопление органического углерода в почве в виде гумуса. На процессы гумусообразования и гумусонакопления

существенно влияют климатические условия. Гумусовые вещества способствуют формированию оптимальной для растений почвенной структуры, являются важнейшим резервом зольных элементов в почве. Таким образом, они определяют ряд ее физических и химических особенностей.

Методы работы. Определение проводится методом Тюрина, основанным на окислении гумуса почв избытком $K_2Cr_2O_7$. Окисление происходит в сильноокислой среде и сопровождается восстановлением шестивалентного хрома в трехвалентный:



Избыток бихромата в растворе после окисления гумуса титруют раствором соли Мора, восстанавливая избыток шестивалентного хрома до трехвалентного, с использованием фенилантраниловой кислоты в качестве индикатора:



По разности бихромата до и после окисления находят содержание органического углерода в почве.

Содержание работы. На аналитических весах в двух повторностях отвешивают навески почвы 0,05–0,5 г (в зависимости от интенсивности окраски почвы) с диаметром частиц меньше 0,25 мм в маленьких пробирках и переносят их в сухие узкогорлые конические колбы объемом 100 мл. По разности в весе пробирки с почвой и без нее находят точную величину взятой навески.

Навески по каплям (ввиду большой вязкости жидкости) заливают 10 мл 0,4 н раствора бихромата калия в разбавленной (1 : 1) серной кислоте, каждый раз спуская раствор от нулевого деления бюретки. Медленное и одинаковое по времени приливание раствора бихромата в колбочки с навесками почвы — одно из условий получения воспроизводимых результатов!

Содержимое колбочек осторожно перемешивают круговым движением,

следа за тем, чтобы частицы почвы не остались на их стенках, и закрывают маленькими воронками или холодильниками для охлаждения водяных паров.

Колбочки кипятят на плитке. Следует помнить, что это очень ответственная операция! При нагревании сначала выделяются мелкие пузырьки поглощенного почвой воздуха и CO_2 , а затем начинается кипение. Кипение раствора должно быть еле заметным, т. е. выделение пузырьков CO_2 , образующихся от окисления органических веществ почвы, должно быть обильным, но сами пузырьки должны быть чуть больше макового зернышка.

Кипятить раствор необходимо точно 5 мин (следить по песочным часам). Отсчет времени производится с появления первого относительно крупного пузырька газа. Спокойное и слабое кипение протекает при температуре около 140–180 °C, когда хромовая кислота еще не разлагается. При бурном кипении происходит испарение воды, кислотность раствора увеличивается и часть хромовой кислоты разрушается. Это сказывается на точности определения.

В процессе кипячения окраска раствора изменяется от оранжевой до буровато-коричневой. Появление зеленой окраски будет свидетельствовать о том, что хромовой кислоты или недостаточно для окисления органических веществ, или она полностью израсходована. В этом случае повторяют определение, уменьшив навеску.

По окончании кипячения колбу снимают с плитки и дают ей охладиться. В случае необходимости на этом этапе работу можно прервать и продолжить в другое время.

Для холостого опыта в три колбочки насыпают около 0,2 г растертой прокаленной пемзы, которую также заливают 10 мл хромовой смеси и кипятят 5 мин.

Далее обмывают холодильник и горло колбы небольшим количеством воды (из промывалки), прибавляют 5–6 капель фенилантраниловой кислоты в качестве индикатора и титруют 0,2 н раствором соли Мора до перехода окраски в зеленую.

При избытке восстановителя индикатор переходит из окисленной

(красно-фиолетовой) в восстановленную (бесцветную) форму, вследствие чего становится заметной зеленая окраска трехвалентного хрома. Поскольку окраска индикатора изменяется резко, соль Мора под конец титрования приливают по каплям, постоянно перемешивая раствор энергичным взбалтыванием.

Холостые пробы оттитровываются аналогичным образом для определения нормальности раствора бихромата калия, полученный результат усредняют.

Нормальность раствора соли Мора устанавливают и проверяют по 0,1 н раствору KMnO_4 , приготовленному из фиксанала. Для этого в три колбочки наливают через бюретку по 10 мл соли Мора и титруют ее раствором перманганата калия до появления слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин.

