

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»

**О. В. Щеголихина, Н. В. Митин**

## **ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ, СОСТАВ И ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ**

Практическое пособие  
для студентов специальности 1 – 75 01 01 «Лесное хозяйство»

Гомель  
ГГУ им. Ф. Скорины  
2017

УДК 631.4(076)  
ББК 40.3я73  
Щ344

Рецензенты:  
кандидат сельскохозяйственных наук Н. И. Булко,  
кандидат биологических наук А. В. Гулаков

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
учреждения образования «Гомельский государственный  
университет имени Франциска Скорины»

**Щеголихина, О. В.**

Щ344 Почвообразование, состав и особенности почв : практическое  
пособие / О. В. Щеголихина, Н. В. Митин ; М-во образования  
Республики Беларусь, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. –  
Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. – 47 с.  
ISBN 978-985-577-344-4

Целью практического пособия является оказание помощи студен-  
там в выполнении лабораторных работ по курсу «Почвоведение с осно-  
вами земледелия»: почвообразование, состав и особенности почв. Изда-  
ние включает основные понятия по темам курса, вопросы для само-  
контроля, лабораторные работы и требования по их выполнению

Адресовано студентам специальности 1–75 01 01 «Лесное хозяйство».

ISBN 978-985-577-344-4

© Щеголихина О. В., Митин Н. В., 2017  
© Учреждение образования «Гомельский  
государственный университет  
имени Франциска Скорины», 2017

## Оглавление

Предисловие .....	4
Тема 1. Морфологические признаки почв .....	5
Тема 2. Минералогический, гранулометрический и химический состав почв .....	12
Тема 3. Водный режим и водные свойства почв .....	25
Тема 4. Физические и физико-механические свойства почвы .....	30
Тема 5. Кислотность, щелочность и буферность почв .....	38
Литература .....	47

## Предисловие

Для характеристики лесорастительных свойств почв необходимо тщательное исследование их водно-физических и физико-химических свойств. Знание лесорастительных свойств почв позволяет более полно использовать их естественное плодородие и определить пути повышения его в процессе лесовыращивания.

Почвы под лесом становятся непосредственным объектом хозяйственной деятельности человека, то есть средством производства и объектом труда. Такие лесохозяйственные мероприятия, как рубки ухода, рубки главного пользования, внесение удобрений, осушение, являются сильными средствами воздействия на биологическое состояние почвы. Многообразны и сложны агротехнические приемы воздействия на почву при широком развитии лесокультурного дела. В этой связи знания о почве, ее происхождении, элементном составе и свойствах находят широкое практическое применение в лесном хозяйстве. Инженеру лесного хозяйства знания закономерностей почв необходимы в повседневной практической деятельности.

Необходимо отметить, что характер почвенных исследований – их направленность, круг рассматриваемых вопросов, глубина изучения почв определяется характером тех лесохозяйственных мероприятий, для которых эти исследования проводятся. В данной работе освещаются наиболее широко распространенные методы водно-физических и физико-химических исследований почв.

Целью практического пособия является оказание помощи студентам в выполнении лабораторных работ по курсу «Почвоведение с основами земледелия». Практическое пособие включает основные понятия по темам курса, вопросы для самоконтроля, лабораторные работы и требования по их выполнению, адресовано студентам специальности 1–75 01 01 «Лесное хозяйство».

# Тема 1. Морфологические признаки почв

- 1.1 Подготовка почвенных образцов к проведению анализов.
- 1.2 Изучение морфологических признаков почв.
- 1.3 Описание, оценка окраски почвенных структур.
- 1.4 Определение степени влажности.
- 1.5 Определение механического состава полевым методом при скалывании сырых почв, при растирании сухих почв.

## Основные понятия по теме

Образцы почвы хранят в сухом изолированном помещении. В сыром помещении в образцах могут происходить различные биологические и химические процессы, изменяющие естественный состав почвы. Обычно на анализ поступает не весь образец. Выделение части образца называется взятием средней пробы. Под *средней пробой* понимают определенное, выделенное из образца, количество почвы, которое характеризует средний состав и качество всего образца. Из взвешенной средней пробы пинцетом выбирают органические остатки. Если образец взят тщательно, не засорен элементами подстилки, то органическими остатками будут являться главным образом корни древесной и травянистой растительности. Если такой отбор не провести, то остатки будут мешать проведению анализов. После отделения органических остатков среднюю пробу необходимо просеять через сито с отверстиями в 1 мм. Оставшиеся на сите комочки почвы помещают в фарфоровую ступку и раздавливают деревянным пестиком. Если растирать комочки фарфоровым пестиком, то можно разрушить кусочки минералов и горных пород, тогда данные механического анализа такой почвы будут неверны. В процессе растирания почвенных комочков в ступке могут освобождаться корешки растений, которые следует выбирать пинцетом и присоединять к ранее отобранному органическому остатку. После растирания комочков в фарфоровой ступке содержимое ступки пропускают через сито. Так продолжают до тех пор, пока на сите ничего не останется или останутся лишь частицы горной породы крупнее 1 мм. Оставшиеся на сите частицы крупнее 1 мм называются скелетом почвы, а частицы меньше 1 мм, прошедшие через сито, – почвенным мелкоземом. Почвенный мелкозем хранят в пакетиках или банках с притертыми пробками. Отделенные органические остатки

и скелет взвешивают отдельно и вычисляют процентное содержание их во взятой средней пробе.

К внешним морфологическим признакам почвы относятся: *строение; мощность профиля и отдельных генетических горизонтов; окраска; механический (гранулометрический) состав; структура; сложение; новообразования; включения; влажность; степени плотности, характера перехода одного горизонта в другой, распространения корневой системы.*

На основе морфологических признаков почвы на боковой поверхности почвенного разреза выделяются генетические слои или горизонты почв. Затем проводят замер толщины каждого генетического горизонта, отмечают его буквенное обозначение, окраску, механический состав.

При описании горизонтов почв употребляют следующие буквенные обозначения генетических горизонтов:

$A_0$  – лесная подстилка, моховый очес.

$A_1$  – перегнойно-аккумулятивный или гумусовый горизонт;

$A_2$  – элювиальный, подзолистый (вымывания) горизонт;

$B$  ( $B_1, B_2, B_3$ ) – иллювиальный (вмывания) горизонт;

$C$  – материнская, малоизмененная почвообразованием порода;

$T_n$  – торфяной пахотный горизонт;

$T$  ( $T_1, T_2, T_3 \dots$ ) – торфяной горизонт;

$G$  – оглеенный горизонт.

Переходные горизонты обозначают двумя буквами:  $A_2B_1$  – подзолисто-иллювиальный;  $Bg$  – иллювиальный с признаками оглеения и т. д.

Один из главнейших признаков, по изменению которого производят разделение горизонтов – это *цвет* (окраска) почвы. Название окраски каждого горизонта дается в виде сочетания двух или нескольких тонов, (например: буровато-серый, желтовато-темно-бурый и т. д.), причем тот цвет, который в окраске преобладает, ставится на последнее место. Для унификации наименования цветовых оттенков почвенных горизонтов С. А. Захаров еще в 1927 г. предложил треугольник почвенных окрасок. Он исходил из того, что гумус окрашивает почвы в серые и темно-серые тона, соединения железа – в бурые, красноватые и желтоватые, а многие компоненты почвы, такие как аморфный песок, кварц, карбонаты кальция имеют белый цвет.

После определения цвета указывают степень влажности почвы. Избыточно переувлажненные горизонты отличаются характерной голубовато-сизой окраской, связанной с закисными формами железа, образующимися в анаэробных (без доступа воздуха) условиях. Такие горизонты называются оглеенными.

Обычно при описании почвы различают следующие степени влажности: *сухая; свежая; влажная; сырая; мокрая почва*.

Механический состав определяют в каждом горизонте по всему профилю. Название почвы обычно дается по механическому составу верхних горизонтов. Если по механическому составу почва в пределах профиля существенно различается, то приводят механический состав верхних и нижних горизонтов. Кроме этого, обязательно указывают механический состав материнской породы.

При определении механического состава почвы в полевых условиях выработаны признаки для определения почв в сухом и сыром состоянии. Гранулометрический состав почв определяют *«сухим растиранием» – методом «зеркал», органолептически* – скатыванием между пальцами, то есть по внешним признакам и на ощупь.

## Вопросы для самоконтроля

- 1 Перечислите основные внешние морфологические признаки почв.
- 2 По каким признакам можно определить степень влажности почвы?
- 3 Охарактеризуйте методы определения механического состава почв в полевых условиях.

## Лабораторная работа

**Цель работы:** определение морфологических признаков почв.

**Материалы и оборудование:** почвенные образцы из различных горизонтов; треугольник почвенных окрасок С. А. Захарова; таблицы определения механического состава почв; бумага.

## Ход работы

### 1 Подготовка почвенных образцов к проведению анализов

**Просушивание взятых образцов почвы до воздушно-сухого состояния**

Образцы довести до воздушно-сухого состояния. Для этого сырой почвенный образец, доставленный из леса в лабораторию, защищенную от пыли, следует высыпать слоем 2–3 см на плотную бумагу

и размять руками все крупные, слежавшиеся комки. В помещении, где сушится почва, нельзя проводить работы с летучими веществами (аммиаком, соляной и азотной кислотами и т. д.). Через 3–5 суток после начала высушивания, из него выделяют среднюю пробу.

### **Выделение среднего образца**

Для взятия средней пробы высушенный образец, поместить ровным слоем на поверхности листа бумаги. Разделить на примерно равные квадратики. Из каждого квадратика или через один ложечкой взять среднюю пробу около 200–500 г. Почву поместить в заранее взвешенную фарфоровую чашку, пока не наберется нужной для анализа навески. После отбора средней пробы оставшуюся часть почвы завернуть в бумагу и уложить в снабженную этикеткой коробку. Работу продолжить со средней пробой.

### **Отделение органических остатков**

Отобранную среднюю пробу взвесить, из нее пинцетом выбрать все включения (корни, насекомых и т. д.) и новообразования (орштейновые конкреции, известковые стяжения и т. д.).

### **Просеивание почвы через сито**

Среднюю пробу просеять через сито с диаметром отверстий 1 мм. Комочки почв, не прошедшие через сито, раздавить в фарфоровой ступке деревянным пестиком с резиновым наконечником и просеять через миллиметровое сито. Операцию растирания и просеивания повторяют до тех пор, пока на сите ничего не останется или останутся твердые каменные обломки. Оставшиеся частицы крупнее 1 мм составляют скелет, или крупнозем почвы, частицы, прошедшие через миллиметровое сито, – мелкозем. Скелет почвы завернуть в бумагу и поместить в ту же коробку или банку. Мелкозем высыпать в банки с притертой пробкой или в картонные коробки. Каждую банку или коробку снабжают этикеткой с указанием лесхоза, лесничества, лесной дачи, квартала, номера почвенного разреза, генетического горизонта, глубины взятия образца и даты. Из банки или коробки по мере надобности берут навески для лабораторных исследований.

### **Определение процентного содержания почвенного скелета и органических остатков**

Взвесить отдельно органические остатки и почвенный скелет.

Вычислить процентное содержание их во взятой средней пробе.



