

**Министерство образования Республики Беларусь**

**Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»**

**О. В. ЩЕГОЛИХИНА, Н. В. МИТИН**

**ПОЧВОВЕДЕНИЕ С ОСНОВАМИ  
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
для студентов специальности  
1-75 01 01 «Лесное хозяйство»**

**Гомель  
УО «ГГУ им. Ф. Скорины»  
2009**

УДК 631.4:631.58(075.8)  
ББК 40.3:43.425.3:41.4 я73  
Щ 344

Рецензенты:  
кафедра лесохозяйственных дисциплин  
учреждения образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»

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

Щеголихина, О. В.  
Щ 344 Почвоведение с основами земледелия : практическое пособие для  
студентов специальности 1–75 01 01 «Лесное хозяйство» / О. В.  
Щеголихина, Н. В. Митин; М-во образования РБ, Гомельский  
государственный университет имени Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ  
им. Ф. Скорины, 2009. – 106 с.

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».

УДК 631.4:631.58(075.8)  
ББК 40.3:43.425.3:41.4 я73

© Щеголихина О. В., Митин Н. В., 2009  
© УО «Гомельский государственный  
университет им. Ф. Скорины», 2009

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Тема 1 Подготовка почвенных образцов к проведению анализов механического и химического состав.....	5
Тема 2 Морфологическое строение почвы.....	8
Тема 3 Минералогический и гранулометрический состав почвообразующих пород и почв .....	15
Тема 4 Водные свойства почвы .....	30
Тема 5 Физические и физико–механические свойства почвы .....	35
Тема 6 Кислотность, щелочность и буферность почв .....	42
Тема 7 Почвенный поглощающий комплекс, поглощательная способность почв и ее виды.....	51
Тема 8 Органическое вещество почвы .....	56
Тема 9 Химический состав минеральной части почв .....	65
Тема 10 Удобрения .....	74
Тема 11 Почвенные карты и картограммы .....	90
Тема 12 Сорняки и борьба с ними .....	94
Литература .....	105

## **Введение**

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, т.е. 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 Подготовка почвенных образцов к проведению анализов механического и химического состава**

1.1 Просушивание до воздушно-сухого состояния ранее взятых образцов почвы

1.2 Выделение среднего образца

1.3 Растирание почвенных образцов, отделение органических остатков

1.4 Определение процентного содержания почвенного скелета и органических остатков

### **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 и результаты будут менее точными.

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 освободиться корешки растений, которые следует выбирать пинцетом и присоединять к ранее отобранному органическому остаткам.

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.

## Вопросы для самоконтроля

- 1 Каким образом почву необходимо просушивать до воздушно-сухого состояния?
- 2 Что понимают под средней пробой?
- 3 Для чего необходимо выбирать органические остатки?

## Лабораторная работа

**Цель работы:** проведение анализа механического состава почвы.

**Материалы и оборудование:** образцы почвы; бумага; фарфоровая ложка; пинцет; фарфоровая ступка с деревянным пестиком; почвенное сито с отверстием 1 мм; электронные весы с точностью 0,01 г; пакеты (банки с притертыми крышками).

### Ход работы

#### *1 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.).

Для ускорения процесса просушки образцы почв следует регулярно перемешивать.

Так как при анализе используется не весь образец, то после достижения воздушно-сухого состояния, наступающего обычно через 3–5 суток после начала высушивания, из него выделяют среднюю пробу.

#### *2 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 (чем больше крупных минеральных частиц в почве, тем больше берут навеску, при массовых анализах средняя проба 100 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. Эта почва предназначена для определения ее механического состава полевыми методами, морфологических характеристик и т. д. Работу продолжить со средней пробой.

### **3 Отделение органических остатков**

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

### **4 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 каменистые 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.

### **5 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.

## Тема 2 МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПОЧВЫ

- 2.1 Изучение морфологических признаков почв
- 2.2 Описание, оценка окраски почвенных структур
- 2.3 Определение степени влажности
- 2.4 Определение механического состава полевым методом при скатывании сырых почв, при растирании сухих почв

### Основные понятия по теме

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:

**$A_o$  (AL, AF, AH)** – лесная подстилка, моховый очес. Под лесной растительностью – лесной опад, под степной травянистой растительностью на целинных землях и на лугах травянистый или степной войлок (опавшие стебли и листья). Подразделяется на: AL от слова (Laub) – свежий опад; AF (Fermation) – ферментация, слой, находящийся в стадии разложения – слой разложения с преобладанием слабо разложившихся растительных остатков, сохраняющих анатомическое строение; AH (Humus – гумус) – частично гумифицированный опад, смешанный с минеральной частью почвы;

**$A_1$**  – перегнойно-аккумулятивный или гумусовый горизонт;

**$A_n$**  – пахотный горизонт;

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

**$B$  ( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ )** – иллювиальный (вымывания) горизонт;  **$B_h$**  – может обогащаться гумусом), илом –  **$B_i$** , соединениями железа с карбонатами и т. д.;

**$C$**  (присутствие карбонатов –  **$C_k$** , гипса –  **$C_g$** , сульфатов –  **$C_s$** ) – материнская, малоизмененная почвообразованием порода;

**$T_n$**  – торфяной пахотный горизонт;

**$T$  ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  ...)** – 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. Иногда добавляют слова, характеризующие оттенок, то есть проявление третьего цвета.

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.

Для окраски горизонтов почвы за рубежом используется цветовая система Манселла.

Она была предложена в 1905 г. американским ученым Манселлом (А.Н. Munsell) и была пересмотрена в 1943г. Цветовой тон делится на пять основных цветов: красный (R), желтый (Y), зеленый (G), синий (B) и пурпурный (P). Кроме того, каждый цвет имеет 10 градаций. Мера яркости цвета, определяется в 11 градаций. Мера насыщенности (цветность) разбита на 15 ступеней. Таким образом, цвет в системе Манселла описывается набором из трех компонент: цветовой тон/ яркость/ насыщенность. Например, у ярко-красного цвета будет формула 5R/ 4/ 14, где 5R означает цветовой тон, 4 – яркость и 14 – насыщенность.

Цвет по шкале Манселла (Munsell) дает большую информацию о происходящих почвообразовательных процессах. Hue (оттенок) показывает ведущий почвообразовательный процесс, Value (яркость) – его интенсивность, Chroma (цветность) – степень гумусированности. Эта шкала имеет строго упорядоченную структуру, каждый оттенок имеет свой код, что позволяет довольно легко обрабатывать большой объем данных и избежать субъективности в оценке.

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.

Все лесохозяйственные мероприятия по созданию лесных культур, по уходу за лесом проводятся с учетом богатства почвы, ее влажности и потенциальной возможности образовывать высокопродуктивные и хозяйственно ценные насаждения. Поэтому при инвентаризации и устройстве лесных земель проектирование в зоне интенсивного лесного хозяйства базируется на почвенной основе.

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.

Таблица 1– Основные группы почвенных разностей  
(по Роговому П.П.) [14]

Основные группы почвенных разностей в Беларуси
Дерновые почвы Дерново-подзолистые почвы на:
Глинах и тяжелых суглинках
Суглинках средних и легких
Супесях
Песках
Дерново-подзолистые заболачиваемые почвы
Дерновые и торфяно-болотные почвы

Таблица 2 – Классификация почв по гранулометрическому составу  
(Н.А. Качинский) [15]

Содержание физической глины (частиц < 0,01мм), %			Краткое название почвы по гранулометрическому составу
Почвы подзолистого типа почвообразования	Почвы степного типа почвообразов ания	Солонцы и сильно солонцеватые почвы	
0 – 5	0 – 5	0 – 5	Песок рыхлый
5 – 10	5 – 10	5 – 10	Песок связный

Окончание таблицы 2

10 – 20	10 – 20	10 – 15	Супесь
20 – 30	20 – 30	15 – 20	Суглинок легкий
30 – 40	30 – 45	20 – 30	Суглинок средний
40 – 50	45 – 60	30 – 40	Суглинок тяжелый
50 – 65	60 – 75	40 – 50	Глина легкая
65 – 80	75 – 85	50 – 65	Глина средняя
> 80	> 85	> 65	Глина тяжелая

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, т.е. по внешним признакам и на ощупь.

### Вопросы для самоконтроля

- 1 Перечислите основные внешние морфологические признаки почв?
- 2 Чем определяется окраска почвенных горизонтов?
- 3 По каким признакам можно определить степень влажности почвы?
- 4 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 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. Например, «почва желто-бурого цвета с расплывчатыми сизоватыми пятнами и примазками».

## **2 Определение степени влажности**

Для определения степени влажности почва сжимается рукой в комки.

При описании почвы различают следующие степени влажности:

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

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

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

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

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

## **3 Определение механического состава**

На основе таблиц 3 и 4 определяют гранулометрический состав почв различными способами: «сухим растиранием» (методом «зеркал»), органолептически – скатыванием между пальцами.

Таблица 3 – 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 «плывун» 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.

### Окончание таблицы 3

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 4 – 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 5 – 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 3 Минералогический и гранулометрический состав почвообразующих пород и почв

3.1 Разделение почвы на группы или фракции механических элементов

3.2 Определение процентного содержания различных механических элементов в почве

### Основные понятия по теме

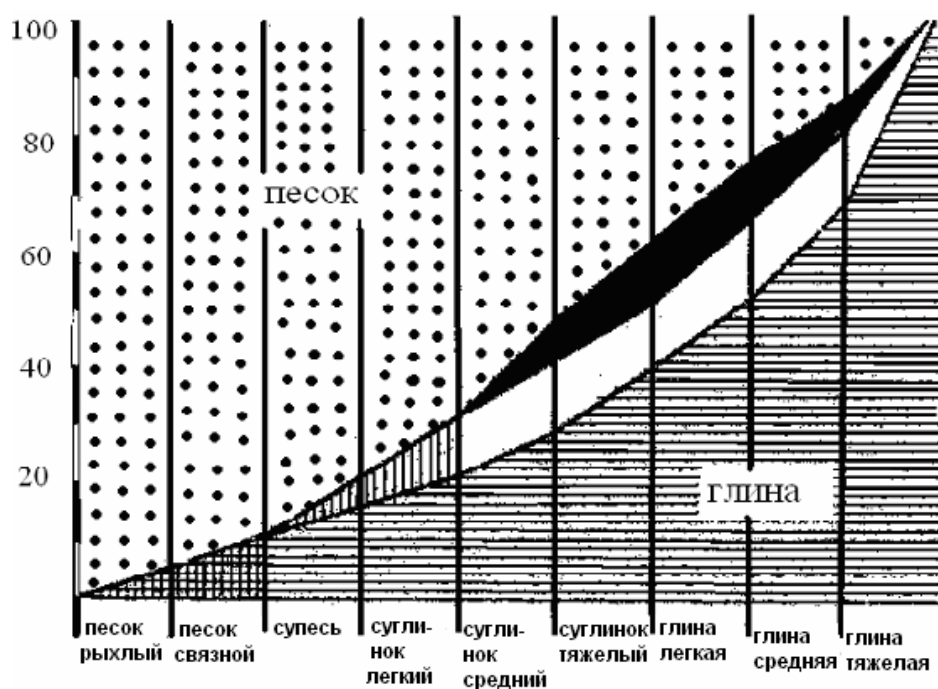
Механический (гранулометрический) состав почвы – соотношение в почве частиц различной крупности. Оценивается механический состав на основании сопоставления фракций: почвенного скелета (минеральных частиц крупнее 1мм), песка (1–0,05 мм), крупной пыли (0,05–0,01мм), пыли (0,01–0,001мм) и ила (<0,001мм). 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 6, на рисунке 1 представлено сопоставление относительного содержания илистых и песчаных почвенных частиц в различных типах почв.