Представление результатов. Нормальность вычисляют по формуле

$$N_{\text{соли Мора}} = \frac{N_{\text{KMnO}_4} \cdot V_{\text{KMnO}_4}}{V_{\text{соли Мора}}} = \frac{0,1 \text{ н} \cdot V_{\text{KMnO}_4}}{V_{\text{соли Мора}}},$$

$$N_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{N_{\text{соли Мора}} \cdot V_{\text{соли Мора}}}{V_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}} = \frac{N_{\text{соли Мора}} \cdot V_{\text{соли Мора}}}{10 \text{ мл}}.$$

Процентное содержание углерода вычисляют по формуле

$$\frac{(a \cdot N_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} - b \cdot N_{\text{соли Мора}}) \cdot 0,003 \cdot 100}{m_{\text{H}}},$$

где a – количество раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (мл), взятое для окисления органических веществ; b – количество соли Мора (мл), затраченное на титрование избытка хромовой кислоты; m_{H} – навеска воздушно-сухой почвы (г); 0,003 – количество углерода (мг · экв).

Содержание органического углерода в почве обычно принято пересчитывать на содержание гумуса, то есть на общее содержание

органических веществ в почве. Для этого процентное содержание углерода умножают на коэффициент, равный 1,724.

Реактивы.

1. 0,4 н раствор $K_2Cr_2O_7$ в разбавленной (1 : 1) серной кислоте. 40 г кристаллического $K_2Cr_2O_7$ полностью растворяют примерно в 500 мл дистиллированной воды, затем раствор переносят в мерную колбу, доводят объем до 1 л и переливают в большую колбу из термостойкого стекла. К этому раствору под тягой небольшими порциями (примерно по 100 мл) приливают 1 л концентрированной H_2SO_4 при постоянном и осторожном помешивании. Дожидаются полного охлаждения раствора, переливают его в емкость с притертой крышкой

2. 0,2 н раствор соли Мора. Берут 80 г соли $(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$ (побуревшие кристаллы непригодны, годятся только голубые), помещают в колбу и заливают примерно 700 мл 1 н раствора H_2SO_4 . Раствор взбалтывают до полного растворения соли, фильтруют и доводят его объем в мерной колбе до 1 л. Готовый раствор хранят в темном месте, его титр со временем меняется, поэтому при каждом использовании он определяется заново.

3. 0,1 н раствор $KMnO_4$ готовят из фиксанала.

4. Раствор фенилантраниловой кислоты $C_{13}H_{11}O_2N$. Фенилантраниловую кислоту в количестве 0,2 г перемешивают в фарфоровой чашке стеклянной палочкой с несколькими миллилитрами 0,2 %-го раствора Na_2CO_3 (всего готовят 100 мл Na_2CO_3) до пастообразного состояния, а затем добавляют остальное количество раствора соды.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Работа 6. Определение плотности твердой фазы почвы (удельного веса)

Цель работы: определить плотность твердой фазы почвы как физического тела. Под плотностью твердой фазы почвы понимают отношение массы твердой части почвы (почвы без скважин) к единице

объема. Она зависит от химического, минералогического состава и определяется средней плотностью веществ, составляющих данную почву, и их относительным содержанием. Чем богаче гумусом почва, тем меньше плотность твердой фазы. Знание плотности почвы необходимо для проведения гранулометрического анализа.

Методы работы. Плотность твердой фазы почвы определяют с помощью пикнометра – мерного сосуда, позволяющего учитывать объем жидкости с большой точностью. Он очень хрупкий, неустойчивый, будьте внимательны и аккуратны при работе с ним! Принцип пикнометрического метода заключается в определении объема воды, соответствующего объему почвы, взятой для анализа.

Содержание работы. На аналитических весах взвешивают сухой пикнометр вместе с пробкой, подписывают его шлиф и шлиф пробки. Наполняют пикнометр дистиллированной водой так, чтобы поверхность воды над горлышком была выпуклая, закрывают пробкой (без пузыря воздуха), обтирают насухо и взвешивают на аналитических весах. Обязательно записывают температуру воздуха, соответствующую температуре воды.

Отвешивают на кальке почву с диаметром частиц меньше 1 мм, чтобы впоследствии в пикнометре она заняла примерно четверть его объема. Аккуратно пересыпают почву в пикнометр, с помощью узкой трубочки из кальки. Записывают массу кальки после высыпания почвы и считают точную навеску почвы.

Обмывая горлышко с оставшимися в нем частицами почвы, заливают пикнометр водой до половины его объема, осторожно перемешивают почву с водой, не размазывая по стенкам пикнометра.

Пикнометр кипятят в течение 1 ч для удаления воздуха. Он очень неустойчив! Кипение не должно быть бурным!

Затем пикнометр охлаждают, доливают до верха водой, закрывают пробкой, обтирают снаружи и взвешивают.