Процентное содержание почвенного скелета рассчитать по формуле

$$W_{ск} = \frac{m_{ск}}{m_{ср пр}} \times 100 \%,$$

где  $W_{ск}$  – процентное содержание почвенного скелета;

$m_{ск}$  – масса почвенного скелета;

$m_{ср пр}$  – масса средней пробы.

Процентное содержание органических остатков по формуле:

$$W_{орг} = \frac{m_{орг}}{m_{ср пр}} \times 100 \%,$$

где  $W_{орг}$  – процентное содержание органических остатков;

$m_{орг}$  – масса органических остатков;

$m_{ср пр}$  – масса средней пробы.

## 2 Определение цвета почвенных горизонтов

Для определения цвета почвенных горизонтов используется треугольник почвенных окрасок С. А. Захарова. На белый лист бумаги нанести мазок почвы и сравнить со шкалой С. А. Захарова. Окраска почвы вызывается сочетанием трех цветов: черного, красного и белого, дающего различные оттенки. При характеристике цвета отличают основной фон, затем детали в виде «пятен», «пятнышек», примазок, изменяющих основной цвет.

## 3 Определение степени влажности

Для определения степени влажности почва сжимается рукой в комки.

При описании почвы различают следующие степени влажности:

1) *сухая почва* – присутствие влаги в почве не ощущается, почва пылит;

2) *свежая почва* – влага едва заметно ощущается в руке по холодноватости;

3) *влажная почва* – в руке ясно ощущается влага, почва сжимается рукой в комки;

4) *сырая почва* – при легком сжатии в руке почва превращается в крутую тестообразную массу, выделяется капельно-жидкая влага;

5) *мокрая почва* – из почвы при сжатии ее в руке сочится вода.

#### 4 Определение механического состава

На основе таблиц 1 и 2 определяют гранулометрический состав почв различными способами: «сухим растиранием» (методом «зеркал»), органолептически – скатыванием между пальцами.

Таблица 1 – Определение гранулометрического состава почв полевыми методами: метод «зеркал» (сухое растирание), скатывание шарика

Группы механического состава почвы	При раскатывании сырых почв	При растирании сухих почв
Пески рыхлые	Шар скатать нельзя. Песок «пльвун» образует жидкую текучую массу	При растирании на ладони видны песчинки
Пески связные	Шар скатать не удастся	Видны одни песчинки. На ладони остается незначительное количество пылевато-глинистых частиц
Супеси	Шар скатывается, но непрочный, при легком сдавливании рассыпается	Почвы ссыхаются в непрочные комки. При растирании чувствуется преобладание песка. На ладони после стряхивания остается слабое пятно пылевато-глинистых частиц
Суглинки	Шар легко скатывается и прочно держится. При сдавливании дает лепешку с трещинами. Почвы пластичны	Плотные. При растирании на ладони чувствуется неоднородность, заметны отдельные песчинки. На ладони после отряхивания остается заметное пятно глинистых частиц
Глины	Шар легко скатывается и при сдавливании дает лепешку без трещин. Очень пластичны	Почвы очень твердые. При растирании чувствуется тонкий однородный порошок. На ладони остается очень хорошее пятно глинистых частиц
Хрящеватые или щебенистые почвы	Содержат (наряду с глинистыми, пылеватыми и песчаными частицами) в большом количестве крупные частицы: хрящ и щебень. По механическому составу могут быть глинистыми, суглинистыми, супесчаными и песчаными	

Таблица 2 – Определение гранулометрического состава почв полевым методом раскатывания шнура (А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина) [16]

Группа почв по механическому составу	Поведение шнура при раскатывании и свертывании в кольцо
Песок	Почва не скатывается
Супесь	При скатывании почва распадается на мелкие кусочки и не дает шнура
Легкий суглинок	При раскатывании формируется легко распадающийся на дольки шнур
Средний суглинок	При раскатывании формируется сплошной шнур, который при свертывании в кольцо распадается на дольки
Тяжелый суглинок	При раскатывании легко образуется шнур, который свертывается в кольцо с мелкими трещинками
Глина	Шнур легко свертывается в нерастрескивающееся кольцо

Характерные черты почвенного профиля занести в таблицу 5.

Таблица 3 – Пример описания горизонтов

Почвенный горизонт	Рисунок почвенного профиля	Нижняя граница, см	Мех. состав	Цвет по шкале Захарова	Включения		Новообразования	
					Состав	Обилие	Состав	Обилие
A <sub>0</sub>		3	Мох, корни	—	—	—	—	—
A <sub>1</sub>		14	Супесь	Темно-бурая	Корни	Сред.	—	—
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>		21	Супесь	Белесоватая	Корни, щебень	Ред.	—	—
A <sub>2</sub> B		39	Супесь	Желто-коричневая	Корни, щебень	Ред.	Fe	Среднее
B		51	Суглинок	Св. коричневая	Щебень	Сред.	—	—
BC		62	Суглинок	Коричневая	Щебень	Сред.	Fe	Много
C		102	Суглинок	Коричневая	Щебень	Сред.	Fe	Много

## Тема 2. Минералогический, гранулометрический и химический состав почв

2.1 Разделение почвы на группы или фракции механических элементов.

2.2 Определение процентного содержания различных механических элементов в почве.

### Основные понятия по теме

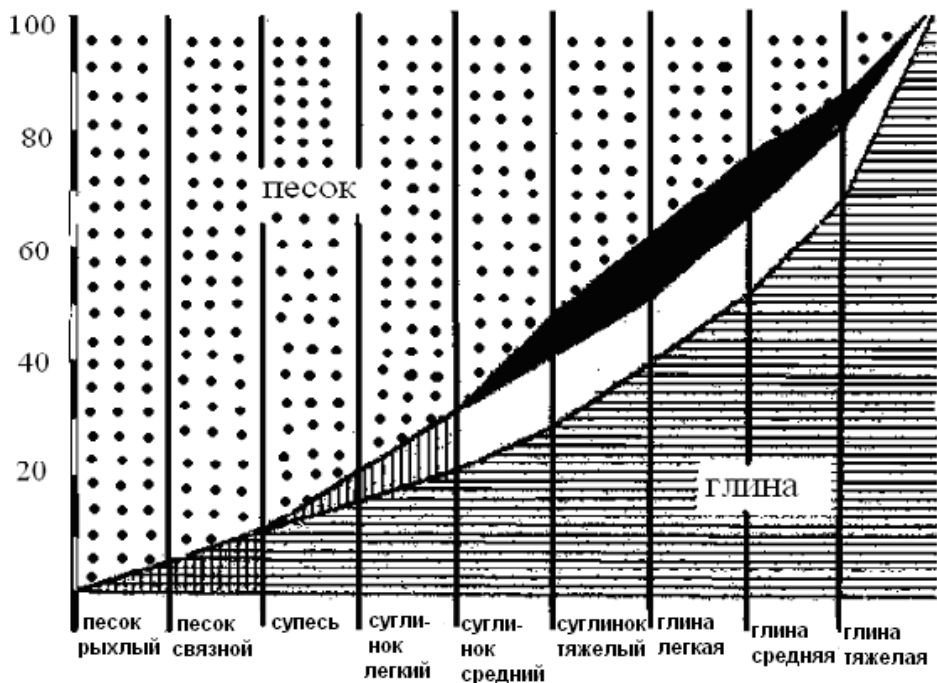
Механический (гранулометрический) состав почвы – соотношение в почве частиц различной крупности. Оценивается механический состав на основании сопоставления фракций: почвенного скелета (минеральных частиц крупнее 1мм), песка (1–0,05 мм), крупной пыли (0,05–0,01мм), пыли (0,01–0,001мм) и ила (< 0,001мм). Наиболее показательна при оценке плодородия последняя, илистая фракция, в ней практически заключены все способные к передаче корням растений питательные вещества. Чем больше содержание ила, тем выше емкость поглощения, тем выше потенциальное плодородие почв. Общее представление в этом отношении может дать содержание частиц < 0,01мм, так называемой фракции физической глины, на основе которой и классифицируют почвы по механическому составу. Классификация почв по Н. А. Качинскому приведена в таблице 4, на рисунке 1 представлено сопоставление относительного содержания илистых и песчаных почвенных частиц в различных типах почв.

Таблица 4 – Классификация почв по Н. А. Качинскому [15]

Содержание физической глины (частицы < 0,01мм), %		Содержание физического песка (частицы >0,01мм), %		Почва по механическому составу
почвы		почвы		
подзолистого почвообразования (ненасыщенные основаниями)	степного почвообразования	подзолистого почвообразования (ненасыщенные основаниями)	степного почвообразования	
1	2	3	4	5
0–5	0–5	100–95	100–95	Песок рыхлый
5–10	5–10	95–90	95–90	Песок связный

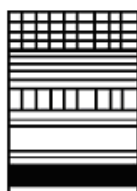
Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5
10–20	10–20	90–80	90–80	Супесь
20–30	20–30	80–70	80–70	Суглинок Легкий
30–40	30–45	70–60	70–55	Суглинок средний
40–50	45–60	60–50	55–40	Суглинок тяжелый
50–70	60–70	50–30	40–30	Глина легкая
70–80	70–80	30–20	30–20	Глина средняя
> 80	> 80	< 20	< 20	Глина тяжелая



Градации  
содержания  
илестых частиц

типы почвообразования



5 - 10% песчаные типы почв

> 20% солонцы и сильно солонцеватые почвы

15 - 30% минеральные почвы за исключением сильно солонцовых

20 - 40% подзолистый тип почвообразования

40 - 80% степные, пустынные почвы, желтоземы и красноземы

Рисунок 1 – Соотношение илестых (< 0,001 мм) и песчаных (> 0,001 мм) частиц (в % к сухому весу) при различном мехсоставе и типах почвообразования (по Н. А. Качинскому) [15]

При наличии скелета почву называют по его содержанию: *слабоскелетные (до 10 % скелета), среднескелетные (10–30 %) и сильноскелетные (> 30 %)*. Размеры почвенного скелета отражены в таблице 5.

Таблица 5 – Характер и размеры почвенного скелета

Диаметр, см	Окатанные	Неокатанные
0,1–1	Гравий	Дресва
1–10	Галька	Щебень
> 10	Валуны	Камни

Скелетность имеет большое значение. Чем она выше, тем, как правило, хуже лесорастительные свойства почвы (в диапазоне среднего и высокого содержания скелетных частиц). Однако при ухудшении аэрации на очень тяжелых по механическому составу почвах, а также при заболачивании повышенная скелетность (как правило, в рамках слабой и средней скелетности) несколько улучшает воздухообмен, и насаждения на таких участках выигрывают в росте и устойчивости.

**Задача анализа механического состава** – разделить почву на группы, или фракции, механических элементов и определить их процентное содержание в почве. Анализ механического состава легких по механическому составу (песков и супесей) почв проводится по **А. Н. Сабанину** (метод двойного отмучивания) в модификации С. А. Ковригина. Для почв тяжелых по механическому составу (глин и суглинков) используется **метод пипетки**. Метод А. Н. Сабанина основан на разделении в водной среде частиц с размером < 0,01 мм, (оседающих в спокойной воде со скоростью 0,2 мм/сек – физической глины) от частиц размером > 0,01 мм (физического песка).