Таблица 6 – 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	
0 – 5	0 – 5	100 – 95	100 – 95	Песок рыхлый
5 – 10	5 – 10	95 – 90	95 – 90	Песок связный
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

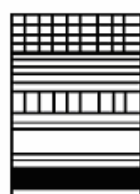
Окончание таблицы 6

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  
илистых частиц

типы почвообразования



5 - 10% песчаные типы почв  
> 20% солонцы и сильно солонцеватые почвы  
15 - 30% минеральные почвы за исключением сильно солонцевых  
20 - 40% подзолистый тип почвообразования  
40 - 80% степные, пустынные почвы, желтоземы и красноземы

Рисунок 1 – Соотношение илистых ( $< 0,001$  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 7.



Таблица 7 – 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 >0,01мм (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 определение 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 стеклянную банку, 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% HCl; 0,2н HCl; 0,05н HCl; H<sub>2</sub>O дист; 10% р-р NH<sub>4</sub>OH; 10% р-р CH<sub>3</sub>COOH; 4% р-р (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; 1н NaOH.

## Ход работы

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

### **1 Подготовка пробы для анализа**

Отвесить 100 г непросеянной почвы. Взятую пробу перенести в ступку для раздробления комков. При этом большие комки разбиваются головкой пестика, а заканчивается операция растиранием почвы другим концом пестика с мягким резиновым наконечником.

### **2 Отделение крупнозема**

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

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<sup>0</sup> С. 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.

### ***3 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% р-ра NH<sub>4</sub>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.

### ***4 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 минут совершенно прозрачной.

### ***5 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.

## ***Задание 2 Провести анализ механического состава почвы методом пипетки (модификация Н.А. Качинского)***

### ***1 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 глянцевої 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.

### ***2 Определения гигроскопической воды***

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

### ***3 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.

#### ***4 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<sub>2</sub>.

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<sub>2</sub>, на что идет около 200 мл 0,2н HCl, почву при помощи 0,05н HCl перенести из чашек на соответствующее 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% раствором аммиака NH<sub>4</sub>OH, добавляя последний до ясного запаха. Затем фильтрат подкислить несколькими каплями 10% уксусной кислоты, добавить в избытке 4% раствор щавелевокислого аммония (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 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<sub>2</sub>O (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 Cl.

При анализе бескарбонатных («невскипающих») почв обе навески сразу перенести на отдельные плотные фильтры воронок при помощи 0,05н HCl и промыть на последних, как было описано выше, до исчезновения реакции на Ca, а потом на Cl.

#### ***5 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 а - потеря от обработки, г;

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

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

где М – вес воздушно сухой средней пробы;

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

### **6 Выделение отдельных фракций**

Другая обработанная навеска с невзвешенного фильтра поступает в анализ для определения механического состава. Для этого фильтр с почвой 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 А<sub>1</sub> и А<sub>2</sub> – 1, для горизонтов В – 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 (рис. 2) из цилиндра в такой последовательности: первая проба – на глубине 25 см, в нее входят все частицы, равные и меньше 0,05 мм, т. е. все последующие пробы; вторая проба – на глубине 10 см, она содержит все частицы, равные и меньше 0,01 мм в диаметре, т. е. в нее входят вторая, третья и четвертая пробы; третья проба – также на глубине 10 см, она содержит частицы, равные и меньше 0,005 мм, т. е. 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.

На основании этих измерений вычислить среднюю температуру для взятия пробы.

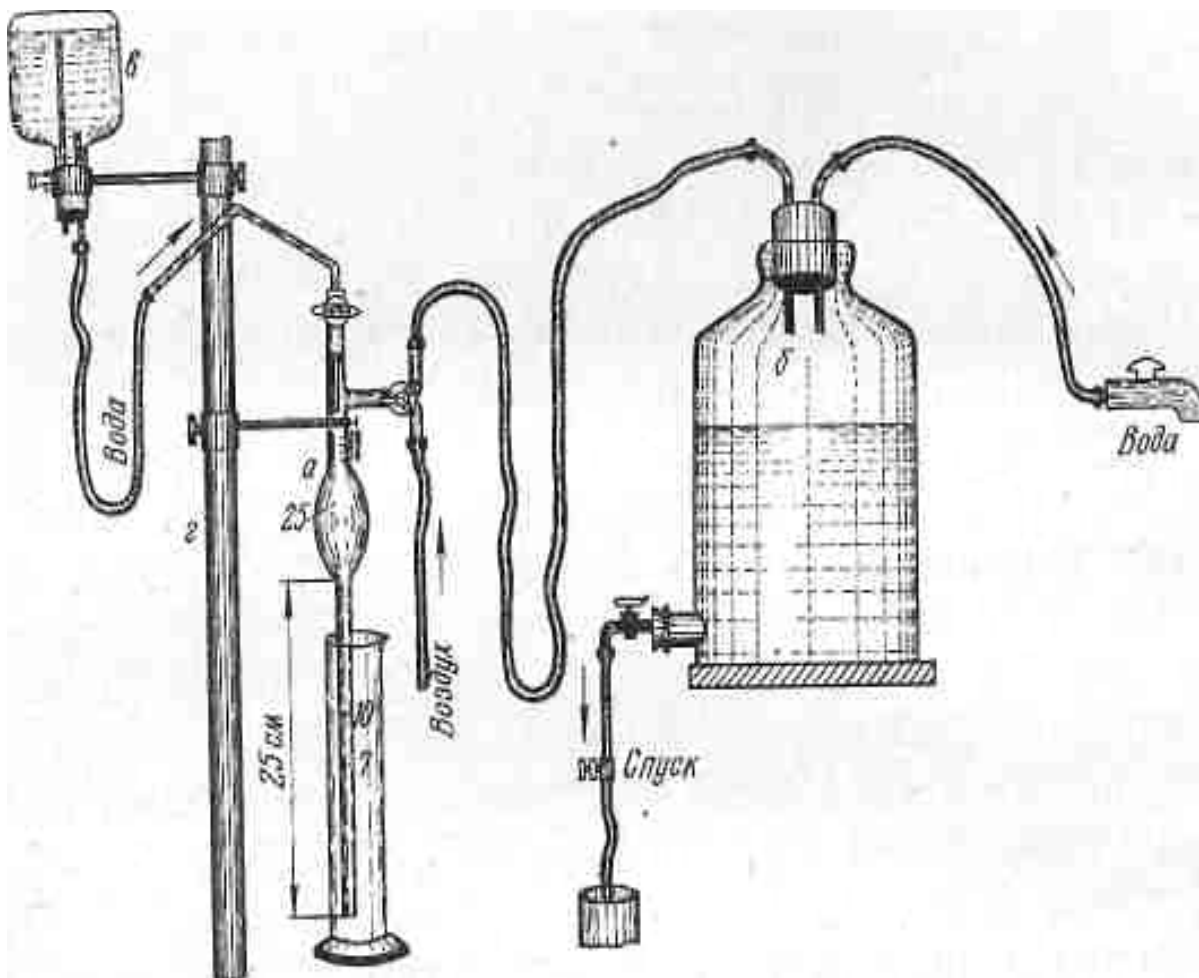


Рисунок 2 – Схема прибора для определения механического состава почвы методом пипетки:

а – пипетка; б – аспиратор для засасывания дисперсии; в – колба с дистиллированной водой для промывания пипетки а; г – штатив для крепления

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 устанавливают, учитывая удельный вес почвы, глубину погружения пипетки, замеренную температуру и скорость падения частиц определенных диаметров по таблице 8.



Таблица 8 – Время отстаивания проб дисперсии и глубина погружения пипетки в зависимости от температуры и удельного веса твердой фазы почвы

Диаметр частиц, мм, v	Удельный вес твердой фазы	Глубина взятия пробы, см	Интервалы для взятия проб дисперсии, час, мин, сек, при температуре, °C								
			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

Окончание таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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
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

Удельный вес твердой фазы найти предварительно или с помощью таблицы 9 удельных весов, полученных Н.А. Качинским.

Таблица 9 – Удельный вес твердой фазы различных почв по Н.А. Качинскому [15]

Глубина, см	Легкие кварцевые почвы всех типов	Суглинистые и глинистые почвы						
		подзолистые и серые лесные	черноземы обыкновенн ые и тучные	черноземы южные	каштановые	бурые и сероземы	красноземы первичные несмытые	солонцы
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. Бутылку, 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, соединяют ее с аспиратором, который 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 табл. 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;

1000 – 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 10.

Таблица 10 – 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, 1000 · a / b	В процентах от веса сухой почвы, 1000 · a · d / b · m

### Примеры расчета механического состава почвы и образцы записи

Определение состава почвы произвести из наличия в почве фракций размером 3 – 1 мм.

Предположим, что определение скелета почвы показало, что в ней содержится частиц 3 – 1 мм 3,5% на абсолютно сухую навеску почвы.

Тогда процентное содержание в почве частиц меньше 1 мм (d) равно:

$$100 - 3,5 = 96,5\%.$$

Приведем пример расчета фракций мелкозема:

- 1) воздушно-сухая навеска мелкозема 10,5650 г;
- 2) содержание гигроскопичной влаги 5,65%;
- 3) абсолютно сухая навеска m для анализа мелкозема

$$\frac{10,5650 \times 100}{100 + 5,65} = \frac{1065}{105,65} = 10,2;$$

- 4) вес фракций (из сит) размером 1–0,5 и 0,5–0,25 мм (или 1–0,25 мм)– 0,5365 г, или

$$\frac{0,5365 \times 96,5}{10} = 5,15\%;$$

- 5) потеря при обработке НС1 – 0,4536 г, или

$$\frac{0,4536 \times 96,5}{10} = 4,37\%.$$

- 6) форма записи данных проб, взятых пипеткой из литрового цилиндра, приведена в таблице 11.

Таблица 11 – Данные проб, взятых из литрового цилиндра (удельный вес 2,60, температура 22,5 °С)

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 а, г	в литре, 1000 · а / b	В процентах от веса сухой почвы, 1000 · а · d / b · m
25	109	<0,05	25	7	15,55235	15,5235	0,1721	6,8840	66.43
10	18.06	<0,01	26	8	16,4379	16,4379	0,1236	4,7538	45.87
10	1.12.26	<0,005	24	9	14,1215	14,2150	0,0935	3,8958	37.59
7	21.07.17	<0,001	25	10	17,2143	17,2873	0,0730	2,9200	28.18

7) процентное содержание отдельных фракций получаем по разности:

Размер фракций, мм	Вес фракций, %
0,05 – 0,01	$66,43 - 45,87 = 20,56$
0,01 – 0,005	$45,87 - 37,59 = 8,28$
0,005 – 0,001	$37,59 - 28,18 = 9,41$
<0,001	$28,18 - 0,4 = 27,78$

В суспензию внесено 1 мл 1н раствора NaOH, что входит в ил и составит 0,4% веса почвы. Истинное содержание ила  $28,18 - 0,4 = 27,78\%$ ;

8) процентное содержание частиц 0,25 – 0,05 мм вычисляется по разности:

$$100 - (3,5 + 5,15 + 20,56 + 8,284 + 9,41 + 27,78 + 4,37) = 20,95;$$

Потеря при обработке от НС1 в карбонатных почвах выделяется особой графой – сборная фракция, ее включают в 100% механического состава почвы и помещают в таблице перед песком. В бескарбонатных почвах всю потерю от обработки прибавляют к илистой фракции.