Представление результатов. Сначала рассчитывают объем почвы по формуле

$$(m_{\text{в}} - (m_{\text{в+п}} - m_{\text{н}})) / \rho_{\text{в}},$$

где $m_{\text{в}}$ – масса воды, помещающейся в пикнометре; $m_{\text{в+п}}$ – масса содержимого пикнометра, заполненного водой с почвой; $m_{\text{н}}$ – масса воздушно-сухой навески почвы; $\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, соответствующая определенной температуре (Вадюнина, Корчагина, 1986).

Затем найденное значение объема почвы подставляется в формулу

$$\rho = m / v,$$

где ρ – плотность твердой фазы почвы; m – масса абсолютно сухой навески почвы, равна $m_{\text{н}} \cdot 100 / (100 \% \text{ гигровлаги})$; v – объем почвы.

Работа 7. Определение гранулометрического состава почв

Цель работы: определить гранулометрический состав почвы как важного показателя плодородия и генезиса почв.

Методы работы. Определение проводится методом Н. А. Качинского, который включает в себя предварительную подготовку образца к анализу (декальцирование и растворение гумусовых веществ) и последующее определение гранулометрического состава по средней пробе в стоячей воде методом пипетки.

Отдельные фракции мелкозема определяются по скорости падения частиц в стоячей воде, зависящей от плотности твердой фазы почв, размеров частиц, температуры раствора и плотности воды. Скорость падения частиц описывается законом Стокса.

Содержание работы. Предварительно взвесить на аналитических весах стеклянный стаканчик и бумажный фильтр, помещенный в него.

На аналитических весах отвесить в двух повторностях 10 (для суглинистой), 15 или 20 г (для супесчаной) почвы, растертой для анализа пестиком с резиновым наконечником и пропущенной через сито с диаметром отверстий 1 мм. Навески поместить в подписанные фарфоровые чашки.

Если почва некарбонатная, ее готовят к анализу описанным ниже способом.

Смачивают почву в чашке 0,05 М раствором HCl, постепенно перенося ее на фильтры (один из них предварительно взвешен) и промывая соляной кислотой до исчезновения реакции на ион Ca^{2+} .

Проверка на Ca^{2+} . В небольшую порцию фильтрата по каплям добавляют 10 %-й раствор NH_4OH до появления запаха аммиака для его нейтрализации, затем подкисляют раствор несколькими каплями CH_3COOH , добавляют 4 % щавелевокислый аммоний и нагревают жидкость до кипения. На присутствие ионов Ca в фильтрате укажет выпавший осадок CaC_2O_4 .

Далее почву отмывают от ионов Cl^- дистиллированной водой, проверяют полноту отмывки 5 %-м раствором AgNO_3 . *В случае прохождения коллоидов через фильтр (появление мути в фильтрате) промывание прекращается даже при наличии реакции на Cl!*

В почве на воронке с заранее взвешенным фильтром определяют потерю от обработки HCl. Для этого ее переносят вместе с фильтром в заранее взвешенный стаканчик, высушивают при 105 °C и взвешивают.

Проба с невзвешенного фильтра поступает в анализ для определения гранулометрического состава. Ее смывают слабой струей дистиллированной воды из промывалки в фарфоровую чашку, сам фильтр очищают от приставших частиц стеклянной палочкой и отжимают до тех пор, пока из него не пойдет прозрачная вода, т. е. не будет иловатых частиц.

Суспензию из фарфоровой чашки переносят в коническую колбу емкостью не менее 300 мл, при необходимости в нее доливают дистиллированную воду до объема 200 мл. Прибавляют 1 Н раствор NaOH, исходя из емкости поглощения почвы (1 мл на 10 мг/экв.). Колбы оставляют на 2 ч, при этом через каждые 15 мин их необходимо встряхивать вручную.

Затем дисперсию кипятят, закрыв холодильником для расклеивания илистых частиц в течение 1ч. Кипение не должно быть бурным (вспенивание не должно задевать холодильник).

После охлаждения до комнатной температуры прокипяченная навеска почвы пропускается через металлическое сито с диаметром отверстий 0,25 мм. Сито устанавливают на воронку, а воронку на цилиндр диаметром 6–8 см и высотой не менее 25 см. Переносить почву необходимо аккуратно, без разбрызгивания. Оставшуюся на сите почву промывают из промывалки и протирают пальцем через сито.

Оставшиеся на сите частицы почвы размером от 0,25 до 1 мм при помощи промывалки переносят в чашку, а затем в предварительно взвешенный алюминиевый бюкс, из которого далее выпаривается вода, а оставшаяся фракция взвешивается.