**Метод пипетки.** Частички почв, предварительно освобожденные от карбонатов, взмучивают в воде. После прекращения взбалтывания они падают с неодинаковой скоростью в зависимости от диаметра и веса: более крупные частицы падают с большей скоростью, более мелкие – с меньшей. Скорость падения почвенных частиц в воде вычисляется по формуле Стокса. Взмученную почвенную дисперсию оставляют в покое на некоторое время, после чего пипеткой с определенной глубины извлекают небольшую пробу, в которой содержатся частицы, не успевшие осесть за данное время. Беря пробы через определенные промежутки времени, вычисленные на основании скорости падения почвенных частиц по формуле Стокса, получают в пробах частицы определенного диаметра. Зная вес высушенных проб и размер частиц, путем пересчета находят содержание отдельных фракций в почве.

## Вопросы для самоконтроля

- 1 Дайте описание механического состава почв.
- 2 Назовите почвенные фракции и пределы их крупности.
- 3 Как влияет повышенная скелетность почв на их лесорастительные свойства?
- 4 Содержание какой фракции определяет плодородие почвы?
- 5 Какими двумя способами можно определить механический состав почвы и в чем их сущность?

## Лабораторная работа

**Цель работы:** разделение почвы на группы (фракции) механических элементов.

**Материалы и оборудование:** (метод А. Н. Сабанина) фарфоровая ложка; электронные весы; фарфоровая ступка; пестик с мягким резиновым наконечником; набор сит с размером ячеек 1, 0,5, 0,25 мм; сушильный шкаф; электрическая плитка; стеклянные палочки; 250 мл колба; стеклянная воронка; большой стакан или стеклянная банка, у которой имеются отметки на высоте 2 и 8 см от дна с присоединенным сифоном.

Метод пипетки: фарфоровая ложка; электронные весы; набор сит с размером ячеек в 1,10, 7, 5, 3 мм.; стекло (глянцевая бумага); алюминиевый бюкс; термостат; часовое стекло; аналитические весы; стеклянные стаканчики; стеклянные палочки; стеклянные колбы; электрическая плитка; фарфоровые чашки диаметром 10 см; плотный фильтр; промывалка; пробирки; эксикатор; водяная или песчаная баня; термометр; прибор Качинского.

**Реактивы:** 10 %-ный HCl; 0,2н HCl; 0,05н HCl; H<sub>2</sub>O дист; 10 %-ный р-р NH<sub>4</sub>OH; 10 %-ный р-р CH<sub>3</sub>COOH; 4 %-ный р-р (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; 1н NaOH.

## Ход работы

**1 Провести анализ механического состава почвы методом А. Н. Сабанина**

### Подготовка пробы для анализа

Отвесить 100 г непросеянной почвы. Взятую пробу перенести в ступку для раздробления комков. При этом большие комки разбива-

ются головкой пестика, а заканчивается операция растиранием почвы другим концом пестика с мягким резиновым наконечником.

### **Отделение крупнозема**

Растертую пробу просеять через сито 1 мм. Этой операцией почва разделяется на крупнозем ( $> 1$  мм) и мелкозем ( $< 1$  мм).

Частицы больше 1 мм (крупнозем) поместить в фарфоровую чашку и промыть в водопроводной струе до чистоты воды. При этом частички крупнозема протирать пальцами, а мутную воду сливать из чашки через край.

Очищенные частички высушить при  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Затем крупнозем просеять через набор сит с размером ячеек в 10, 7, 5, 3 мм и полученные фракции взвесить. Полученный вес в граммах будет одновременно выражать и проценты полученных фракций в общей навеске почвы.

### **Подготовка пробы для анализа содержания мелкозема**

Так как элементарные частички почвы в большинстве своем склеены в отдельные агрегаты, то для дальнейшего механического анализа их необходимо разрушить.

Разрушение агрегатов производится размешиванием и растиранием почвы в воде, или взбалтыванием и кипячением ее с водой, или химической обработкой разбавленными растворами кислот и диспергированием едким натрием или аммиаком.

Навеску (для суглинков – 5 г, для песков и супесей – 10 г) следует разминать в фарфоровой чашке с приливанием аммиачной воды (10 мл 10 %-ного р-ра  $\text{NH}_4\text{OH}$  на 1 л), сливать мутную суспензию в 250 мл колбу.

По окончании отделения мути надо перенести в колбу всю навеску, закрыть колбу воронкой, играющей роль холодильника, и кипятить 1 час. Кипячение и приливание аммиачной воды способствует лучшей диспергации почвенных частиц.

### **Определение содержания мелкозема**

После кипячения и отстаивания влить суспензию в большой стакан или стеклянную банку, у которой имеются отметки на высоте 2 и 8 см от дна (могут быть отметки и 4, 6, 10, 12 см) с присоединенным сифоном.

Сифон представляет собой изогнутую стеклянную трубку с резиновой пробкой (для удлинения) и зажимом на одном конце. Сифон заполнить водой, резиновую часть его зажать зажимом (следят, чтобы



в сифоне не было воздушных пробок) и установить стеклянным концом в стакан на 1–2 мм выше нижней (2 см от дна) его отметки.

Прилить воду до отметки 8 см. Энергично взболтать содержимое стакана стеклянной палочкой в течение 1 мин (не следует допускать круговых движений в конце взбалтывания). Оставить суспензию в покое на 5 мин. За это время частицы крупнее 0,01 см упадут ниже черты 2 см, а выше останутся лишь частицы физической глины.

Открыть сифон, спустить жидкость примерно до метки 2 см, следя при этом, чтобы сифон не разрядился. Вновь долить водой до верхней отметки, взболтать, оставить в покое на 5 мин, сифонировать.

Так делать до тех пор, пока вода на всем 6-сантиметровом участке пути (от 8 до 2 см от дна) станет через 5 мин совершенно прозрачной.

### **Вычисление процентного содержания полученных фракций**

На дне стакана остался физический песок. Его перенести в чашечку или бюкс, высушить, взвесить и вычислить процент его содержания в навеске. Отнимая этот процент от 100, определить процент содержания физической глины. Руководствуясь данными таблицы 6, определить название почвы по механическому составу.

## **2 Проведение анализа механического состава почвы методом пипетки (модификация Н. А. Качинского)**

### **Отбор проб для анализа**

Из средней пробы весом 300–500 г вначале выделить скелет, или крупнозем почвы. Определив его, как изложено при описании метода Сабанина, приступают к анализу мелкозема. Для этого почву, просеянную через сито с диаметром ячеек 1 мм, расстелить тонким слоем на стекле или глянцевогой бумаге, разделить на 10 квадратов и ложечкой равномерно из каждого квадрата выбирать средние пробы:

- 1) для определения гигроскопической воды – 4–5 г;
- 2) для определения потери растворимых веществ от обработки HCl – 10–15 г;
- 3) для приготовления анализируемой суспензии – 10–30 г.

Чем легче по механическому составу почва, тем большую нужно брать навеску: для глин и тяжелых суглинков – 10, легких суглинков – 20, супесей – 25, песков – 30 г.

Вторую и третью навески отвесить на часовом стекле. Взвешивание при точности анализа до 0,1 % производят до 0,001 г.

## Определения гигроскопической воды

В первой навеске, взятой во взвешенный алюминиевый бюкс, влажность определить высушиванием в термостате. Для вычисления влажности ( $W_r$ ) массу испарившейся влаги разделить на массу абсолютно сухой почвы (после просушивания) и умножить на 100 %.

## Испытание на карбонатность

Предварительно в отдельной пробе провести испытание почвы на карбонатность, для чего на комочек почвы капнуть 10 % HCl. Выделение пузырьков  $CO_2$  указывает на ее карбонатность. Карбонаты необходимо разрушить, так как они способствуют сохранению почвенных агрегатов.

## Разрушение агрегатов

При анализе карбонатной «вскипающей» почвы навески ее поместить в фарфоровые чашки диаметром 10 см, смочить для разрушения карбонатов 0,2н HCl до прекращения выделения пузырьков  $CO_2$ .

Все операции с обеими навесками произвести совершенно одинаково.

При сильной карбонатности, чтобы устранить возможную нейтрализацию кислоты, первые порции раствора из чашек перенести на плотный фильтр (диаметр 9–11 см) воронки (причем проба для определения потери от обработки помещается на заранее высушенный и взвешенный фильтр), оставшуюся в чашках почву снова обработать 0,2н HCl.

После разрушения карбонатов и прекращения выделения  $CO_2$ , на что идет около 200 мл 0,2н HCl, почву при помощи 0,05н HCl перенести из чашек на соответствующие фильтры. На фильтрах почву промыть 0,05н HCl до исчезновения в последних каплях фильтрата реакции на Ca. Для этого носик воронки обмыть из промывалки дистиллированной водой. Под воронку подставить пробирку, куда собрать около 5–10 мл фильтрата. Фильтрат в пробирке нейтрализовать 10 %-ным раствором аммиака  $NH_4OH$ , добавляя последний до ясного запаха. Затем фильтрат подкислить несколькими каплями 10 %-ной уксусной кислоты, добавить в избытке 4 %-ный раствор щавелевокислого аммония  $(NH_4)_2C_2O_4$  и подогреть содержимое до кипения. Отсутствие осадка и мути указывает на полноту вытеснения. Когда весь кальций вытеснен, обе навески на фильтрах отмыть от избытка HCl дистиллированной  $H_2O$  (около 100 мл) до исчезновения реакции на Cl. Отсутствие белой мути укажет на конец промывания. В случае

появления в носике воронки мути промывание прекратить даже при наличии реакции на С1. При анализе бескарбонатных («невскипающих») почв обе навески сразу перенести на отдельные плотные фильтры воронок при помощи 0,05н НС1 и промыть на последних, как было описано выше, до исчезновения реакции на Са, а потом на С1.

### **Определение количества растворимых потерь**

По окончании промывания, чтобы определить количество растворимых веществ, потерянных при обработке навесок соляной кислотой, одну из навесок почвы на взвешенном фильтре перенести во взвешенный бюкс, высушить при 105 °С в течение 4–5 ч, охладить в эксикаторе и взвесить. Разность весов до и после обработки, отнесенная к первоначальному весу сухой навески, выраженная в процентах, дает потерю от обработки – X. Величину потери при обработке вычисляют по формуле:

$$X = \frac{a \times 100}{m},$$

где *a* – потеря от обработки, г;

*m* – навеска, учитывающая потери и перечисленная на абсолютно сухую почву по формуле:

$$m = \frac{M \times 100}{100 + W_2},$$

где *M* – вес воздушно сухой средней пробы;

*W<sub>2</sub>* – гигроскопическая влага в процентах к весу сухой почвы.

### **Выделение отдельных фракций**

Другая обработанная навеска с невзвешенного фильтра поступает в анализ для определения механического состава. Для этого фильтр с почвой необходимо перенести в фарфоровую чашку емкостью 300–400 мл и с фильтра струей дистиллированной воды из промывалки тщательно смыть всю почву, а приставшие к фильтру частицы аккуратно счистить стеклянной палочкой, сам же фильтр во второй чистой чашке несколько раз смочить водой и выжать.