## Тема 4 ВОДНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

4.1 Определение гигроскопической влажности почвенного образца

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

4.3 Определение потерь от высушивания

4.4 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. Формы существования воды в почве показаны на рисунке 3.

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*.

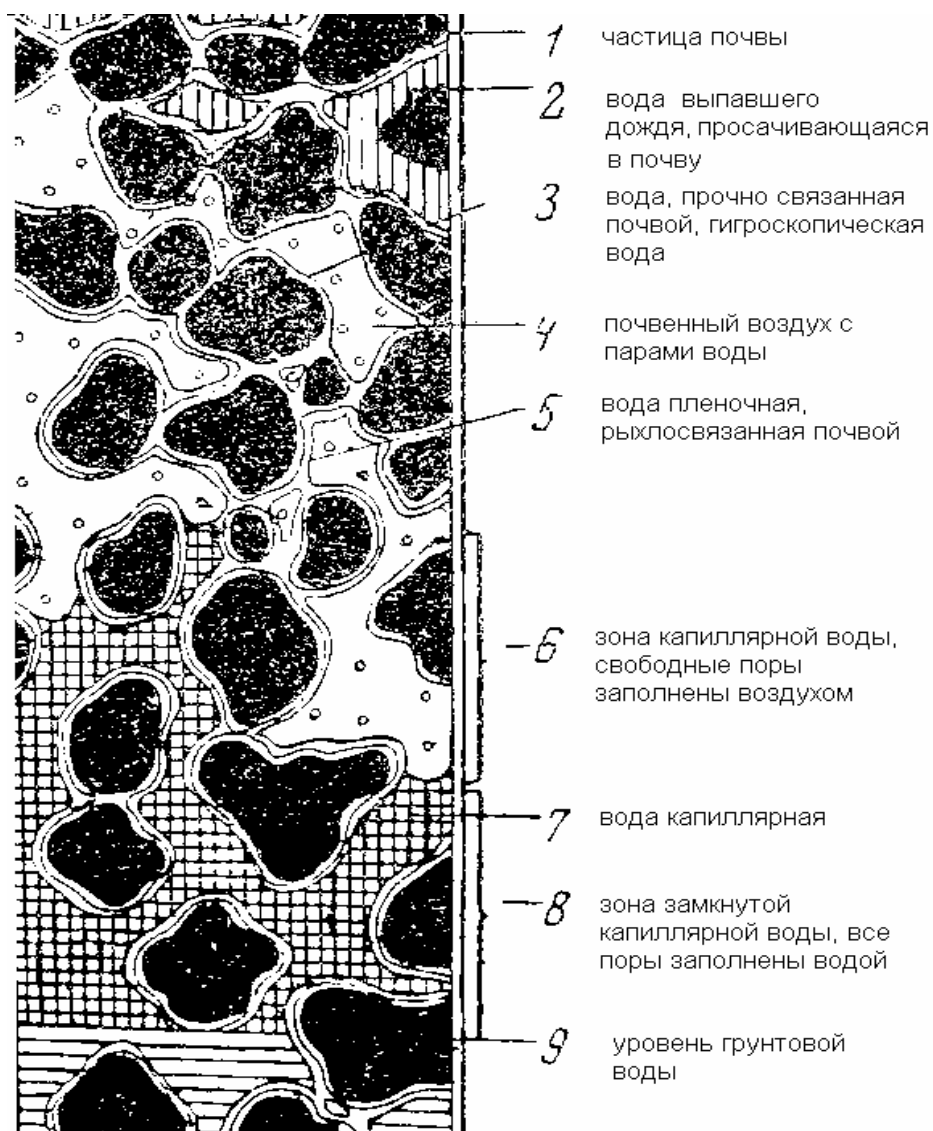


Рисунок 3 Формы существования воды в почве

### 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:**  $\text{H}_2\text{SO}_4$  конц. ( $\text{CaCl}_2$ ).

### Ход работы

#### *1 Подготовка навески почвы к проведению анализа*

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

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 0,0001.

#### *2 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.

#### *3 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:

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

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

$m_b$ ,  $m_c$ ,  $m_n$  – 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:

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

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

$W_r$  – 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:**  $H_2SO_4$  конц. ( $CaCl_2$ ).

### **Ход работы**

#### **1 Отбор пробы для анализа**

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

#### **2 Определение абсолютной (полевой) влажности почв**

Затем сушат до постоянного веса при  $105^0$  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.

#### **3 Математическая обработка данных**

Влажность вычисляют по формуле:

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

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

$m_B$  – масса воды, г;

$m_c$  – масса абсолютно сухой почвы, г.

## **Тема 5 ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ**

5.1 Определение плотности твердой фазы почвы (удельного веса)

5.2 Определение плотности сложения

5.3 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  $t = 4^\circ \text{C}$ . 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  $\text{г/см}^3$ .

В лабораторных условиях плотность твердой фазы почвы определяют пикнометрическим методом при помощи мерных колб (пикнометров) и выражают в  $\text{г/см}^3$ . Объем твердой фазы почвы находят по массе воды, вытесненной навеской сухой почвы. При этом исходят из того, что при  $t = 4^\circ \text{C}$  1 грамм 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  $t = 4^\circ \text{C}$ .

***Плотность сложения почвы (объемный вес почвы)*** – это масса единицы объема абсолютно-сухой почвы, взятой в естественном сложении, выраженная в  $\text{г/см}^3$ .

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 –  $0,15 \dots 0,40 \text{ г/см}^3$ , в гумусовых горизонтах она повышается до  $0,8 \dots 1,0 \text{ г/см}^3$ , а в гумусовых горизонтах подзолистых почв плотность сложения возрастает до  $1,2 \dots 1,4 \text{ г/см}^3$ . В иллювиальных горизонтах эта величина повышается до  $1,5 - 1,6$ , а в материнской породе до  $1,4 - 1,6 \text{ г/см}^3$ . 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  $0,95 - 1,15 \text{ г/см}^3$ . Предельной величиной характеризуются глеевые горизонты почв с максимальной величиной плотности сложения  $2,0 \text{ г/см}^3$ . При увеличении плотности почв до  $1,6 - 1,7 \text{ г/см}^3$  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 –  $0,4 - 0,6 \text{ г/см}^3$ . 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  $1,25 \text{ г/см}^3$ .

***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 режимах 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 От чего зависит плотность сложения почвы?
- 6 Дайте определение понятию пористость (порозность).
- 7 Какие виды порозности бывают?
- 8 Чем определяется пористость почвы?
- 9 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 дист.

### **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 ( $P_{в.п.}$ ). Зная гигроскопическую влагу определить сухую навеску  $m$ , помещенную в пикнометр.

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

где  $M$  – вес воздушно сухой средней пробы;

$W_g$  – 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 12. Определение следует признать удовлетворительным, если расхождение двух анализов не превышает 0,02 г/см<sup>3</sup>.

Таблица 12 – Результаты взвешиваний

№ пикнометра	Масса пикнометра 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, г/см <sup>3</sup>

## 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 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<sup>0</sup> С до постоянной массы. После высушивания определить абсолютно-сухую массу, а за тем величину плотности.

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

где Р – 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 13.

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  $W_r$  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 (т.е. 1000 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 14.

Таблица – 14 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:** H<sub>2</sub>O дист.

## Ход работы

### 1 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:

$$P_w = d_v \times W_z,$$

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

$W_z$  – гигроскопическая влажность почвы, %.

Занести результаты вычислений в таблицу 15.

Таблица 15 – Результаты вычислений

№ образ ца	Плотнос ть твердой фазы почвы, г/см <sup>3</sup>	Плотн ость почвы, г/см <sup>3</sup>	Общ. порозность (воздухо е мкость), %	Влажность почвы, %	Порозность аэрации (воздухообеспеченость), %

## Тема 6 КИСЛОТНОСТЬ, ЩЕЛОЧНОСТЬ И БУФЕРНОСТЬ ПОЧВ

- 6.1 Определение обменной кислотности образцов почвы
- 6.2 Определение гидролитической кислотности по Г. Каппену
- 6.3 Определение активного алюминия по методу Соколова
- 6.4 Определение кислотности почв экспресс–методом

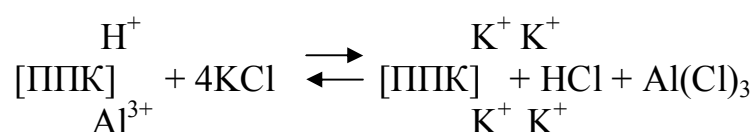
### Основные понятия по теме

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 ( $pH \approx 7$ ), кислую ( $pH < 7$ )** или **щелочную ( $pH > 7$ ) 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 его 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 слабоокислую 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 включающая 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 ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) 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 рН 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 рН. Они могут иметь границы оптимальных значений рН. ***Оптимальная реакция рН 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 рН– 4–8, с точностью рН  $\pm 1$ . Устройство допускает эксплуатацию при температуре окружающей среды от 5 до + 60<sup>0</sup> С и относительной влажности 90 %. В комплект входит кювета, сосуд с индикаторной жидкостью. Индикаторная жидкость представляет собой смесь 1 части 0,02%-раствора метилового красного, 2 частей 0,04% раствор бромтимолового синего, приготовленных по Кларку и Лейбсу и 2 частей 0,1% спиртового раствора фенолфталеина. На кювете имеется цветная шкала с определенным диапазоном измерений кислотности почвы.

### **Вопросы для самоконтроля**

- 1 Что такое кислотность почвы?
- 2 Чем обуславливается почвенная кислотность?
- 3 Что такое потенциальная кислотность?
- 4 Что такое обменная кислотность?
- 5 Какое вредное действие на растения оказывает избыточное содержание подвижного алюминия в почвах?
- 6 Что такое гидролитическая кислотность.
- 7 Чем обусловлена гидролитическая кислотность в почве?
- 8 На чем основан метод определения гидролитической кислотности в почве?
- 9 Каким образом влияет на рост и развитие растений избыточная или недостаточная кислотность почвы?

10 Какое устройство используют для быстрого определения кислотности почв в лабораторных и полевых условиях?

11 Какие мероприятия проводят для уменьшения кислотности почвы?

## **Лабораторная работа 1**

**Цель работы:** определение обменной кислотности.

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

**Реактивы:** 1н раствора KCl, хингидрон, стандарт-титры, H<sub>2</sub>O дист.

### **Ход работы**

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

##### **1.1 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.

##### **1.2 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 минут, а потом оставить в покое на сутки.

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

#### ***2 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.

### ***3 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% спиртовой р-р фенолфталеина; 0,1н раствор 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 – 30г. Отвесить 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 течении 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 $\text{H}^+$ 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. [Н] 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 Н – величина гидролитической кислотности в мг-экв;

а – количество щелочи, израсходованной на титрование, мл;

К – 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 – коэф. перехода от миллилитров к милли-эквивалентам.