Дисперсия в цилиндре доливается дистиллированной водой до 1 л, при этом высота столбика жидкости должна превышать 25 см. Анализ проводится пипет-методом с учетом скоростей падения частиц в воде по формуле Стокса

$$v = 2/9 \cdot g \cdot r^2 \cdot (\rho_1 - \rho) / \eta,$$

где g – ускорение свободного падения; r – радиус падающей частицы; ρ_1 – плотность частицы; ρ – плотность воды; η – вязкость воды.

Приняты следующие глубины погружения пипетки для выделения фракций различной крупности:

< 0,050 мм – 25 см;

< 0,010 мм – 10 см;

< 0,005 мм – 10 см;

< 0,001 мм – 7 см

Сроки взятия проб варьируют в зависимости от температуры дисперсии и плотности твердой фазы почвы. Цилиндры защищают от света, пыли, перепадов температуры.

В отдельный цилиндр с водой помещают термометр и фиксируют температуру трижды: после взбалтывания дисперсии, в середине интервала отстаивания дисперсии и перед титрованием. По трем измерениям выбирают среднюю температуру воды, которую и принимают во внимание при выборе

скорости падения частиц почвы в воде.

Взятие пробы дисперсии. Пробы отбираются специальной пипеткой на 25 мл с метками 7, 10 и 25 см. По истечении указанного срока, необходимого для взятия частиц заданной крупности, пипетку вводят в цилиндр, стремясь попасть внутрь его поперечного сечения. Во избежание создания токов засасывание пробы производят медленно, примерно в течение 20 с.

Дисперсию в количестве 25 мл засасывают с определенной глубины в пипетку, сливают в предварительно взвешенный алюминиевый бюкс, выпаривают воду и определяют вес искомой фракции.

Представление результатов. В первую очередь вычисляется потеря от обработки HCl по формуле

$$\Delta m / m_{\text{аб. сух}} \cdot 100 \%,$$

где Δm – потеря в весе, г; $m_{\text{аб. сух}}$ – навеска абсолютно сухой почвы.

В некарбонатных почвах потеря от обработки HCl небольшая и приходится в основном на несиликатные формы железа и алюминия. В этом случае ее прибавляют к илистой фракции. В карбонатных почвах потерю от обработки HCl указывают отдельно, включая ее в 100 % гранулометрического состава.

Результаты работы оформляются в виде таблицы. В соответствии с ней дается название почвы по гранулометрическому составу.

Работа 8. Оценка результатов анализа почв

Цель работы: на основе имеющихся критериев дать оценку обеспеченности почв элементами минерального питания.

Содержание работы. По результатам анализов физических и химических свойств почвенных образцов дается заключение об уровне плодородия почв и о необходимых мероприятиях по улучшению их свойств.

Представление результатов. Результаты работы оформляются в виде сводных таблиц всех анализов.

Вопросы для самопроверки

1. Для чего измельчается почвенный образец?
2. В чем суть просеивания?
3. Какая вода называется гигроскопической?
4. Чем определяется содержание гигровлаги в почве?
5. С какой целью определяют гигровлагу в почве?
6. На что влияет реакция почвенного раствора?
7. Почему значения рН водной и солевой вытяжек отличаются друг от друга?
8. Чем обусловлен выбор реактива для получения вытяжки Кирсанова с легкорастворимыми фосфатами?
9. В чем суть метода определения легкорастворимых фосфатов в вытяжке Кирсанова?
10. На чем основывается определение органического углерода мокрым сжиганием по Тюрину?
11. В чем суть определения натрия и калия пламенно-фотометрическим методом?
12. Какие ионы оказывают наиболее неблагоприятное воздействие на растения?
13. С какой целью определяется плотность твердой фазы почвы?
14. В чем суть метода определения гранулометрического состава почвы по Качинскому?
15. Какую информацию можно извлечь из знания гранулометрического состава почвы?

Список рекомендуемой литературы

- Агрохимические методы исследования почв / Под ред. ч-корр. АН СССР А. В. Соколова, М., 1975.
- Александрова Л. Н., Найденова О. А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Л., 1986.
- Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М., 1970.
- Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы изучения физических свойств почв. М., 1986. С. 38.
- Воробьева Л. А. Химические методы анализа почв. М., 2001.
- Орлов Д. С., Гришина Л. А. Практикум по химии гумуса. М., 1981.
- Практикум по агрохимии / Под ред. В. Г. Минеева. М., 1989.