Прозрачная вода, выжимаемая из фильтра, указывает на отсутствие в нем илистых частиц. Из обеих фарфоровых чашек дисперсию почвы перенести в коническую колбу емкостью 750 мл с меткой на 250 мл. Колбу долить водой до 250 мл, прибавить 1н раствор NaOH, исходя из емкости поглощения (в дисперсию для тучных черноземов приливают

6 мл NaOH, обыкновенных черноземов – 5, каштановых почв – 3,5, серых лесных и бурых почв – 3, сероземов – 2, подзолистых почв тяжелого механического состава для горизонтов A<sub>1</sub> и A<sub>2</sub> – 1, для горизонтов B – 2, подзолистых почв легкого механического состава – 0,5, солонцов и солонцеватых почв – 2–5, красноземов – 2 мл NaOH).

Колбу оставить стоять 2 ч, встряхивая через каждые 15 мин. Затем ее закрыть пробкой с обратным холодильником и дисперсию кипятить на электрической плитке 1 ч, не доводя до бурного кипения: вспенивание не должно доходить до основания трубки холодильника. При кипячении дисперсии с едким натром происходит полное разрушение агрегатов почвы. По охлаждении содержимое колбы пропустить через 0,5– и 0,25–миллиметровые сита, вложенные в стеклянную воронку, помещенную в литровый цилиндр (диаметр цилиндра 6 – 8 см). Задержавшуюся на сите почву слегка протереть рукой и тщательно промыть струей дистиллированной воды из промывалки до тех пор, пока через сито не пойдет совершенно чистая вода.

Оставшиеся на ситах частицы почвы 1–0,5 мм и 0,5–0,25 мм при помощи промывалки перенести в чашки, а потом в предварительно взвешенные стаканчики, воду выпарить на водяной или песчаной бане, содержимое стаканчиков высушить в термостате при 105 °С до постоянного веса (около 3 ч), охладить в эксикаторе, взвесить на аналитических весах и вычислить содержание частиц от 1 до 0,5 мм и от 0,5 до 0,25 мм в процентах ко взятой сухой навеске.

Затем приступить к определению веса частиц меньше 0,05 мм. Для этого, сняв сито с цилиндра и установив его строго вертикально, дисперсию в цилиндре долить точно до 1 л и анализировать методом пипетки с учетом скорости падения частиц в воде по Стоксу. Пробы брать пипеткой (рисунок 2) из цилиндра в такой последовательности: первая проба – на глубине 25 см, в нее входят все частицы, равные и меньше 0,05 мм, то есть все последующие пробы; вторая проба – на глубине 10 см, она содержит все частицы, равные и меньше 0,01 мм в диаметре, то есть в нее входят вторая, третья и четвертая пробы; третья проба – также на глубине 10 см, она содержит частицы, равные и меньше 0,005 мм, то есть в нее входят третья и четвертая пробы; наконец, четвертая проба – на глубине 7 см, она состоит из одной фракции и содержит частицы меньше 0,001 мм. Цилиндры накрыть картонными колпаками. Для измерения температуры взять такой же цилиндр с дистиллированной водой, в который и погрузить термометр. Для частиц меньше 0,05, 0,01 и 0,005 мм температуру измерить один раз, а для частиц меньше 0,001 мм – трижды: после взбалтывания дисперсии, в середине интервала отстаивания и перед пипетированием.

Таблица 6 – Время отстаивания проб дисперсии и глубина погружения пипетки в зависимости от температуры и удельного веса твердой фазы почвы

Диаметр частиц, мм, <	Удельный вес твердой фазы	Глубина взятия пробы, см	Интервалы для взятия проб дисперсии, час, мин, сек, при температуре, °С								
			10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,05	2,40	25	171	159	149	140	132	124	117	111	105
0,01		10	28.25	26.31	24.51	23.20	21.59	20.41	19.33	18.27	17.28
0,005		10	1.53.41	1.46.05	1.39.27	1.33.19	1.27.54	1.22.45	1.18.13	1.13.49	1.09.55
0,001		7	33.09.12	30.56.16	29.00.00	27.12.51	25.28.20	24.08.23	22.48.31	21.31.48	20.03.11
0,05	2,45	25	165	154	144	135	127	120	113	107	101
0,01		10	27.26	25.36	24.00	22.31	21.13	19.59	18.53	17.49	16.52
0,005		10	1.49.43	1.42.23	1.36.00	1.30.05	1.24.53	1.19.54	1.15.31	1.11.15	1.07.29
0,001		7	32.00.45	29.52.23	28.00.06	26.16.35	24.45.15	23.18.23	22.01.15	20.47.14	19.41.05
0,05	2,50	25	159	148	139	131	123	116	109	103	98
0,01		10	26.31	24.45	23.12	21.46	20.31	19.19	18.15	17.13	16.19
0,005		10	1.46.05	1.38.58	1.32.48	1.27.05	1.22.01	1.17.14	1.12.58	1.08.52	1.05.14
0,001		7	30.56.34	28.55.30	27.03.59	25.26.04	23.55.43	22.31.52	21.17.17	20.05.36	19.01.40
0,05	2,55	25	154	144	135	127	119	111	106	100	95
0,01		10	25.40	23.57	22.27	21.04	19.51	18.41	17.39	16.40	15.47
0,005		10	1.42.41	1.35.47	1.29.48	1.24.16	1.19.23	1.14.44	1.10.37	1.06.40	1.03.08
0,001		7	29.56.48	27.56.44	26.11.41	24.36.36	23.09.24	21.48.13	20.36.00	19.26.47	18.24.54
0,05	2,60	25	149	139	130	122	115	109	103	97	92
0,01		10	24.52	23.12	21.45	20.25	19.14	18.06	17.06	16.09	15.17
0,005		10	1.39.27	1.32.48	1.26.59	1.21.37	1.16.55	1.12.24	1.08.25	1.04.34	1.01.10
0,001		7	29.00.31	27.04.12	25.22.28	23.48.41	22.25.57	21.07.17	19.57.26	18.50.16	17.50.20

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,05	2,65	25	145	135	127	119	112	105	100	94	89
0,01		10	24.07	22.30	21.06	19.48	18.39	17.33	16.35	15.39	14.50
0,005		10	1.36.27	1.30.00	1.24.21	1.19.08	1.14.34	1.10.12	1.06.21	1.02.38	59.19
0,001		7	28.07.53	26.15.05	24.36.35	23.05.26	21.45.09	20.28.59	19.21.13	18.16.05	17.17.52
0,05	2,70	25	140	131	123	115	109	102	97	91	86
0,01		10	23.24	21.50	20.28	19.13	18.06	17.02	16.06	15.12	14.23
0,005		10	1.33.38	1.27.21	1.21.54	1.16.50	1.12.24	1.08.10	1.04.24	1.00.47	57.34
0,001		7	27.18.21	25.28.51	23.53.05	22.24.42	21.06.44	19.52.47	18.48.40	17.43.48	16.47.24
0,05	2,75	25	136	127	119	112	105	99	94	89	84
0,01		10	22.44	21.13	19.53	18.40	17.35	16.33	15.38	14.46	13.59
0,005		10	1.30.56	1.24.52	1.19.33	1.14.38	1.10.19	1.06.13	1.02.34	59.04	55.56
0,001		7	26.31.25	24.45.04	23.12.02	21.46.19	20.30.32	19.18.40	18.14.51	17.13.27	16.18.35
0,05	2,80	25	133	124	116	109	103	97	91	86	82
0,01		10	22.06	20.39	19.20	18.09	17.06	16.06	15.12	14.21	13.35
0,005		10	1.28.25	1.22.30	1.17.20	1.12.34	1.08.22	1.04.22	1.00.50	57.25	54.22
0,001		7	25.47.18	24.03.54	22.33.26	21.07.03	19.56.28	18.40.34	17.44.23	16.44.42	15.51.22

На основании этих измерений вычислить среднюю температуру для взятия пробы.

Пробу суспензии из цилиндров взять следующим образом. Содержимое цилиндра взболтать при помощи мешалки быстро повторяющимися (вверх и вниз) движениями – 60 ударов в одну сторону – в течение 1 мин и оставить в покое. Время взятия проб устанавливается, учитывая удельный вес почвы, глубину погружения пипетки, замеренную температуру и скорость падения частиц определенных диаметров по таблице 6.

Удельный вес твердой фазы найти предварительно или с помощью таблицы 7 удельных весов, полученных Н. А. Качинским.

Таблица 7 – Удельный вес твердой фазы различных почв по Н. А. Качинскому [15]

Глубина, см	Легкие кварцевые почвы всех типов	Суглинистые и глинистые почвы						солонцы
		подзолистые и серые лесные	черноземы обыкновенные и тучные	черноземы южные	каштановые	бурые и сероземы	красноземы первичные несмытые	
0–20	2,00–2,65	2,60	2,40	2,55	2,60	2,65	2,60	Величины брать по той почве, в зоне, которой они залегают
20–40	2,65	2,65	2,50	2,60	2,65	2,70	2,65	
40–100	2,65	2,70	2,65	2,65	2,70	2,70	2,75	
>100	2,65	2,70	2,70	2,70	2,75	2,75	2,80	

Отбор проб из цилиндра производить пипеткой (Робинзона и др.) Желательно, чтобы нижний конец ее был запаян и вместо одного большого торцового было несколько маленьких боковых отверстий, чтобы не втягивались частицы из более глубоких слоев. Так как взять точно 25 мл дисперсии при помощи пипетки трудно, целесообразно пипетку предварительно проградуировать на 24; 24,5; 25; 25,5 мл. На трубке пипетки тонкими резиновыми кольцами отметить границы для погружения пипетки на глубину 7, 10 и 25 см. Верхний конец пипетки имеет стеклянный кран, во время работы его присоединить к аспиратору, при помощи которого дисперсия засасывается в пипетку. Аспиратором служит бутылка объемом 4–5 л, заполненная водой. Бутылка, имеющую у основания кран для стекания воды, закрыть резиновой пробкой с продетой через нее стеклянной трубкой, диаметр которой равен наружному диаметру пипетки. Эту трубку посредством резинового шланга соединить с пипеткой. Когда кран открыт, вода вытекает из бутылки, что создает вакуум, при помощи которого дисперсия из цилиндра втягивается в пипетку.

За 1–2 мин до истечения срока, необходимого для взятия частиц заданной крупности, пипетку осторожно ввести внутрь цилиндра

в середину центральной части на заданную глубину, соединить ее с аспиратором, который нужно включить в назначенное время, и взять пробы.