#### **Пример расчетов**

Для титрования 50 мл фильтрата, соответствующего 20 г почвы, израсходовано 4 мл 0,1012н раствора NaOH. На титрование гидролитической кислотности в 100 г почвы щелочи потребуется в 5 раз больше, следовательно, количество миллилитров щелочи должно быть умножено на 5.

Поскольку при однократной обработке почвы раствором  $CH_3COONa$ , поглощенный  $H^+$  вытесняется не полностью, полученную величину умножают на коэффициент 1,75.

Следовательно:

$$H = 0,1012 \times 4 \times 5 \times 1,75 = 3,542 \text{ или}$$

$$H = \frac{4 \times 1,012 \times 100 \times 100 \times 1,75}{50 \times 40 \times 10} = 3,542 \text{ мг – экв на } 100 \text{ г почвы}$$

#### **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<sub>4</sub>SCN; фенолфталеин; метиловый красный; бромтимоловый синий.

## **Ход работы**

### ***1 Приготовление солевой вытяжки***

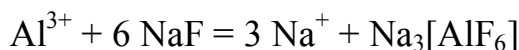
На весах отвесить 40 г почвы, пропущенной через сито с диаметром ячеек 1 мм. Поместить в склянку емкостью 250 мл. Прилить 100 мл 1н р-ра KCl. Взбалтывать в течении 1 ч. Отфильтровать вытяжку через складчатый беззольный фильтр. Взять пипеткой две пробы прозрачного фильтрата по 25 мл каждая. Поместить 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, т.е. ее общей обменной кислотности.

### ***3 Холодное титрование***

В другую колбу прилить 1 мл 3,5% 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 р-р 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, т.к. 1 мл 0,02н  $NaOH$  соответствует 0,18 мл  $Al^{3+}$ ;  
 $c$  – навеска почвы, соответствующая взятому для одного титрования объему жидкости. Чтобы найти необходимо составить пропорцию:

$$\begin{array}{l} 100 \text{ мл} - 40 \text{ г} \\ 25 \text{ мл} - X \text{ г} \end{array}$$

$$X = \frac{25 \times 40}{100} = 10 \text{ г}$$

#### **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 pH 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 минуты. Слегка наклонив кювету, дать окрасившемуся раствору стечь в продольную канавку. По идентичности окраски раствора с цветовой шкалой на приборе определить значение pH почвы.

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

## Тема 7 ПОЧВЕННЫЙ ПОГЛОЩАЮЩИЙ КОМПЛЕКС, ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ И ЕЕ ВИДЫ

7.1 Приготовление вытяжки

7.2 Определение содержания суммы ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$

7.3 Определение содержания ионов  $\text{Ca}^{2+}$

7.4 Определение содержания ионов  $\text{Mg}^{2+}$

### Основные понятия по теме

Содержание СаО в бескарбонатных суглинистых почвах составляет 1–3% и определяется главным образом присутствием глинистых минералов тонкодисперсных фракций, а также гумусом и органическими остатками. В связи с последним наблюдается тенденция к биогенному обогащению кальцием верхней органоаккумулятивной части профиля. Его повышенное валовое содержание в ряде случаев может быть обусловлено присутствием в крупных фракциях обломков карбонатных пород и первичных кальцийсодержащих минералов (кальцита, гипса и др.).

В почвах сухостепной и аридной зон повышенное валовое содержание кальция может быть обусловлено образованием и накоплением вторичного кальцита или гипса в процессе почвообразования. Много кальция может накопиться в почве гидрогенным путем, вплоть до образования известковых или гипсовых кор. Валовое содержание MgO в почве обычно близко к содержанию СаО и обусловлено главным образом присутствием глинистых минералов, особенно монтмориллонитов, вермикулита, хлорита.

**Почвенный поглощающий комплекс (ППК)** – это совокупность минеральных, органических и органоминеральных соединений высокой степени дисперсности, нерастворимых в воде и способных поглощать и обменивать поглощенные ионы. Такой почвенный комплекс определяет наличие у почвы важного свойства – **обменной, или физико-химической, поглотительной способности** – способности поглощать и обменивать ионы, находящиеся на поверхности коллоидных частиц, на эквивалентное количество ионов раствора, взаимодействующего с твердой фазой почвы.

Почвенные коллоиды (0,2 – 0,001 мкм) образуются в процессе выветривания и почвообразования в результате дробления крупных частиц или путем соединения молекулярно раздробленных веществ.

Характерная особенность почвенных коллоидов – большая суммарная и удельная (поверхность почвенных частиц в  $\text{м}^2$  или  $\text{см}^2$  в единице массы или объема почвы) поверхность. Удельная поверхность коллоидов гумусового горизонта дерново-подзолистых суглинистых почв  $29 \text{ м}^2/\text{г}$ .

Основу коллоидной частицы (мицеллы) составляет ее ядро, представляющее собой сложное соединение аморфного или кристаллического строения различного химического состава. На

поверхности ядра расположен прочно удерживаемый слой ионов, несущий заряд (потенциалопределяющий слой). Этот слой вместе с ядром мицеллы называется гранулой. Между гранулой и раствором, окружающим коллоид, возникает термодинамический потенциал, под влиянием которого из раствора притягиваются ионы противоположного знака (компенсирующие ионы). Так вокруг ядра мицеллы образуется двойной электрический слой.

Компенсирующие ионы, в свою очередь, располагаются вокруг гранулы двумя слоями. Один – неподвижный слой, прочно удерживаемый электростатическими силами потенциалопределяющих ионов, который вместе с гранулой составляет собственно коллоидную частицу. Между коллоидной частицей и окружающим раствором возникает электрокинетический потенциал, под влиянием которого находится обладающий способностью к эквивалентному обмену с окружающим раствором на ионы того же знака заряда второй слой компенсирующих ионов – диффузный слой.

Коллоидная мицелла электронейтральна. Возникновение заряда у коллоидов связано с особенностями их химического состава и структуры.

В зависимости оттого, какие ионы-анионы или катионы находятся в потенциал определяющем слое, заряд мицеллы будет «+» и «-». С этой точки зрения все коллоидные частицы делятся на:

1) **ацидоиды** – коллоиды, несущие отрицательный заряд (в потенциалопределяющем слое анионы) и имеющие в диффузные катионы ( $H^+$ ). К ним относятся глинистые минералы, гумусовые кислоты, органо-минеральные коллоиды, кремниевая кислота. Ацидоиды обладают способностью к поглощению и обмену катионов.

2) **базоиды** – коллоиды, несущие положительный заряд (в потенциал определяющем слое катионы) и имеющие в диффузном слое анионы ( $OH^-$ ). К ним относятся гидраты окисей железа и алюминия. Базоиды способны к обмену анионов.

3) **амфолитоиды** – коллоиды, имеющие переменный знак, зависящий от реакции среды: в кислой – «+» заряд, в щелочной – «-» заряд. К ним относятся белковые органические вещества.

Большая часть почвенных коллоидов имеет отрицательный заряд, и, следовательно, способность почвы к поглощению и обмену катионов значительно больше, чем к анионам. Поэтому, говоря о поглотительной способности почв, имеют в виду именно поглощение катионов.

Основным механизмом обменной поглотительной способности почв является процесс сорбции. Если диффузионный слой почвенных коллоидов составляют катионы, то поглотительная способность почвы проявляется как процесс обменной сорбции катионов. Обменные катионы составляют небольшую часть от их общего содержания в почве.

В обменном состоянии в почве обычно находятся  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$  (в незначительном количестве  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  и др.). Скорость катионного обмена в почвах определяется главным образом внутридиффузионными процессами. Катионы обладающие большей энергией поглощения, прочнее удерживаются в поглощенном состоянии и труднее замещаются.

Общее количество всех поглощенных (обменных) катионов, которые могут быть вытеснены из почвы, называется емкостью поглощения или емкостью катионного обмена и выражается в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы. Емкость поглощения зависит от содержания в почве коллоидной и предколлоидной фракций, строения их поверхностей, природы почвенного поглощающего комплекса, реакции среды.

Емкость поглощения возрастает при увеличении степени дисперсности среды. Органическая часть ППК обладает значительно большей емкостью поглощения, чем минеральная.

***Экологическое значение поглощательной способности заключается в том, что она в значительной степени определяет плодородие почвы и характер процессов почвообразования.*** Плодородие почвы – это особое свойство, это способность почвы обеспечивать рост и воспроизводство растений всеми необходимыми им условиями.

Поглотительная способность почвы обеспечивает и регулирует питательный режим почвы, способствует накоплению многих элементов минерального питания, регулирует реакцию почвы, ее водно-физические свойства.

Обменные основания почвы определяют ее кислотно-основные свойства. Особо актуальным в определении агрохимических свойств почв Белоруссии является их кислотность. Если почва содержит в качестве поглощенных катионов только одни основания ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ), то она называется насыщенной основаниями.

Если же в поглощающий комплекс почвы, кроме оснований, входят ионы водорода, то почва называется не насыщенной основаниями.

Для более полной оценки вероятного отрицательного действия кислотности почв важно установить не только ее разные формы, но и соотношение между суммой обменных оснований  $S$  (обычно  $\text{Ca} + \text{Mg}$ ) и количеством ионов водорода  $H$  (гидролитическая кислотность) (и алюминия) в почвенном поглощающем комплексе. Отношение  $[S : (S + H)] \cdot 100$  выражает степень насыщенности почв основаниями ( $V$ ). Сумма  $S + H$  определяет величину емкости поглощения почвы.

Сущность метода определения содержания  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  состоит в использовании в качестве вытеснителя обменных оснований 1н раствора  $\text{NaCl}$  при соотношении почва: раствор = 1 : 20. Данный метод предложен институтом почвоведения им. В.В. Докучаева.

## Вопросы для самоконтроля

- 1 Дайте определение понятию поглотительная способность почв.
- 2 Опишите строение коллоидной мицеллы.
- 3 В чем состоит сущность метода определения ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в почвенных образцах?

## Лабораторная работа

**Цель работы:** определение обменных оснований в почве.

**Материалы и оборудование:** аналитические весы; фарфоровая ложка; пинцет; фарфоровая ступка и пестик; коническая колба на 250 мл; бюретка; воронка; стеклянные стаканы; стеклянные палочки; шпатель; установка для титрования; плотный беззольный фильтр; пипетка.

**Реактивы:**  $\text{H}_2\text{O}$  дист.; 0,01н р-р трилона Б; 1% р-р солянокислого гидроксиламина; 1% р-р сульфида натрия; хлоридно-аммиачный буфер; 10% р-р КОН или NaOH; хромоген черный; мурексид.

## Ход работы

### *Задание 1 Использование ускоренного метода определения обменных оснований в почве*

#### **1 Отбор пробы для анализа, приготовление вытяжки из почвы**

Пробы почвы массой 5 г и торфа 1 г взвесить с погрешностью 0,1 г и пересыпать в технологические емкости или плоскодонные колбы на 250 мл. К пробам дозатором или цилиндром прилить по 100 мл 1н раствора NaCl. Одновременно провести холостой опыт без пробы почвы. Почву с раствором перемешать в течение 5 мин и оставить до следующего дня.

Полученные вытяжки отфильтровать через сухие бумажные фильтры «синяя лента», в стаканчики на 100 мл, отбрасывая первые капли фильтрата.