Втягивание проб в пипетку необходимо производить медленно: при фракциях < 0,005 мм – 30 с, при < 0,01 мм – 25 с, при < 0,05 мм – 20 с. При взятии фракции меньше 0,05 мм, которая за 20 с сможет выпасть из слоя, намеченного для взятия проб, втягивание начинают на пол интервала раньше и заканчивают на пол-интервала позже намеченного срока. По окончании втягивания аспиратор выключить, пипетку вынуть из цилиндра и дисперсию слить во взвешенную занумерованную фарфоровую чашечку. Пипетку ополоснуть дистиллированной водой, которую собрать в ту же чашечку. Воду выпарить из чашечки на водяной (или песчаной) бане, содержимое чашечки высушить в термостате до постоянного веса при температуре 105 °С, охладить в эксикаторе и взвесить. Зная вес пустой чашечки и вес чашечки с почвой, найти вес частиц во взятом объеме. Всего берут четыре пробы: с глубины 25, 10 (берут дважды) и 7 см. Перед каждым взятием содержимое цилиндра взбалтывать и через промежуток времени, определенный по таблице 8, брать в пипетку пробу с частицами диаметра < 0,05 мм, < 0,01 мм, < 0,005 мм и < 0,001 мм; воду в цилиндр не доливать.

Процентное содержание фракции найти по формуле

$$X = \frac{a \times 1000 \times d}{b \times m},$$

где  $X$  – процентное содержание фракции;

$a$  – вес фракции меньше искомого размера, найденный при анализе, г;

1 000 – коэффициент перевода на 1 мл;

$d$  – процентное содержание частиц меньше 1 мм;

$b$  – объем пипетки, мл;

$m$  – навеска мелкозема, пересчитанная на абсолютно сухую почву.

Результаты занести в таблицу 8.

Таблица 8 – Данные проб

Глубина взятия проб, см	Время отстаивания, ч, мин, с	Диаметр частиц, мм	Объем суспензии в пипетке $b$ , мл	№ стаканчика	Все чашки		Все фракции		
					пустой	с почвой	высушенной $a$ , г	в литре, $1\ 000 \cdot a / b$	В процентах от веса сухой почвы, $1\ 000 \cdot a \cdot d / b \cdot m$



## Тема 3. Водный режим и водные свойства почв

- 3.1 Определение гигроскопической влажности почвенного образца.
- 3.2 Математическая обработка полученных результатов (вычисление процентного содержания гигроскопической влажности).
- 3.3 Определение потерь от высушивания.
- 3.4 Математическая обработка результатов (вычисление абсолютной влажности почвы).

### Основные понятия по теме

Вода, находящаяся в почве, испытывает действие сил различного характера: силы тяжести, сорбционных сил, исходящих от поверхности почвенных частиц, капиллярных и осмотических.

Сорбционные силы достигают значительной величины (несколько тысяч атмосфер), но действуют на короткое расстояние и создают вокруг почвенных частиц оболочку из **прочносвязанной влаги**, состоящую из двух молекулярных слоев. Затем располагается слой **рыхлосвязанной влаги**, толщиной 10–15 молекулярных слоев, который отличается от обыкновенной воды лишь тем, что ее молекулы определенным образом ориентированы по отношению к почвенным частицам.

Сорбция воды частицами почвы (гигроскопичность почвы) может начинаться с сорбции водяного пара. Наибольшее количество воды, которое может быть сорбировано из водяного пара при относительной влажности воздуха, близкой к 10 %, называется **максимальной гигроскопичностью почвы**. Водоподъемная способность почвы обусловлена капиллярными силами и выражается в том, что влага поднимается над уровнем грунтовой воды. Высота подъема тем больше, чем тяжелее почва по механическому составу и чем, следовательно, мельче в ней поры. В песчаных почвах высота подъема 30–40 см, в суглинистых и глинистых может достигать 3–4 м. Такая влага в природе встречается над зеркалом грунтовой воды; называется она **капиллярно подпертой влагой** и образует так называемую капиллярную кайму. В слое над капиллярной каймой (надкапиллярном слое) содержится **подвешенная влага**, которая удерживается преимущественно сорбционными, отчасти капиллярными силами. Наибольшее количество подвешенной влаги соответствует наименьшей влагоемкости почвы. Часть влаги, содержащейся в почве сверх этой величины,

в том числе и в капиллярной кайме, способна передвигаться под влиянием силы тяжести (*гравитационная влага*). Под водопроницаемостью почвы понимают ее способность фильтровать через себя воду. Водопроницаемость тем выше, чем легче механический состав почвы. В почвах глинистых и суглинистых водопроницаемость зависит от степени их оструктуренности. Растения могут усваивать не всю полученную влагу. Прочносвязанная влага полностью не усвояема для растений, с трудом усваивается и часть рыхлосвязанной. Устойчивое завядание растений начинается при влажности, которая называется почвенной влажностью устойчивого завядания; она несколько превышает максимальную гигроскопичность (в 1,3–1,5 раза). Содержание влаги в почве (влажность почвы) выражают в процентах от веса почвы или от ее объема; запас влаги в том или ином слое почвы – в миллиметрах водного слоя.

Одно из условий формирования почвы – наличие в ней воды. Вода является сильнейшим фактором выветривания горных пород и важнейшим условием биохимических процессов почвообразования, а также необходимым условием питания и развития растений. Новообразование минералов, образование гумусовых веществ, формирование почвенных горизонтов – все это происходит при участии воды. Отсутствие или недостаток влаги в почве в такой же степени губительно отражается на состоянии растений, как и недостаток элементов минерального питания. Почвенная влага является терморегулирующим фактором, в значительной степени определяющим баланс тепла в почве и ее температурный режим, от ее количества зависят физико-механические свойства почв, а в конечном итоге – и их плодородие. Поэтому создание благоприятного водного режима в почве составляет одну из важнейших задач агротехники.

На образование 1 весовой части органического вещества растение в среднем расходует около 400 частей воды.

В природных условиях в почве содержится то или иное количество влаги. Если массу этой влаги выразить в процентах от массы сухой почвы, то можно рассчитать *абсолютную влажность почвы*.

## Вопросы для самоконтроля

- 1 Что такое максимальная гигроскопичность почвы?
- 2 Действию каких сил подвергается вода в почве?
- 3 В каких состояниях в почве находится влага?
- 4 Какая влага наиболее доступна для растений?

- 5 Какую роль играет влага в почве?
- 6 Что такое абсолютная влажность почвы.

## Лабораторная работа 1

**Цель работы:** определение гигроскопической влажности почвенных образцов.

**Материалы и оборудование:** образцы почвы, алюминиевые бюксы, фарфоровые ложки, аналитические весы, сушильный шкаф, тигельные щипцы с каучуковым наконечником, эксикатор.

**Реактивы:**  $H_2SO_4$  концентрированная ( $CaCl_2$ ).

### Ход работы

#### Подготовка навески почвы к проведению анализа

Во взвешенный, предварительно просушенный бюкс, набрать методом средней пробы навеску почвы (10 г – для песков, 5 – для суглинков и глин). Бюкс закрыть крышкой и взвесить с почвой на аналитических весах. Определить точную навеску.

Не обязательно добавлять в бюкс или отбирать из него почву для того, чтобы довести навеску точно до 5 или 10 г. Записать тот вес, который окажется во взятой навеске, с точностью 0,000 г.

#### Выпаривание гигроскопической влаги из навески почвы

Взвешенный бюкс с почвой поместить в сушильный шкаф. Крышечку бюкса поставить ребром на его края, чтобы влага свободно выходила из почвы при ее высушивании. Сушить бюкс с почвой при температуре 100–105 °С 5–6 часов.

После просушки бюксы закрыть крышкой и перенести тигельными щипцами с каучуковыми наконечниками в эксикатор, на дно которого налита крепкая серная кислота или насыпан хлористый кальций. Крышка эксикатора должна быть смазана вазелином с парафином.

**Математическая обработка полученных результатов (вычисление процентного содержания гигроскопической влажности)**

Через полчаса, когда бюксы с почвой остынут, их, не снимая крышки, взвесить. По разности между весом стаканчика с почвой

до и после высушивания определить потерю от высушивания или содержание гигроскопической воды в навеске почвы.

Процентное содержание гигроскопической влаги вычислить по формуле

$$W_2 = \frac{(m_6 - m_c)}{m_c - m_n} \times 100 \%,$$

где  $W_2$  – содержание гигроскопической влаги, в % от веса абсолютно сухой почвы;

$m_6, m_c, m_n$  – веса бюксов с влажной почвой (до сушки), с сухой почвой (после сушки), пустого бюкса, г.

Коэффициент перечисления аналитических данных на сухую почву определяют по формуле

$$K = \frac{100 + W_2}{100},$$

где  $K$  – коэффициент перечисления аналитических данных на сухую почву;

$W_2$  – процентное содержание гигроскопической влаги.

Вычислив этот коэффициент, на него умножают в дальнейшем результаты анализов для пересчета любых данных в процентах на абсолютно сухую почву.

## Лабораторная работа 2

**Цель работы:** определение абсолютной влажности почвы.

**Материалы и оборудование:** образцы почвы, алюминиевые бюксы, фарфоровые ложки, аналитические весы, сушильный шкаф, тигельные щипцы с каучуковым наконечником, эксикатор.

**Реактивы:**  $H_2SO_4$  концентрированная ( $CaCl_2$ ).

### Ход работы

#### Отбор пробы для анализа

Образцы почвы в закрытом предварительно взвешенном алюминиевом стаканчике взвешивают (10 г – для песков, 5 – для суглинков и глин).

### Определение абсолютной (полевой) влажности почв

Затем сушат до постоянного веса при 105 °С. После просушки бюксы закрыть крышкой и перенести тигельными щипцами с каучуковыми наконечниками в эксикатор, на дно которого налита крепкая серная кислота или насыпан хлористый кальций. Крышка эксикатора должна быть смазана вазелином с парафином.

*Математическая обработка данных*

Влажность вычисляют по формуле:

$$W_{аб} = \frac{m_e}{m_c} \times 100 \%,$$

где  $W_{аб}$  – абсолютная влажность почвы, %;

$m_B$  – масса воды, г;

$m_c$  – масса абсолютно сухой почвы, г.

## Тема 4. Физические и физико-механические свойства почвы

- 4.1 Определение плотности твердой фазы почвы (удельного веса).
- 4.2 Определение плотности сложения.
- 4.3 Определение пористости (скважности почвы).

### Основные понятия по теме

К числу общих физических свойств почвы относятся: **плотность твердой фазы, плотность сложения и пористость (скважность)**.

**Плотность твердой фазы (удельная масса)**. Почва состоит из твердой, жидкой, газообразной и живой фаз. Если условно исключить жидкую и газообразную составные части почвы, придать твердой фазе монолитное состояние и определить массу единицы ее объема, то это и будет плотность твердой фазы (удельная масса).

Плотностью твердой фазы ( $d$ ) почвы называется отношение массы твердой фазы почвы в сухом состоянии к массе равного объема воды при  $t = 4 \text{ }^\circ\text{C}$ . Или плотность твердой фазы почвы – это масса  $1 \text{ см}^3$  твердой фазы почвы в сухом состоянии, выраженной в граммах. Показатели удельной массы почвы необходимы для определения скважности (пористости) и содержания в почве воздуха. По данному показателю можно судить о минералогическом составе почвы и содержанию в ней органического вещества.

Плотность твердой фазы почв зависит от их минералогического состава и содержания гумуса. Чернозем с содержанием 10 % гумуса имеет плотность твердой фазы почвы 2,4; торфяники – 1,4–1,7; бедные органическим веществом дерново-подзолистые почвы – 2,6–2,7 г/см<sup>3</sup>.