#### **2 Определение суммы содержания кальция и магния**

В конические колбы или химические стаканы емкостью 250 мл отобрать по 25 мл фильтрата, прилить 75 мл дистиллированной воды, лишенной ионов кальция, магния и меди. Добавить по 1 мл 1 %-ного раствора солянокислого гидроксиламина (для устранения влияния марганца на ход анализа), 5 мл хлоридно-аммиачного буфера и по 3 капли раствора 1% сульфида натрия (для устранения влияния меди).

Колбу или стакан поместить на магнитную мешалку и при перемешивании внести на кончике шпателя индикатор эриохром Б и титровать 0,01н раствором трилона Б до перехода вишнево-красного окрашивания в синий с зеленым оттенком (цвет морской волны).

Контролем и "свидетелем" служит оттитрованный раствор холостого опыта. Вишнево-красный цвет жидкости вблизи точки эквивалентности приобретает лиловую окраску, после чего титровать следует медленно.

### **3 Определение содержания кальция**

В конические колбы или химические стаканы емкостью 250 мл отобрать по 25 мл фильтрата, прилить 75 мл дистиллированной воды, добавить по 1 мл 1 %-ного раствора солянокислого гидроксидламина, 2 мл 10 %-ного раствора NaOH (для доведения раствора до pH = 12) и по 3 капли 1% раствора сульфида натрия.

Колбу или стакан поместить на магнитную мешалку и при перемешивании внести на кончике шпателя индикатор динариевую соль кальцеина (мурексид) и титровать 0,01 н раствором трилона Б до перехода соломенно-желтого окрашивания в розовый (без желтого оттенка). Контролем и "свидетелем" служит оттитрованный раствор холостого опыта.

### **4 Вычисление содержания суммы $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$**

Содержание Ca+Mg в миллиэквивалентах вычисляют по формуле:

$$A = \frac{a \times 0,01 \times 100}{C},$$

где А – сумма  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  (в мл-экв. на 100 г почвы);

а – количество трилона Б, пошедшего на титрование, мл;

0,01 – концентрация р-ра трилона Б;

С – навеска почвы, соответствующая количеству вытяжки, взятой для титрования, г;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы.

### **5 Вычисление содержания $Ca^{2+}$**

Содержимое Ca вычисляют по формуле:

$$B = \frac{a \times 0,01 \times 100}{C},$$

где В – содержимое кальция, мг/экв на 100 г почвы;

а – количество трилона Б, пошедшего на титрование, мл;

С – навеска почвы, соответствующая количеству вытяжки, взятой для титрования, г;

Содержание Ca в процентах вычисляется по формуле:

$$Ca = \frac{B \times 20,04}{1000},$$

где В – содержание кальция в мг/экв на 100 г почвы;  
20,04 – эквивалентный вес кальция;  
1000 – коэффициент пересчета в граммы.

### **5 Вычисление содержания $Mg^{2+}$**

Содержание Mg в миллиэквивалентах вычисляют по формуле:

$$C = A - B,$$

где С – содержание Mg в мг/экв на 100 г почвы;  
А – содержание Са - Mg в м/экв на 100 г почвы;  
В – содержание Са в м/экв на 100 г почвы;  
Содержание Mg в процентах вычисляют по формуле:

$$Mg = \frac{C \times 12,16}{1000},$$

где С – содержание Mg в мг/экв на 100 г почвы;  
12,16 – эквивалентный вес магния;  
1000 коэффициент пересчета в граммы.

## **Тема 8 ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВЫ**

### **8.1 Окисление гумуса**

### **8.2 Определение содержания гумуса**

#### **Основные понятия по теме**

Органическое вещество является важной составной частью почвы. Оно представляет собой сложный комплекс органических соединений биогенного происхождения. Органические вещества почвы можно разделить на две группы:

**1 Гумусовые, или перегнойные,** вещества специфической природы.

**2 Негумифицированные органические вещества** растительного и животного происхождения (остатки растений, червей, насекомых, тела микроорганизмов). Эта часть органического вещества составляет 10 – 15 % от общего запаса его в почве. Она хорошо разлагается и является источником питательных веществ для растений.



**Гумус (перегной)** – это высокомолекулярные азотсодержащие соединения специфической природы. Это важный показатель потенциального плодородия почвы.

Количество гумуса в почве зависит от типа почвы, природно-климатических условий, характера и интенсивности земледелия и других факторов (табл.16 и табл.17). Больше всего гумуса в верхних слоях почвы вниз по профилю содержание органического вещества снижается.

Таблица 16 – Содержание гумуса в основных типах почв (по И.В.Тюрину) [17]

Почва	Содержание гумуса в пахотном слое, %	Запасы гумуса т/га	
		Слой 0 – 20 см (в среднем)	Слой 0 – 120 см
Дерново-подзолистая	2 – 4	53	80 – 120
Серая лесная оподзоленная	4 – 6	109	150 – 300
Черноземы			
выщелоченный	7 – 8	192	500 – 600
мощный	10 – 12	224	650 – 800
обыкновенный	6 – 8	137	400 – 500
южный	4 – 5	–	300 – 350
Темно-каштановая	3– 4	99	200 – 250
Каштановая и светло-каштановая	1,5 – 3	–	100 – 200
Серозем	1 – 2	37	50
Краснозем	5 – 7	153	150 – 300

Значение гумуса в питании растений очень велико. В гумусе аккумулируются большие запасы питательных веществ, которые при минерализации отдельных компонентов органического вещества могут переходить в подвижное состояние и усваиваться растениями.

Гумус почвы состоит из двух основных групп азотсодержащих органических кислот циклического строения: 1) **гуминовые кислоты**; 2) **фульвокислоты**. Выделяют еще одну группу гумусовых веществ – **гумины**, которые представляют собой комплекс гуминовых и фульвокислот.

**Гуминовые кислоты** хорошо растворяются в слабых растворах едких щелочей, пирофосфата натрия, щавелевокислого натрия, фтористого натрия и аммиака с образованием растворимых солей – гуматов. В зависимости от концентрации и типа почвы растворы гуматов имеют вишнево-коричневую или черную окраску. В гуминовых кислотах содержится 15 – 30 % азота почвы.

**Фульвокислоты** легко растворяются в воде и кислотах. Они окрашены в желтый или бурый цвет. Фульвокислоты, обладая сильной кислотой

реакцией и хорошей растворимостью в воде, довольно хорошо разрушают минеральную часть почвы.

Фульвокислоты в почве более подвижны, азотные соединения в них связаны менее прочно, поэтому легче подвергаются кислотному гидролизу, чем азотные соединения гуминовых кислот.

В фульвокислотах содержится 20 – 40 % азота почвы.

**Гумины** отличаются более прочной связью с минеральной частью почвы, большей устойчивостью к разложению микроорганизмами, к действию кислот и щелочей. Азот гуминов составляет 20 – 30 % общего азота почвы.

В почве постоянно происходят процессы образования и разрушения гумуса. Гумус, хотя и устойчив к микробиологическому разложению, постепенно минерализуется. В зависимости от условий разложения органических остатков в почве накапливаются качественно различные перегнойные вещества.

Избыточное увлажнение препятствует развитию микробиологических и биохимических процессов, вследствие чего происходит преимущественно консервация и накопление растительных остатков, а процессы минерализации затормаживаются.

Органическое вещество торфяных почв представляет собой сложный комплекс, состоящий из остатков растений-торфообразователей, в разной степени гумифицированных, специфических гумусовых веществ, а также целого ряда промежуточных продуктов минерализации и гумификации.

Таблица 17– Некоторые данные по содержанию гумуса в почвах Беларуси (по П.П. Роговому ) [14]

№ раз-реза	Почвы / район	Горизонт	Глубина взятия проб, см	Гумус, %
	Дерново-подзолистые на озерно-ледниковых глинах			
116	Полоцкий	A <sub>п</sub>	0 – 10	2,12
544	Дриссенский	A <sub>1</sub>	2 – 15	1,61
		B <sub>1</sub>	20 – 30	2,25
31	Суражский	A <sub>п</sub>	0 – 10	2,04
		A <sub>2</sub>	12 – 15	1,29
		B <sub>1</sub>	20 – 30	0,85
		B <sub>2</sub>	50 – 60	Не опред.
		C	90 – 100	–
8	Лепельский	A <sub>1</sub>	0 – 10	2,92
		B <sub>1</sub>	15 – 25	1,32

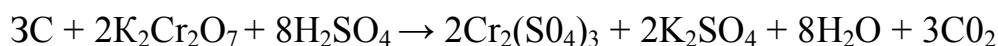
Продолжение таблицы 17

		0	65 – 75	–
275	Дерново-подзолистые почвы на моренных суглинках			
		Ап	2 – 10	0,81
		A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	20 – 30	0,15
		A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	35 – 45	0,06
		B <sub>2</sub>	80 – 90	0,08
		C	160 – 180	0,10
254	Дерново-подзолистые на мощном лессовидном суглинке	Ап	0 – 10	2,07
		A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	16 – 20	0,37
		A <sub>2</sub>	25 – 35	0,19
		A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	40 – 50	0,18
		B <sub>2</sub>	85 – 95	–
26]	Дерново-подзолистые на лессовидных суглинках	A <sub>1</sub>	0 – 12	3,47
		A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	18 – 22	0,68
		A <sub>2</sub>	30 – 36	–
		B <sub>2</sub>	60 – 68	0,16
		B <sub>3</sub>	85 – 92	0,09
		B <sub>4</sub>	120 – 165	0,10
41	Дерново-подзолистые песчаные почвы	A <sub>1</sub>	0 – 7	3,50
		A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	14 – 20	0,70
		A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	60 – 66	–
		B <sub>2</sub>	150 – 160	–
8	–«–	A <sub>1</sub>	2 – 12	0,67
		A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	40 – 50	0,77
		A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	120 – 130	0,02
		B <sub>2g</sub>	150 – 160	0,02
18	Дерново-подзолистые на конечно моренных валунных супесях			
	Крупский	Ап A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	0 – 10 15 – 25	0,92 –
79	Крупский	Ап A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	0 – 10 20 – 30	
34	Дерново-подзолистые сильнооподзоленные на пылевато-песчаных супесях	A <sub>0</sub>	0 – 10	2,40
		A <sub>2</sub>	25 – 35	–
		B	50 – 60	–

### Окончание таблицы 17

224	Дерново-подзолистые заболоченные песчаные	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	0 – 10 30 – 40	3,07 0,37
		A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	90 – 100	0,06
		B <sub>3g</sub>	170 – 180	0,08
5	-«-	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	2 – 8	1,12
		B <sub>1</sub>	12 – 17	0,77
		B <sub>1</sub>	35 – 40	0,12
		B <sub>2</sub>	80 – 90	0,06
54	—«—	A <sub>0</sub>	0 – 12	—
		A <sub>2</sub>	30 – 40	1,19
		B <sub>1</sub>	57 – 69	2,20
		B <sub>1</sub>	75 – 85	1,90
		B <sub>2g</sub>	105 – 115	1,05
7	Торфяно-болотные почвы		0 – 40 40 – 50 60 – 70 90 – 100	торф 8,81 2,36 0,71
15	-«-		0 – 25 25 – 43 45 – 55 60 – 70	торф торф 1,25 0,06
3	-«-		0 – 25 15 – 50 50 – 75 75 – 100 100 – 150 150 – 200 250 – 300	торф торф торф торф торф торф торф

Метод основан на окислении органических веществ раствором двуххромовокислого калия в серной кислоте с последующим определением трехвалентного хрома, эквивалентного содержанию гумуса на фотоэлектрокалориметре или титрованием раствором FeSO<sub>4</sub>·(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O (соль Мора) в присутствии фенилантраниловой кислоты в качестве индикатора.



### Вопросы для самоконтроля

- 1 Что входит в состав органического вещества почвы?
- 2 Что входит в состав гумуса?
- 3 Какую роль играют гумусовые вещества в почве?

## Лабораторная работа

**Цель работы:** определение содержания общего гумуса в почве.

**Материалы и оборудование:** аналитические весы; пинцет; фарфоровая ступка и пестик; 0,25 миллиметровое сито; коническая колба; бюретка; воронка; электрическая плита с асбестовой сеткой; стеклянные стаканы; стеклянные палочки; шпатель; установка для титрования; ФЭК; кюветы с толщиной просвечиваемого слоя 10 – 20 мм.

**Реактивы:** хромовая смесь 0,4н; соль мора; фенилантраниловая к-та;  $\text{CaCO}_3$ .

### Ход работы

#### *1 Подготовка образцов воздушно сухой почвы для анализа (измельчение, просеивание, удаление органических остатков)*

Массу пробы почвы для анализа определяют исходя из предполагаемого содержания гумуса в почве:

массовая доля гумуса более 7% – 50–100 мг;

массовая доля гумуса 4 – 7 % – 100–200 мг

массовая доля гумуса 2 – 4 % – 250–350 мг;

массовая доля гумуса до 2% – 500–700 мг.

Из воздушно–сухого образца взять среднюю пробу, тщательно из нее отобрать все растительные остатки (корни и прочее). Это – самый ответственный момент в анализе. От тщательного отбора зависит точность определения содержания гумуса. Видимые невооруженным глазом неразложившиеся растительные остатки удалить с помощью стеклянной или эбонитовой палочки. Для этого сухую стеклянную (эбонитовую) палочку натереть сухой суконкой или шерстяной тканью и быстро провести на высоте около 10 см над пробой почвы, распределенной тонким слоем на кальке. Тонкие мелкие корешки и полуразложившиеся растительные остатки прилипают к наэлектризованной палочке и снимаются при повторном ее натирании. Не следует слишком низко проводить палочкой над поверхностью почвы во избежание выноса из пробы мелкозема. В процессе отбора растительных остатков почву надо перемешивать. Операцию следует вести до тех пор, пока на палочке будут обнаруживаться лишь единичные частицы корешков. Чистота отбора органических остатков контролируется просмотром пробы в лупу.

Образец почвы растереть в ступке и просеять через 0,25 миллиметровое сито. Оставшиеся на сите частицы почвы измельчить в фарфоровой ступке и также пропустить через сито. Провести тонкое измельчение отобранной пробы в агатовой или стальной ступке или с помощью специальной мельницы (типа планетарной мельницы).

Отбрасывать трудно поддающуюся растиранию часть пробы ни в коем случае нельзя. При работе с песчаными почвами растирка не требуется.

## ***2 Отбор пробы для анализа***

Из растертой и просеянной пробы взять навеску от 0,1 до 0,5 г (в зависимости от содержания гумуса). Для этого измельченную пробу тщательно перемешать, распределить тонким слоем на ровной поверхности и отобрать пробу для анализа не менее, чем из 5 мест. Поместить пробу в коническую колбу на 50 мл. Взвешивание проводить с погрешностью не более 1 мг.

## ***3 Окисление гумуса почвы***

Прилить в колбу из бюретки 10 мл 0,4н раствора хромовой смеси. Каждый раз раствор от нулевого или кратного 10-ти деления спускать медленно, чтобы дать возможность стечь вязкой жидкости со стенок бюретки полностью. Раствор хромовой смеси из пипетки грушей не выдувать! Медленное и одинаковое по времени приливание хромовой смеси к навеске - одно из основных условий воспроизводимости результатов повторных анализов.

Содержимое каждой колбы осторожно перемешать круговыми движениями так, чтобы вся проба хорошо смочилась. Следить за тем, чтобы частицы почвы не остались на стенках колбы. Одновременно поставить холостую пробу, отобрав в чистую колбу 10 мл хромовой смеси. Колбы закрыть маленькими воронками или пробками-холодильниками и оставить для окисления проб на 24 часа. При необходимости окисление можно ускорить путем нагревания проб с хромовой смесью на водяной бане в течение 1 часа (с момента закипания воды в бане после погружения колб). Во втором случае следить, чтобы уровень хромовой смеси в колбах был ниже уровня воды в бане. После нагревания пробы охладить в водяной бане с холодной водой.

Если навеска пробы составила 50 мг, а через некоторое время после добавления хромовой смеси окраска среды в колбе приобрела темный зеленоватый оттенок, к пробе добавляют еще 10 или 20 мл хромовой смеси. При этом фиксируется соответствующий коэффициент разбавления (в данном случае 2 или 3). Если же навеска была выше указанной, то для проведения анализа ее уменьшают, а объем окислителя оставляют прежним (10 мл). После окончания окисления в колбы мерным цилиндром прилить по 40 мл дистиллированной воды. Содержимое колб тщательно перемешать и оставить 18 – 24 часа для оседания почвенных частиц и полного осветления. В те колбы, в которых объем окислителя, был увеличен, добавляют объем воды во столько же раз больший (в нашем примере добавить следует 80 или 120 мл воды соответственно,

количественно перенеся при этом испытуемый раствор в колбу большего объема).

#### **4 Определение содержания гумуса с помощью титрования или Фотометрирования**

##### **4.1 Титрование**

Прилить 3 – 5 капель 0,2%-ного раствора фенилантраниловой кислоты и титровать 0,2н раствором соли Мора до перехода окраски из вишнево-фиолетовой в зеленую. Параллельно провести холостой опыт-титрование солью Мора в присутствии фенилантраниловой кислоты такого же объема хромовой кислоты, какой был взят до окисления гумуса- для определения нормальности хромой кислоты. Чтобы лучше смочить порошок фенилантраниловой кислоты, целесообразно взятую навеску ее предварительно замесить в фарфоровой чашке стеклянной палочкой в нескольких миллилитрах 0,2% раствора соды до сметанообразного состояния, после чего уже добавить остальное количество соды и тщательно размешать.

##### **4.2 Фотометрирование**

Провести фотоколориметрирование испытуемых растворов в кюветах толщиной 30мм относительно холостой пробы при длине волны 590 нм. Раствор в кювету фотоколориметра переносят осторожно, не взмучивая осадка на дне колбы.

##### **4.2.1 Получение калибровочного графика**

Для приготовления растворов сравнения в 9 конических колб емкостью 50 мл отобрать по 10 мл хромовой смеси, из бюретки прибавить раствор восстановителя (соль Мора) и дистиллированную воду в объемах, указанных в табл. 18

Растворы сравнения профотометрировать в кюветах с толщиной просвечиваемого слоя 30 мм относительно раствора № 1 при длине волны 590 нм. По результатам фотометрирования растворов сравнения построить градуировочный график. По оси абсцисс откладывают массу гумуса в миллиграммах, соответствующую объему восстановителя в растворах сравнения, а по оси ординат - соответствующие им показания прибора.

Таблица 18 – Исходные объемы растворов

Характеристика раствора	Номер раствора сравнения								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дистиллированная вода, см	40	38	36	32	30	25	20	15	10

### Окончание таблицы 18

Раствор восстановителя, см	0	2	4	8	10	15	20	25	30
Масса гумуса, соответствующая объему восстановителя в р-ре сравнения, мг	0	1,03	2,07	4,14	5,17	7,76	10,03	12,09	15,05

## **5 Математическая обработка полученных результатов (вычисление массовой доли гумуса в процентах)**

### **5.1 Вычисление массовой доли гумуса по калибровочному графику**

Пользуясь графиком, по результатам анализов определяют массу гумуса в анализируемых пробах.

Массовую долю гумуса (X) в процентах вычисляют по формуле:

$$X = \frac{A \cdot K \cdot 100}{m},$$

где А – масса гумуса в анализируемой пробе, найденная по графику, мг;

К – коэффициент поправки концентрации восстановителя;

m – масса пробы почвы, мг;

100- коэффициент пересчета в проценты.

Результат анализа округляют до сотых долей процента – при массовой доле гумуса до 10% и до десятых долей процента – при массовой доле гумуса более 10%.

### **5.2 Содержание гумуса по результатам титрования**

Содержание гумуса (в % на воздушно-сухую почву) вычисляют по формуле:

$$Y = \left( \frac{(A - B) \cdot 0,0010362}{H} \right) \cdot 100,$$

где Y – содержание гумуса (в % на воздушно-сухую почву);

А – объем раствора соли Мора, отвечающей 10 мл 0,4 н раствора хромовой кислоты, мл;

В – расход раствора соли Мора на обратное титрование хромой кислоты после окисления гумуса, мл;

Н – навеска воздушно-сухой почвы, г.

1 мл 0,2 N раствора соли Мора соответствует 0,0010362 г гумуса (ввиду нестойкости раствора непосредственно перед анализом проводят корректировочное титрование и вычисляют поправочный коэффициент для расчета гумуса. Он вычисляется как соотношение объемов раствора марганцовокислого калия израсходованного на титрование и объема раствора соли Мора взятого на титрование). Используя данные по



влажности почвы пересчитывают количество гумуса на абсолютно сухую почву.

### **6 Заполнение таблицы по форме**

Результаты исследований содержания гумуса в почве заносятся в таблицу 19.

Таблица 19 – Результаты исследований содержания гумуса в почве

Номер		Знак горизонта	Глубина взятия	Вес пробирки, г		Навеска почвы, г	Номер колбы	Кол-во соли Мора, на титрован ие после окислени я, мл	Израсходовано хромовой смеси на окисление гумуса, мл	Гумус, %
пробы	разреза			с почвой	пустой					

## **Тема 9 ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОЧВ**

9.1 Определение легкогидролизуемого азота в почвах

9.2 Определение подвижного фосфора

9.3 Определение подвижного калия

### **Основные понятия по теме**

Для питания растений необходимы почти все химические элементы, в том числе азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера, железо, углерод и др. В больших количествах растения потребляют азот, фосфор и некоторые другие элементы, получившие в связи с этим название макроэлементов. Химические элементы, потребляемые растениями в небольших количествах, называются **микроэлементами**. К ним относятся **бор, молибден, марганец, цинк, медь**.

Дерновоподзолистые и серые лесные почвы, содержат высокое количество всех указанных элементов.

Однако степень обеспеченности растений питательными веществами зависит не только от количества их в данной почве, но и от того, в какой форме они находятся в форме легкорастворимых легкодоступных соединений для растений или в форме труднодоступных соединений.

Общее содержание азота в почве зависит от богатства их органическим веществом – гумусом. **Чем богаче почва органическим веществом, тем больше она содержит азота.** Основная масса азота находится в форме

органических соединений, являющихся важной составной частью почвенного гумуса. Лишь незначительная часть азота встречается в виде минеральных соединений; растения же усваивают только минеральный азот.

Органические азотсодержащие соединения под влиянием аммонифицирующих бактерий гидролизуются с образованием аммиака. Часть аммиака усваивается растениями, часть с минеральными кислотами почвы образует аммонийные соли, и, наконец, часть его нитрифицируется, т.е. окисляется в начале до азотистой, а затем до азотной кислоты. Азотистая и азотная кислоты образуют в почве соли – нитриты и нитраты, которые используются растениями и частично вымываются водой. Процесс минерализации азота наиболее интенсивно идет во влажной и теплой почве, богатой органическим веществом. За год таким путем может образовываться 30 – 50 кг/га доступного для растений азота.