В лабораторных условиях плотность твердой фазы почвы определяют пикнометрическим методом при помощи мерных колб (пикнометров) и выражают в г/см<sup>3</sup>. Объем твердой фазы почвы находят по массе воды, вытесненной навеской сухой почвы. При этом исходят из того, что при  $t = 4 \text{ }^\circ\text{C}$  1 гр воды занимает объем, равный  $1 \text{ см}^3$ . Именно поэтому в практике почвоведения плотностью твердой фазы называют отношение массы сухой почвы к массе равного объема воды при  $t = 4 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Плотность сложения почвы (объемный вес почвы)** – это масса единицы объема абсолютно-сухой почвы, взятой в естественном сложении, выраженная в г/см<sup>3</sup>.

Плотность сложения почвы зависит от типа растительности, гранулометрического и минералогического состава почвы, структуры, ее водопрочности, порозности и степени обработанности почв. Она весьма изменчива, особенно в верхних горизонтах, подвергающихся постоянному воздействию климатических, биологических и антропогенных факторов.

Наименьшая объемная плотность обычно наблюдается в верхних горизонтах почвы, наибольшая – в иллювиальных и глеевых. Хорошо оструктуренные, рыхлые дерново-подзолистые почвы имеют наименьшую плотность в лесной подстилке – от 0,15 до 0,40 г/см<sup>3</sup>, в гумусовых горизонтах она повышается от 0,8 до 1,0 г/см<sup>3</sup>, а в гумусовых горизонтах подзолистых почв плотность сложения возрастает от 1,2 до 1,4 г/см<sup>3</sup>. В иллювиальных горизонтах эта величина повышается от 1,5–1,6, а в материнской породе от 1,4–1,6 г/см<sup>3</sup>. Гумусовые горизонты под сомкнутыми ельниками имеют плотность 0,9–1,1, под березняками 1,0–1,3, под злаками – 1,2–1,4. Наиболее благоприятной для развития растительности является плотность верхних горизонтов почв в пределах 0,95–1,15 г/см<sup>3</sup>. Предельной величиной характеризуются глеевые горизонты почв с максимальной величиной плотности сложения 2,0 г/см<sup>3</sup>. При увеличении плотности почв до 1,6–1,7 г/см<sup>3</sup> корни древесных пород практически в почву не проникают, а сельскохозяйственные растения снижают урожай в 3–4 раза. Для зерновых и пропашных культур оптимальная плотность сложения почвенных горизонтов является 1,2–1,35, для овощных 1,0–1,2, для культур защищенного грунта – 0,4–0,6 г/см<sup>3</sup>. Почва считается рыхлой при плотности сложения гумусовых горизонтов 0,9–0,95, нормальной – 0,95–1,15, уплотненной – 1,15–1,25 и сильно уплотненной – более 1,25 г/см<sup>3</sup>.

***Величина плотности почвы используется для вычисления порозности, запасов воды, питательных веществ, гумуса, микроэлементов, норм полива при орошении и т. п.***

В результате неплотного прилегания частиц почвы друг к другу между ними остаются промежутки или поры, которые делятся на ***капиллярные*** и ***некапиллярные***. Капиллярные поры – это поры, находящиеся между мельчайшими почвенными частицами и в которых вода передвигается под действием капиллярных сил. Некапиллярные поры расположены между структурными отдельностями или крупными механическими элементами почвы. ***Пористость*** – это суммарный объем пор в единице объема почвы. Выражается в процентах от объема. Общую пористость (скважность) обычно вычисляют по показателям плотности сложения почвы и плотности твердой фазы почвы. Пористость играет важную роль в водно-воздушном режиме

почвы и зависит от минералогического состава, содержания гумуса, механического состава и плотности почвы. Для минеральных почв пористость составляет 26–80 %, торфяно-болотных – более 80–90 %. Оптимальная величина пористости (скважности) пахотного слоя почвы – 55–65 %. Поверхностные гумусированные лесные почвы под дубравами имеют порозность 60–70 % и более, слабо гумусированные поверхностные слои почв под еловыми и сосновыми лесами – 40–50 %.

Наибольшая порозность (80–90 %) наблюдается в органогенных горизонтах (лесной подстилке, травяном войлоке, торфе). В минеральных гумусированных горизонтах она равна 55–65 %, в верхних безгумусных 45–55 %, в нижних горизонтах почвы может быть ниже 45 %. Минимальная порозность (около 30 %) наблюдается в глеевых горизонтах. Наилучшие условия для развития корневых систем древесных пород создаются при порозности почвы, равной 55–65 %; при порозности 35–40 % корни проникают в почву с трудом. Для нормального развития растений порозность аэрации должна быть не менее 20 % объема почвы.

В структурных почвах, состоящих из большого числа агрегатов, различают межагрегатную порозность и порозность самих агрегатов (агрегатную).

## Вопросы для самоконтроля

- 1 Что относится к общим физическим свойствам почвы?
- 2 Дайте определение плотности твердой фазы почвы.
- 3 От чего зависит плотность твердой фазы почвы?
- 4 Дайте определение плотности сложения почвы.
- 5 Дайте определение понятию пористость (порозность).
- 6 Какие виды порозности бывают?
- 7 Какие почвы имеют наибольшую пористость (наименьшую)?

## Лабораторная работа 1

**Цель работы:** определение плотности твердой фазы почвы.

**Материалы и оборудование:** фарфоровая ступка; сито с диаметром отверстия 1 мм; электронные весы; алюминиевые бюксы; сушильный шкаф; пикнометр или мерные колбы на 100 мл; стеклянная воронка; часовое стекло; электрическая плитка.

**Реактивы:** H<sub>2</sub>O дистиллированная.



## Ход работы

### 1 Подготовка пробы для анализов

Образец воздушно-сухой почвы растереть в ступке, пропустить через сито с диаметром отверстия 1 мм. Оставшиеся на сите корешки растений, крупный песок, новообразования карбонатов и железа не отбрасывать, а

размельчить и добавить в пробу. Из пробы взять четыре навески примерно по 10–15 г и взвесить. Две из них взять в бюксы (чтобы определить гигроскопическую влагу), а две другие – для определения плотности твердой фазы.

### 2 Определение плотности твердой фазы почвы

В пикнометр (или мерную колбу на 100 мл) налить до метки прокипяченную и охлажденную дистиллированную воду, измерить температуру и взвесить. Затем вылить немного более 1/2 объема воды и всыпать через сухую воронку в него навеску почвы. Чтобы смыть с воронки пылеватую часть навески, ее ополаскивают в тот же пикнометр. Чтобы удалить воздух из почвы, пикнометр с водой и почвой – пески и супеси – кипятить в течение получаса, а суглинки и глины – час, доливая дистиллированной водой по мере выкипания до половины его объема.

После кипячения пикнометр охладить, долить водой до первоначального объема и взвесить ( $P_{в.н.}$ ). Зная гигроскопическую влагу, определить сухую навеску  $m$ , помещенную в пикнометр.

$$m = \frac{M \times 100}{100 + W_2},$$

где  $M$  – вес воздушно-сухой средней пробы;

$W_2$  – гигроскопическая влага в процентах к весу сухой почвы.

Вычислить плотность твердой фазы почвы по формуле

$$d = \frac{m}{P_0 + m - P_{в.п.}},$$

где  $d$  – плотность твердой фазы, г/см<sup>3</sup>;

$m$  – масса абсолютно сухой почвы, г;

$P_0$  – масса пикнометра с водой, г;

$P_{в.п.}$  – масса пикнометра с водой и почвой.

Результаты взвешиваний занести в таблицу 9. Определение следует признать удовлетворительным, если расхождение двух анализов не превышает  $0,02 \text{ г/см}^3$ .

Таблица 9 – Результаты взвешиваний

№ пикно-но-метра	Масса пикно-метра с водой, г	Навеска воздушно-сухой почвы, г	Гигроскопическая влажность, %	Навеска абсолютно сухой почвы, г	Масса пикнометра с водой и почвой, г	Плотность твердой фазы почвы, $\text{г/см}^3$

## Лабораторная работа 2

**Цель работы:** определение плотности сложения почвы.

**Материалы и оборудование:** стальные цилиндры (кольца), нож, сушильный шкаф, металлический цилиндр с сетчатым дном, фильтровальная бумага, электронные весы с точностью до  $0,01 \text{ г}$ , линейка.

### Ход работы

#### 1 Определение плотности сложения почвы (объемного веса) в образцах с ненарушенным строением

В почвенном разрезе выделить генетические горизонты или слои почвы, из которых будут брать пробы для определения плотности.

Стальные цилиндры (кольца) строго определенной массы и объема с заточенной кромкой врезать в почву с помощью специальной направляющей так, чтобы верхний край цилиндра был точно на уровне почвы. Почву вокруг цилиндра окопать, подрезать снизу ножом и вынуть из стенки разреза. Почву с нижнего заточенного конца цилиндра срезать вровень с его краями, очистить наружные стенки от приставшей почвы, закрыть крышками с обеих сторон, снабдить этикетками и доставить в лабораторию.

Цилиндры с почвой поместить в сушильный шкаф и сушить при температуре  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  до постоянной массы. После высушивания определить абсолютно-сухую массу, а за тем величину плотности.

$$P = \frac{m}{V},$$

где  $P$  – объемный вес почвы, г/см<sup>3</sup>;

$m$  – абсолютно-сухую массу, г;

$V$  – объем цилиндра, см<sup>3</sup>;

При необходимости параллельно определить влажность образца.

Результаты измерений занести в таблицу 10.

Таблица 10 – Результаты измерений

Генетический горизонт	Номер цилиндра	Масса пустого цилиндра, г	Объем цилиндра, см <sup>3</sup>	Масса цилиндра с влажной почвой, г	Масса цилиндра с сухой почвой, г	Масса сухой почвы, г	Влажность почвы, %	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>

## 2 Определение плотности сложения (объемного веса) почвы из рассыпного образца (метод Е. А. Домрачевой)

На весах взвесить с точностью 0,01 г пустую литровую колбу с меткой на шейке ( $P_n$ ). Колбу наполнить до метки воздушно-сухой почвой, просеянной через сито с диаметром ячеек 3 мм.

Определить гигроскопичность почвы. Насыпать в цилиндр почву из нерастертого образца, уплотняя ее по мере наполнения постукиванием о ладонь. Колбу с почвой взвесить ( $P_{к.с}$ ) и определить вес 1 л воздушно – сухой почвы ( $P_c$ ). Для чего из полученного веса ( $P_{к.с}$ ) вычесть вес сосуда ( $P_n$ ).

Зная влажность  $W_2$  и вес воздушно-сухой почвы ( $P_c$ ), найти вес 1 л сухой почвы  $m$  по формуле (4). Отнеся вес 1 л почвы  $m$  к весу 1 л воды (то есть 1 000 г), получим объемный вес почвы по формуле (11).

$$d_v = \frac{m}{V},$$

где  $d_v$  – объемный вес почвы г / см<sup>3</sup>;

$m$  – масса сухой почвы, г;

$V$  – объем колбы, см<sup>3</sup>.

Занести результаты измерений в таблицу 11.