Для суждения о запасе в почве азота доступного для растений, и той органической части его, которая может быть легко минерализована и переведена в доступную для растений форму, И.В. Тюрин и М.М. Кононова предложили метод, в основу которого положен учет как минеральных форм азота, так и тех органических форм, которые могут быть гидролизованы слабой серной кислотой. Так как эта величина очень переменна и тесно связана с жизнедеятельностью микроорганизмов, то анализы лучше всего вести в свежих образцах, только что взятых в поле.

Многочисленные методы определения подвижного фосфора различаются в основном по способам приготовления вытяжки. Чтобы получить сравнимые результаты необходимо точно соблюдать методику. Даже небольшие изменения в кислотности раствора, отношения почвы к раствору или времени взаимодействия их могут отразиться на получаемых данных.

К наиболее распространенным методам приготовления вытяжки можно отнести *экстрагирование подвижного фосфора 0,2н соляной кислотой по Кирсанову, 0,5н уксусной кислотой по Чирикову, 1%-ным раствором углекислого аммония по Мачигину (для слабощелочных почв), лактатным раствором (молочнокислый кальций + соляная кислота) по Эгнеру-Риму и солевыми растворами (0,03н  $K_2SO_4$  и 0,02н  $CaCl_2$ )*. При приготовлении вытяжек следует обращать особое внимание на получение совершенно прозрачных фильтратов.

Метод Кирсанова основан на извлечении фосфора и калия из почвы раствором соляной кислоты концентрации 0,2 моль/л (0,2н) при отношении почвы к раствору 1 : 5 для минеральных горизонтов почв и 1 : 50 для органических горизонтов почв с последующим определением фосфора в виде синего фосфорномолибденового комплекса на фотоколориметре и калия на пламенном фотометре.

Метод принят стандартным для подзолистых, дерновоподзолистых, серых лесных и других почв.

**Особенности метода.** При частичном восстановлении  $\text{Mo}^{+6}$  фосфорномолибденовой гетерополиокислоты до низших степеней валентности образуется «молибденовая синь», интенсивность окраски которой пропорциональна содержанию фосфорной кислоты в растворе. Восстановление молибдена может быть произведено различными восстановителями. В анализе почв для восстановления молибдена используют хлористое олово, предложенное Дениже.

Окисление олова идет по схеме  $\text{Sn}^{2+} - 2e \rightarrow \text{Sn}^{4+}$ . Эта реакция протекает в кислой среде. В нейтральном растворе окрашивание может быть и в отсутствие  $\text{H}_3\text{PO}_4$  за счет восстановления молибдена молибденовоокислого аммония.

Окраска раствора пропорциональна содержанию  $\text{P}_2\text{O}_5$  в узких пределах кислотности. Оптимальная кислотность при восстановлении молибдена хлористым оловом соответствует 0,2 – 0,5н концентрации кислоты. При более высоком содержании кислоты окраска слабеет, а при концентрации выше 1н не появляется вообще.

Трехвалентное железо в количестве свыше 1,8 мг в анализируемой пробе снижает окраску молибденовой сини (объясняется более высоким окислительно-восстановительным потенциалом системы  $\text{Fe}^{+3}/\text{Fe}^{+2}$  по сравнению с системой  $\text{Mo}^{+6}/\text{Mo}^{+5}$ ). Двухвалентное железо не мешает определению.

Окрашивание раствора проводят в сернокислой среде как более индифферентной по отношению к «молибденовой сини».

За результаты анализа принимают значения единичного определения фосфора и калия (каждый фильтрат анализируют только один раз). Если результат измерения выходит за пределы калибровочного графика, определение повторяют, предварительно разбавив фильтрат. При этом при проведении расчетов в числители формул вводят соответствующие коэффициенты разбавления.

### Вопросы для самоконтроля

- 1 Назовите необходимые элементы питания растений.
- 2 Что такое макроэлементы и микроэлементы? Перечислите что к ним относится.
- 3 Какую роль в почве играет азот?
- 4 Какие формы азота в почве встречаются?
- 5 Какие способы определения фосфора были предложены различными учеными?
- 6 В чем сущность метода определения подвижных форм фосфора и калия по Кирсанову?

## **Лабораторная работа 1**

**Цель работы:** определить содержание легкогидролизуемого азота в почве.

**Материалы и оборудование:** сито с диаметром ячейки 1 мм; аппарат Кьельдаля; весы; мерный цилиндр; стеклянные стаканчики; пипетки; 100 мл коническая колба; стеклянные воронки; установка для титрования; стеклянные палочки; фарфоровые ложки.

**Реактивы:**  $\text{H}_2\text{O}$  дист; машинное масло; 2% борная кислота; индикатор Гроака (1 часть объема 0,4% раствора метилового красителя смешивают с 1 объемом 0,2% спиртового раствора метиленового голубого. Хранят в темной склянке.); 1н NaOH; 0,2н  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

### **Ход работы**

#### ***1 Отбор пробы для анализа***

##### **1.1 Для минеральных горизонтов почв**

5 грамм почвы, растертой и просеянной через сито с диаметром ячейки 1 мм, поместить в колбу Кьельдаля емкостью 250 мл.

##### **1.2 Для торфа**

Для анализа 2 г торфянистой почвы помещают в колбу Кьельдаля емкостью 250 мл.

#### ***2 Отгонка***

##### **2.1 Для минеральных горизонтов почв**

Залить 25 мл воды и через 15 минут добавить 3 капли машинного масла для предупреждения вспенивания при отгонке. В коническую колбу-приемник емкостью 100 мл, откалиброванную на 40 мл, прилить 10 мл 2% борной кислоты и 3 капли индикатора Гроака. Отгоночную колбу аппарата Кьельдаля присоединить к колбе-парообразователю; в колбу Кьельдаля через воронку залить 25 мл 1н NaOH. Концентрация щелочи в отгоночной колбе будет тогда 0,5н. После 4-х кратного увеличения объема раствора в приемной колбе отгон считается законченным.

##### **2.2 Для торфа**

Залить 25 мл воды, добавляют 7 – 8 капель машинного масла, и через 30 минут приливают 25 мл 0,2н NaOH. Затем производят отгон в откалиброванную на 40 мл колбу, как описано выше.

#### ***3 Определение содержания азота***

Поглощенный аммиак оттитровать из микробюретки 0,2н  $\text{H}_2\text{SO}_4$  до появления первоначального цвета реактива Гроака.

#### **4 Математическая обработка данных**

##### **4.1 Для минералиных горизонтов почв.**

Содержание азота рассчитывают по формуле:

$$N = \frac{a \times 0,02 \times 14 \times 100}{5} = a \times 5,6 (\text{мг} / 100\text{г почвы}),$$

где N – количество азота;

a – количество 0,02 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, нужное для титрования связанного аммиака, мл;

0,02 – нормальность H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;

14 – количество соответствующее 1 мг/экв аммиака;

100 – коэффициент пересчета на 100г почвы;

5 – навеска почвы, г.

##### **4.2 Для торфа**

Таким образом,

$$N = \frac{a \times 0,02 \times 14 \times 100}{2} = a \times 14 (\text{мг} / 100\text{г торфа}),$$

где N – количество азота;

a – количество 0,02 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, нужное для титрования связанного аммиака, мл;

0,02 – нормальность H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;

14 – количество соответствующее 1 мг/экв аммиака;

100 – коэффициент пересчета на 100г торфа;

2 – навеска торфа, г.

#### **Лабораторная работа 2**

**Цель работы:** определить содержание подвижных форм фосфора и калия в почвенных образцах.

**Материалы и оборудование:** пинцет; фарфоровая ступка с пестиком; фарфоровая ложка; сито (1мм); весы электронные; стеклянный стаканчик; стеклянная палочка; конические колбы емкостью 50 мл; бумажные фильтры «синяя лента»; мерные колбы емкостью 50 мл; дозатор или пипетка; ФЭК кювета толщиной просвечиваемого слоя 30 мм; пламенный фотометр; светофильтр с максимумом поглощения 766-770 нм.

**Реактивы:** тиомочевина – 5% р-р; молибденовокислый аммоний; хлорное олово; 0,2н р-р HCl; H<sub>2</sub>O дист; фенолфталеин; 10%-ный р-р NaOH; 10%-ного р-р H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

## **Ход работы**

### ***1 Отбор проб для анализа***

Образцы почвы просушить до воздушно-сухого состояния, измельчить, пропустить через сито с круглыми отверстиями диаметром 1 мм. Пробу на анализ из коробки отбирают ложкой или шпателем, предварительно тщательно перемешав почву на всю глубину коробки. Из пакетов почву высыпать на ровную поверхность, перемешать, распределить слоем толщиной не более 1 см и отобрать пробу не менее чем из пяти мест.

### ***2 Приготовление вытяжки***

Пробы почвы из минеральных горизонтов массой 5 г и из органических горизонтов (торф) массой 1 г, взвешенные с погрешностью не более 0,1 г, пересыпать в конические колбы емкостью 50 мл. К пробам цилиндром или дозатором прилить по 25 мл 0,2н раствора HCl (температура экстрагирующего раствора  $18 \pm 3$  C°). Почву из минеральных горизонтов перемешать с раствором в течение 1 мин., из органических горизонтов - 5 мин. и оставляют на 15 мин. После этого суспензии профильтровать через бумажные фильтры «синяя лента». Для сбора фильтрата можно использовать стаканчики или конические колбы емкостью 50 мл. Фильтраты использовать для определения фосфора и калия.

Одновременно приготовить к анализу холостую пробу.

### ***3 Определение фосфора***

В мерные колбы емкостью 50 мл дозатором или пипеткой отобрать по 0,5-15 мл фильтрата. Обмыть дистиллированной водой горло колбы, доводя объем пробы в ней до 20-25 мл. В пробы добавить по 1 капле фенолфталеина и нейтрализовать их, прибавляя 10%-ный раствор NaOH до появления розовой окраски. Избыток NaOH устранить добавлением по каплям 10%-ного раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> до исчезновения окраски. К пробам прилить по 2 мл 5%-ной тиомочевина и 2 мл раствора молибденовокислого аммония. Стенки внутри колб обмыть небольшим количеством воды, добавить по 3 капли хлористого олова и довести водой объем раствора до метки. Содержимое колб хорошо перемешать.

Одновременно с исследуемыми пробами провести реакции с холостой пробой.

Окрашенные растворы фотофотометрировать не ранее чем через 20 мин в кювете толщиной просвечиваемого слоя 30 мм относительно золы при длине волны 590 нм. Из показаний прибора, полученных при фотометрировании исследуемых фильтратов, вычесть показания прибора, полученные при фотометрировании холостой пробы.

#### **4 Определение калия**

Калий определить в полученных фильтратах на пламенном фотометре, используя светофильтр с максимумом поглощения 766-770 нм. Если установка «нуля» прибора производилась не по холостой пробе (фоновый раствор), из показаний прибора, полученных при фотометрировании исследуемых вытяжек, вычитают показание, полученные при фотометрировании холостой пробы.

#### **5 Калибровка приборов**

Калибровку шкалы приборов по растворам сравнения провести в день проведения анализа.