Таблица 11 – Результаты измерений

Генетический горизонт и глубина взятия образца	№ цилиндра	Масса цилиндра, г	Масса цилиндра с почвой, г	Масса воздушно сухой почвы, г	Объем почвы в цилиндре, см <sup>3</sup>	Гигроскопическая влажность почвы, %	Масса сухой почвы, г	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>

### Лабораторная работа 3

**Цель работы:** определение пористости почвы.

**Материалы и оборудование:** фарфоровая ступка; сито с диаметром отверстия 1 мм; электронные весы; алюминиевые бюксы; пикнометр или мерные колбы на 100 мл; стеклянная воронка; часовое стекло; электрическая плитка; стальные цилиндры (кольца); нож; сушильный шкаф; металлический цилиндр с сетчатым дном; фильтровальная бумага; линейка.

**Реактивы:** Н<sub>2</sub>О дистиллированная.

### Ход работы

#### Определение пористости почвы

Объем пор, или порозность, определяют различными методами, а наиболее часто по объемному и удельному весу почвы.

Вычисление порозности производится по формуле:

$$P_{\text{общ}} = 1 - \frac{d_v}{d} \times 100 \%,$$

где  $P_{\text{общ}}$  – порозность почвы, %;

$d_v$  – плотность сложения почвы, г/см<sup>3</sup>;

$d$  – плотность твердой фазы почвы, г/см<sup>3</sup>.

## 2 Определение порозности аэрации

Вычисление порозности аэрации производится по формуле:

$$P_{\text{аэр}} = P_{\text{общ}} - P_W,$$

где  $P_W$  – объем пор, занятых водой, %;

Объем пор, занятых водой вычислить по формуле

$$P_W = d_V \times W_2,$$

где  $d_V$  – плотность сложения, г/см<sup>3</sup>;

$W_2$  – гигроскопическая влажность почвы, %.

Занести результаты вычислений в таблицу 12.

Таблица 12 – Результаты вычислений

№ образца	Плотность твердой фазы почвы, г/см <sup>3</sup>	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	Общ. порозность (воздухоёмкость), %	Влажность почвы, %	Порозность аэрации (воздухообеспеченность), %

## Тема 5. Кислотность, щелочность и буферность почв

- 5.1 Определение обменной кислотности образцов почвы.
- 5.2 Определение гидролитической кислотности по Г. Каппену.
- 5.3 Определение активного алюминия по методу Соколова.
- 5.4 Определение кислотности почв экспресс-методом.

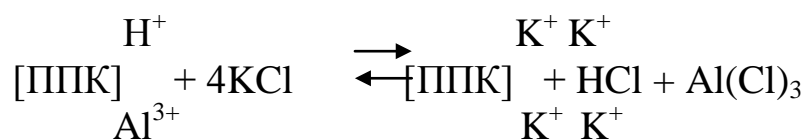
### Основные понятия по теме

При разложении органических остатков образуется много органических кислот, которые при определенных условиях нейтрализуются не полностью, и поэтому почвы приобретают кислую реакцию. Особенно часто это наблюдается под лесной растительностью, что отражается в свою очередь на ходе почвообразования и на многих свойствах лесных почв. Первоисточником кислотности любой почвы являются водородные ионы угольной, и особенно органических, кислот, образующихся при разложении органических остатков и выделяемых корнями растений. **Реакцию почвенного раствора выражают величиной  $pH$ , представляющей собой отрицательный логарифм концентрации водородных ионов в растворе.** В зависимости от состава растворенных веществ и характера их взаимодействия с твердой фазой почв, определяющих соотношение между концентрациями водородных и гидроксильных ионов в почвенном растворе, почвы могут иметь **нейтральную ( $pH$  7), кислую ( $pH$  менее 7) или щелочную ( $pH$  более 7) реакцию.**

Носителями кислотности могут быть почвенный раствор и почвенные коллоиды. Кислотность обуславливается наличием ионов водорода и алюминия в почвенном растворе и в поглощающем комплексе. В зависимости от места нахождения этих ионов она делится на два вида: **актуальную (активную) и потенциальную (скрытую)**, которая, в свою очередь, подразделяется на обменную и гидролитическую.

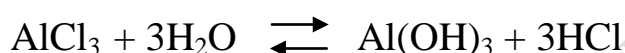
**Потенциальная кислотность** – кислотность твердой фазы почвы. Она обусловлена наличием ионов водорода и алюминия в ППК в поглощенном состоянии. Подразделяется на два вида: обменную и гидролитическую.

**Обменная кислотность** обусловлена наличием в поглощенном состоянии ионов водорода и алюминия, способных обмениваться на катионы нейтральных солей, например, хлорида калия.



Катионы калия поглощаются почвой, а из поглощающего комплекса в раствор переходят ионы водорода, в результате этого почвенный раствор подкисляется. Кроме поглощенного водорода в сильноокислых минеральных почвах находится поглощенный алюминий, также способный переходить в раствор при взаимодействии почвы с нейтральными солями.

В растворе хлористый алюминий подвергается гидролитической диссоциации с образованием слабого основания и сильной кислоты



Следовательно, обменная кислотность – это кислотность, обусловленная обменно-поглощенными ионами водорода и алюминия, которые извлекаются из почвы при ее обработке раствором нейтральной соли. Подвижный алюминий может находиться только в кислых подзолистых почвах, имеющих рН ниже 5–5,5. Особенно много подвижного алюминия во вновь осваиваемых почвах, вышедших из-под лесных раскорчевок. Избыточное количество  $\text{Al}^{3+}$  в почвенном растворе токсически действует на многие растения и микроорганизмы, поэтому количественный учет подвижного алюминия в кислых почвах необходим, чтобы выявить степень участия его в обменной кислотности и принять меры к его обезвреживанию.

Важность определения алюминия:

– *наряду с обменным водородом обуславливает величину обменной кислотности. Таким образом, определение позволяет установить природу почвенной кислотности;*

– *подвижный алюминий переводит фосфорную кислоту почвы, необходимый элемент жизнедеятельности растений, в неподвижную форму;*

– *растения угнетаются при содержании подвижного алюминия более 3–4 мг и погибают при количестве его 7–8 мг на 100 г почвы.*

Система удобрений в севообороте, предусматривающая известкование, фосфоритование и внесение органических удобрений, способствует окультуриванию почв, а также переводит подвижный алюминий в менее подвижные формы.

В величину обменной кислотности входит и актуальная кислотность. Следовательно, обменная кислотность всегда больше, чем актуальная, а рН солевой вытяжки ниже рН водной.

Природа обменной кислотности зависит от состава и свойств почвенных коллоидов. Кислотность органических почвенных коллоидов (гумусовые кислоты) обусловлена главным образом обменным водородом, причем его непосредственным источником служат органические кислоты, включая гумусовые, и угольная кислота. Обменная кислотность наиболее ярко выражена в подзолистых и красноземных почвах (рН 3–4). В почвах, имеющих слабокислую реакцию водной вытяжки, обменная кислотность незначительна, а в щелочных – вообще отсутствует. Она не проявляется или слабо проявляется в оподзоленных и выщелоченных черноземах, а в почвах с нейтральной или щелочной реакцией не обнаруживается и не определяется. Для пахотного слоя дерново-подзолистых почв рН солевой вытяжки колеблется от 4 до 6, а в хорошо окультуренных почвах повышается до 6,0–6,5.

Обменная кислотность – только часть потенциальной, так как при обработке почвы нейтральными солями вытесняются не все поглощенные ионы водорода. **Гидролитическая кислотность (Hr)** определяется наличием в почве поглощенных ионов водорода и алюминия, способных обмениваться на катионы гидролитически щелочных солей. Эта кислотность обнаруживается в растворе после обработки почвы уксуснокислым натрием и включает все содержащиеся в почве ионы водорода – не только легко подвижные, но и менее подвижные, способные к замене на основания лишь при щелочной реакции среды.

При обработке почвы раствором гидролитически щелочной соли  $\text{CH}_3\text{COONa}$  вследствие щелочной реакции среды вытесняется, помимо подвижных ионов, и менее подвижная часть поглощенных ионов водорода.



Гидролитическая кислотность обычно больше обменной, и она может рассматриваться как суммарная кислотность почвы, состоящая из актуальной и потенциальной кислотности.

**Гидролитическая кислотность является первой формой кислотности, появляющейся при обеднении почвы основаниями.** Собственно она (при отсутствии обменной) не вредна для растений, но важна для установления доз извести при известковании и при определении границы эффективности фосфоритной муки. Гидролитическая кислотность имеется в большинстве черноземов (за исключением южных), в то время как обменная кислотность в них отсутствует. В дерново-подзолистых почвах ее уровень может быть значительным при сильно выраженной обменной кислотности, и в этих почвах она



характеризует насыщенность почв основаниями. Этот показатель обязательно нужно учитывать при определении потребности почв в известковании, так как при равных значениях гидролитической кислотности в почве может быть разное количество оснований. Кроме того, при определении степени нуждаемости почв в известковании нужно учитывать обменную кислотность ( $pH_{KCl}$ ) и гранулометрический состав почв.

Метод определения гидролитической кислотности основан на обработке почвы раствором уксуснокислого натрия, при отношении почвы к раствору 1:2,5 для минеральных горизонтов почв и пород, 1:150 для торфяных и других органических горизонтов почв с последующим определением кислотности суспензий по величине их pH или определением ионов водорода титрованием щелочью.

На кислых почвах растения плохо используют элементы почвенного питания, что не способствует хорошему развитию корневой системы.

Все растения по-разному реагируют на почвенную кислотность. Поэтому очень важно для практических целей учитывать индивидуальность и требовательность каждой культуры в отдельности к кислотности почвы.

Требования растений к реакции почвы не ограничивается лишь одним конкретным значением pH. Они могут иметь границы оптимальных значений pH. ***Оптимальная реакция pH почвы улучшает внешний вид и повышает продуктивность (урожайность) растений.***

Для уменьшения кислотности почвы используют известь. Необходимо подчеркнуть, что известкуют только те почвы, которые имеют избыточную кислотность для данного растения. Для известкования применяют удобрения, содержащие карбонат кальция.

Для быстрого определения кислотности почв в полевых и лабораторных условиях используется устройство анализа кислотности почв (УАКП). С помощью данного устройства кислотность можно определить в пределах pH – 4–8, с точностью  $pH \pm 1$ . Устройство допускает эксплуатацию при температуре окружающей среды от 5 до + 60 °C и относительной влажности 90 %.

## **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Чем обуславливается почвенная кислотность?
- 2 Что такое потенциальная кислотность?
- 3 Что такое обменная кислотность?

4 Какое вредное действие на растения оказывает избыточное содержание подвижного алюминия в почвах?

5 Что такое гидролитическая кислотность?

6 На чем основан метод определения гидролитической кислотности в почве?

7 Каким образом влияет на рост и развитие растений избыточная или недостаточная кислотность почвы?

## Лабораторная работа 1

**Цель работы:** определение обменной кислотности.

**Материалы и оборудование:** стаканчик на 50 мл; фильтровальная бумага; сито с ячейкой 1 мм; электронные весы; фарфоровая ложка. рН-потенциометр; стеклянные палочки; промывалка.

**Реактивы:** 1н р-ра KCl, хингидрон, стандарт-титры, H<sub>2</sub>O дистиллированная.

### Ход работы

#### 1 Отбор пробы для анализа, приготовление солевой вытяжки

##### Для минеральной почвы

Навеску почвы 10 г (почва в воздушно-сухом состоянии) перенести в колбу на 50 мл, прилить 25 мл 1н раствора KCl, рН которого 5,6–6,0, затем тщательно перемешать, закрыть пробкой (накрыть фильтровальной бумагой) и оставить стоять на 18–24 часа.

##### Для торфа

Торф довести до воздушно-сухого состояния, растереть и просеять через сито с ячейкой 1мм. Взять навеску 1–1,5 г, прилить 25 мл 1н KCl, рН которого равен 5,6–6,0; взбалтывать смесь 10 мин, а потом оставить в покое на сутки.

Можно определять рН через 20–30 мин после отстаивания, предварительно прибавив 0,1 г хингидрона и размешав.

### Измерение рН

Провести настройку рН-метра по трем буферным растворам с рН 4,01, 6,86 и 9,18, приготовленным из стандарт-титров. Показания считать после прекращения дрейфа измерительного прибора или не ранее чем через 1,5 мин. после погружения электродов в измеряемую среду.

Перед установкой стаканчиков под электроды вытяжку взмучивают. После каждого измерения электроды обмыть дистиллированной водой из промывалки и обсушить фильтровальной бумагой. Во время работы периодически проверять настройку прибора по буферному раствору с рН 6,86.

### **Обработка результатов**

За результат анализа принять значение единичного определения рН. Значение рН считывать со шкалы прибора с точностью не ниже 0,1 единицы рН. Допускаемые отклонения от среднего арифметического результата повторных анализов при выборочном статистическом контроле при вероятности  $P = 0,95$  составляют 0,2 единицы рН.

## **Лабораторная работа 2**

**Цель работы:** определение гидролитической кислотности в почвенных образцах.

**Материалы и оборудование:** сито с круглыми отверстиями диаметром 1–2 мм; электронные весы; склянки на 250 мл; фарфоровая ложка; стеклянные палочки; фильтр (плотный «синяя лента»); стеклянные воронки; колбы на 100 мл; стеклянные стаканчики; пипетки; коническая колба емкостью 200–250 мл; установка для титрования.

**Реактивы:** 1н р-р  $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (рН = 8,2–8,3); 1 %-ный спиртовой р-р фенолфталеина; 0,1н р-р NaOH.

### **Ход работы**

#### **1 Отбор пробы для анализа**

Образцы почвы довести до воздушно-сухого состояния, измельчить, пропустить через сито с круглыми отверстиями диаметром 1–2 мм. Масса пробы для минеральных горизонтов почв и пород – 30 г. Ответить 10 г воздушно-сухой почвы (торфа 4–5 г, если один сфагнум – 2 г).

#### **2 Приготовление солевой вытяжки**

Навеску поместить в склянку на 250 мл, прилить 100 мл 1н раствора уксуснокислого натрия, закрыть пробкой и взболтать в течении 60 мин (или 5 мин с последующим отстаиванием в течение суток).

Раствор отфильтровать через сухой складчатый фильтр (плотный «синяя лента»). Перед фильтрованием содержимое склянки взболтать от руки и перенести на фильтр большую часть почвы. Первые 10–20 мл фильтрата вылить, если фильтрат мутный, то его перефильтровать через тот же фильтр.

### 3 Определение содержания ионов $H^+$ при помощи титрования

Пипеткой взять 50 мл фильтрата, поместить в коническую колбу емкостью 200–250 мл для титрования. Прибавить 2–3 капли индикатора фенолфталеина и титровать 0,1н NaOH до слабо-розовой окраски, не исчезающей в течении 1 мин.

### 4 Математическая обработка результатов

По количеству затраченной на титрование щелочи вычислить величину гидролитической кислотности в мг-экв. [H] на 100 г воздушно-сухой почвы вычисляют по формуле

$$H = \frac{a \times K \times 100 \times 100 \times 1,75}{50 \times b \times 10},$$

где H – величина гидролитической кислотности в мг-экв;

a – количество щелочи, израсходованной на титрование, мл;

K – поправка к титру щелочи;

1,75 – поправка на полноту вытеснения ионов  $H^+$  и  $Al^{3+}$  (эмпирический коэффициент);

50 – количество фильтрата, взятого на титрование;

b – навеска почвы, г;

10 – коэффициент перехода от миллилитров к милли-эквивалентам.

## Лабораторная работа 3

**Цель работы:** определение подвижного алюминия в почвенных образцах по методу Соколова.

**Материалы и оборудование:** сито (1 мм); пинцет; фарфоровая ступка с пестиком; фарфоровая ложка; весы электронные; стеклянный стаканчик на 250 мл; стеклянная палочка; мерный цилиндр, складчатый беззольный фильтр; коническая колба емкостью 50 мл; пипетка мерная; электрическая плитка; установка для титрования.

**Реактивы:** 1н р-р KCl; 0,02н р-р NaOH; 3,5 % р-р NaF (KF); 10 % р-р  $NH_4SCN$ ; фенолфталеин; метиловый красный; бромтимоловый синий.

## Ход работы

### 1 Приготовление солевой вытяжки

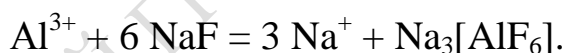
На весах отвесить 40 г почвы, пропущенной через сито с диаметром ячеек 1 мм. Поместить в склянку емкостью 250 мл. Прилить 100 мл 1н р-ра KCl. Взбалтывать в течении 1 ч. Отфильтровать вытяжку через складчатый беззольный фильтр. Взять пипеткой две пробы прозрачного фильтрата по 25 мл каждая. Поместить в конические колбы из термостойкого стекла на 50 мл. Содержимое обеих колб нагреть до кипения для удаления CO<sub>2</sub>.

### 2 Горячее титрование

В одну из колб добавить 2–3 капли фенолфталеина и титровать горячий р-р 0,02н раствором NaOH до слаборозовой окраски, не исчезающей в течении 1 мин. Пошедшее на титрование этой пробы количество щелочи, соответствует суммарному содержанию ионов H<sup>+</sup> и Al<sup>3+</sup> во взятом объеме вытяжки, то есть ее общей обменной кислотности.

### 3 Холодное титрование

В другую колбу прилить 1 мл 3,5 %-ного р-ра NaF для связывания Al<sup>3+</sup> в комплексный ион:



Содержимое хорошо перемешать, дать осадку отстояться примерно 5 мин, добавить 2–3 капли фенолфталеина и титровать раствор той же щелочью, как и в первый раз. Расход NaOH на титрование соответствует содержанию во взятом количестве фильтрата обменных ионов H<sup>+</sup>.

### 4 Математическая обработка данных

По разности миллилитров титрованного раствора NaOH затраченных на первое и второе титрование, узнать содержание водородных ионов, эквивалентных подвижному Al<sup>3+</sup>.

Когда подвижного алюминия в почве нет, на первое и второе титрование щелочи расходуется одинаковое количество.

Содержание подвижного алюминия вычисляют в мг-экв или в мл на 100 г почвы по формуле

$$A = \frac{(a - b) \times K_{\text{NaOH}} \times 100 \times 0,18}{c},$$

где  $A$  – содержание  $Al$ , мг на 100 г почвы;

$a$  – количество мл 0,02н NaOH, израсходованное при горячем титровании;

$b$  – количество мл 0,02н NaOH, израсходованное при холодном титровании;

$K_{NaOH}$  – поправка к титру щелочи;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;

0,18 – коэффициент пересчета  $Al^{3+}$  в мг, так как 1 мл 0,02н NaOH соответствует 0,18 мл  $Al^{3+}$ ;

$c$  – навеска почвы, соответствующая взятому для одного титрования объему жидкости. Чтобы её найти, необходимо составить пропорцию.

## Лабораторная работа 4

**Цель работы:** определение кислотности почвы экспресс- методом.

**Материалы и оборудование:** устройство анализа кислотности почв (УАКП); пинцет; фарфоровая ступка с пестиком; фарфоровая ложка; весы электронные; стеклянный стаканчик; стеклянная палочка.

**Реактивы:** индикаторная жидкость.

### Ход работы

#### 1 Отбор пробы для анализа

Взять образец почвы в количестве 15–25 г, очистить ее от корешков и растительных остатков, растереть комочки и хорошо перемешать.

#### 2 Определение значения рН почвы

Для анализа берут 2–4 г почвы. Заполнить почвой на 1/3–1/2 сферическое углубление на кювете и прилить вначале 1н KCl, затем 4–5 капель индикаторной жидкости. Подождать 1–2 мин. Слегка наклонив кювету, дать окрасившемуся раствору стечь в продольную канавку. По идентичности окраски раствора с цветовой шкалой на приборе определить значение рН почвы.

Реакция почвы при рН 0–6,9 – кислая (цвет индикатора – красный), при рН 7 – нейтральная (цвет индикатора – желтый), при рН 7,1–14 – щелочная (цвет индикатора – пурпурный).

## Литература

- 1 Почвы Белорусской ССР / под общ. ред. Т. Н. Кулаковской, П. П. Рогового, Н. И. Смеяна. – Минск : Ураджай, 1974. – 328 с.
- 2 Ковда, В. А. Почвоведение : в 2 ч. Ч. 1. Почва и почвообразование : учебн. / В. А. Ковда, Б. Г. Розанов; под ред. Б. Г. Розанова. – М. : Высш. шк., 1988. – 400 с.
- 3 Ковда, В. А. Почвоведение : в 2 ч. Ч. 2. Типы почв, их география и использование : учебн. / В. А. Ковда, Б. Г. Розанов; под ред. Б. Г. Розанова. – М. : Высш. шк., 1988. – 368 с.
- 4 Блинцов, И. К. Практикум по почвоведению : учеб. пособие для вузов / И. К. Блинцов, К. Л. Забелло. – 3-е изд., испр. и доп. – Минск : Высш. шк., 1979. – 207 с.
- 5 Качинский, Н. А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения / Н. А. Качинский. – М. : Высш. шк., 1958. – 193 с.
- 6 Качинский, Н. А. Физика почв : в 2 ч. Ч. 1 / Н. А. Качинский. – М. : Высш. шк., 1965. – 321 с.
- 7 Полевые исследования и картографирование почв БССР / под ред. Н. И. Смеяна. – Минск : Ураджай, 1990. – 210 с.

*Производственно-практическое издание*

**Щеголихина Оксана Владимировна,  
Митин Николай Васильевич**

## **ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ, СОСТАВ И ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ**

Практическое пособие

Редактор *В. И. Шкредова*  
Корректор *В. В. Калугина*

Подписано в печать 25.09.2017. Формат 60×84 1/16.  
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,8.  
Уч.-изд. л. 3,1. Тираж 25 экз. Заказ 703.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования  
«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 3/1452 от 17.04.2017.  
Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013.  
Ул. Советская, 104, 246019, Гомель.



**О. В. Щеголихина, Н. В. Митин**

**ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ, СОСТАВ  
И ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ**



Гомель  
2017