#### **6 Приготовление растворов сравнения**

##### **6.1 Эталонные растворы $\text{KН}_2\text{PO}_4$**

100-кратным разбавлением из запасного раствора приготовить рабочий стандартный раствор  $\text{KН}_2\text{PO}_4$  концентрации  $\text{P}_2\text{O}_5$  2,291 мкг/мл.

В 10 мерных колб емкостью 50 мл поместить указанные в табл.20 объемы рабочего стандартного раствора. Окрашивание растворов сравнения провести аналогично окрашиванию исследуемых растворов.

Таблица 20 – Объемы рабочего стандартного раствора

Для фосфора			Для калия			
№ колбы	Количество рабочего стандартного р-ра $\text{KН}_2\text{PO}_4$ , мл	Концентрация $\text{P}_2\text{O}_5$ мг/50 мл	№ колбы	Количество стандартного р-ра $\text{KCl}$ , мл	Концентрация К в эталонном р-ре	
					мг/мл	мг/л
1	0	0	1	5	0,005	5
2	2	$4,582 \cdot 10^{-3}$	2	10	0,1	10
3	4	$9,164 \cdot 10^{-3}$	3	20	0,02	20
4	6	$13,746 \cdot 10^{-3}$	4	30	0,03	30
5	8	$18,328 \cdot 10^{-3}$	5	40	0,04	40
6	10	$22,910 \cdot 10^{-3}$	6	50	0,05	50
7	12	$27,492 \cdot 10^{-3}$	7	60	0,06	60
8	14	$32,074 \cdot 10^{-3}$	8	70	0,07	70
9	16	$36,656 \cdot 10^{-3}$	9	80	0,08	80
10	18	$41,238 \cdot 10^{-3}$	10	100	0,1	100

##### **6.2 Эталонные растворы $\text{KCl}$**

В мерные колбы емкостью 100 мл отобрать указанные в табл. 20 объемы стандартного раствора  $\text{KCl}$ . Объем растворов довести водой до метки.

## **7 Получение калибровочных графиков**

### **7.1 Получение калибровочного графика по $P_2O_5$**

Окрашенные растворы сравнения профотометрировать аналогично исследуемым растворам и по результатам построить калибровочный график. По оси абсцисс отложить концентрации  $P_2O_5$  мг/50 мл в растворах сравнения, а по оси ординат – показания фотоколориметра.

### **7.2 Получение калибровочного графика по К**

Растворы сравнения спектрометрировать на пламенном фотометре аналогично исследуемым фильтратам. Построить калибровочный график, откладывая по оси абсцисс концентрации К мг/л в растворах сравнения, а по оси ординат – показания пламенного фотометра.

## **8 Обработка результатов**

Исходя из показаний приборов (после вычитания показаний, полученных при фотометрировании холостой пробы), по калибровочным графикам определить содержание подвижных форм фосфора и калия в фильтрате. Содержание  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в анализируемых почвах рассчитать по приведенным ниже формулам:

### **8.1 Содержание $P_2O_5$**

Содержание  $P_2O_5$  рассчитать по формуле:

$$X = \frac{a \times V_{ан} \times 100}{n \times V_{общ}},$$

где X – содержание  $P_2O_5$  в почве, мг/100 г;

a – содержание  $P_2O_5$  по калибровочному графику, мг;

n – вес пробы почвы, взятый на анализ, г;

$V_{ан}$  – объем фильтрата, взятого на анализ, мл;

$V_{общ}$  – объем экстрагента, использованный для приготовления вытяжки, мл;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы.

### **8.2 Содержание $K_2O$**

Содержание  $K_2O$  рассчитать по формуле:

$$Y = \frac{1,205 \times a \times V \times 100}{n},$$

где Y – содержание  $K_2O$  в почве, мг/100 г;

a – содержание К по калибровочному графику, мг/мл;

n – вес пробы почвы, взятый на анализ, г;

V – объем экстрагента, использованный для приготовления вытяжки, мл;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;



1,205 – коэффициент пересчета К в К<sub>2</sub>О.

Результаты исследований содержания Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> в почвезанести в таблицу 21.

Таблица 21– Результаты исследований содержания Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> в почве

Место взятия образца	Навеска, г	К-во приливаемой 0,2 н НСL, мл	Фосфор			
			К-во вытяжки взятой на анализ, мл	Отсчет ФЭКa	графический	Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> в мг на 100 г почвы
Корневское л-во Кв 371 Разрез2 7-14 см	5	25	2	0,220 0,220	0,0175 0,0175	4,375

Такая же таблица составляется для определения калия, только вместо графы «отсчет ФЭК» графа «показания фотометра».

### Примеры расчета

Расчет содержания фосфора (Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub>)

Навеска 5 г залита 25 мл. Для анализа взято 2 мл:

$$\frac{5000\text{мг} \times 2\text{мл}}{25\text{мл}} = 400\text{мг почвы}.$$

Отсчет ФЭК – 0,220. Отнимаем показания без раствора.

$$0,220 - 0,020 = 0,200$$

Определяем по калибровочному графику, что 0,200 соответствует 0,0175 мг действующего вещества.

Следовательно по соотношению находим:

$$X = \frac{0,0175 \times 100000}{400} = 4,375\text{мг на } 100\text{г почвы}.$$

Расчет содержания К<sub>2</sub>О

Навеска 5г залита 25мл, для анализа взято 2 мл:

$$\frac{5000\text{мг}}{25\text{мл}} = 200\text{мг почвы}.$$

Отсчет фотометра 90 ( $95 - 5 = 90$ ), соответствует по калибровочному графику 6,4 мг на литр. По соотношению определяем:

$$X = \frac{0,0064 \times 100000}{200} = 3,2 \text{ мг / мл на } 100 \text{ г почвы.}$$

Для определения подвижной формы калия полученный результат умножаем на коэф. 1,205 и получаем:

$$3,2 \times 1,205 = 3,856 \text{ мг на } 100 \text{ г почвы.}$$

## Тема 10 УДОБРЕНИЯ

- 10.1 Основные свойства удобрений
- 10.2 Расчет норм внесения удобрений
- 10.3 Определение нуждаемости почв в известковании
- 10.4 Расчет норм внесения извести

### Основные понятия по теме

Неотъемлемая часть всякой рациональной системы земледелия – удобрение почвы и растений. **Удобрение** – способ повышения эффективности

плодородия почвы и урожаев сельскохозяйственных культур, тесно связанный с другими агротехническими мероприятиями.

**Удобрениями называются вещества, вносимые в почву с целью повышения ее плодородия, увеличения урожая и продуктивности культур.**

Все удобрения делятся на две группы: **органические и минеральные.**

К органическим удобрениям относят: **навоз, торф, навозную жижу, различные компосты, зеленые и бактериальные удобрения.**

Среди всех удобрений органические удобрения занимают значительное место как по масштабу применения, так и по характеру воздействия на почву и сельскохозяйственные культуры. Едва ли есть такая страна на земном шаре, где бы ни применялись местные органические удобрения. Из них наиболее важнейшим, распространенным и универсальным удобрением был и остается навоз, содержащий все основные элементы, необходимые для питания растений.

**Торф** верховой идет на приготовление навоза, а низинный (осоково-тростниковый) может служить удобрением и без компостирования. Все виды торфа богаты азотом (низинный торф богаче и содержит 2,5 – 3,5 %

на сухое вещество). Широко используются ТМАУ (торфоминерально-аммиачное удобрение).

**Бактериальными удобрениями** называют препараты почвенных микроорганизмов, способных улучшать питание сельскохозяйственных растений и содействуют повышению плодородия почвы.

В настоящее время наиболее распространенные бактериальные удобрения – нитрагин, азотобактерин, фосфобактерин и АМБ.

Нитрагин содержит клубеньковые бактерии, обладающие способностью усваивать азот воздуха. Из препарата готовят болтушку с водой и ею обрабатывают семена бобовых растений перед посевом.

Азотобактерин, или азотоген, препарат, содержащий азотобактер. Азотобактер в отличие от клубеньковых бактерий не проникает в корень и не образует клубеньки, а свободно живет в почве вблизи корневой системы. Изготавливается в виде торфяного или перегнойного порошка. Норма внесения – 3–6 кг/га. Обрабатывают семена, так же как и нитрагином.

Фосфобактерин содержит культуру микроорганизмов, способных минерализовать органические фосфорные соединения почвы. Выпускается в виде жидкого или порошкообразного вещества. Вносится в почву вместе с семенами из расчета 50 мг/га или 250 г/га.

АМБ–препарат бактерий, усиливающих разложение органического вещества, имеет почвенные аэробные микроорганизмы. Выпускается в виде торфа (маточная культура). Применяется на бедных дерново-подзолистых почвах – 1 кг/1 т торфа и 100 кг извести.

### ***Зеленое удобрение.***

Зеленую массу бобовых растений, запахиваемую в почву в целях обогащения ее органическим веществом и азотом, называют зеленым удобрением (однолетний и многолетний люпин, донники и другие). Их запахивают в момент наибольшего накопления ими органической массы и азота.

### ***Минеральные удобрения.***

Минеральные удобрения изготавливаются в заводских условиях из источников сырья и делятся на следующие группы: азотные, фосфорные, калийные, сложные и микроудобрения.

### ***Азотные удобрения.***

Азот в жизни растений играет исключительно важную роль. Он входит в состав всех аминокислот, из которых построена сложная молекула белка. Азотные удобрения являются наиболее ценными. В зависимости от формы соединений азота, выпускаемых заводами, азотные удобрения подразделяют на аммиачные, аммиачно-нитратные, нитратные, амидные и смешанные формы в виде растворов.

Аммиачные удобрения.

Безводный (жидкий) аммиак ( $\text{NH}_3$ ), содержит 82% азота.

Аммиачная вода (водный аммиак) –  $\text{NH}_4\text{OH}$ , содержит 25% аммиака или 20,5% азота. Сульфат аммония (сернокислый алюминий) –  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , содержит 21% азота в аммиачной форме.

Хлористый аммоний –  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Мелкокристаллический белый или желтоватый порошок, содержащий 24-25% азота.

Аммиачно-нитратные удобрения.

Аммиачная селитра (азотнокислый аммоний, нитрат аммония) –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , содержит 34-35% азота.

Сульфат – нитрат аммония –  $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$ . Содержит 26% азота (19% в аммиачной форме и 7 – нитратной).

Известково-аммиачная селитра. Содержит 26% азота (нитратная и аммиачная форма в равных частях) и до 10% кальция.

Нитратные удобрения.

Натриевая селитра (нитрат натрия, азотнокислый натрий, чилийская селитра)  $\text{NaNO}_3$ , содержит 16,5% азота. Кальциевая селитра (нитрат кальция) –  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , содержит 17,5% азота. Калийная селитра (азотнокислый калий). Содержит 13,5% нитратного азота и 37,5% окиси калия. Полностью растворимое удобрение.

Амидные удобрения

Карбамидсинтетическая мочевины –  $(\text{CONH}_2)_2$ . Высококонцентрированное удобрение, содержит 46% азота.

Цианамид кальция –  $\text{CaCN}_2$ . Темно-серый порошок или гранулы с содержанием 18-21% азота.

Белый цианамид содержит 35% азота.

### **Фосфорные удобрения.**

Фосфор относится к числу важнейших элементов питания растений. Внесение его в почву в виде удобрений – единственный источник пополнения почвенных запасов. Источником фосфора для растений служат только фосфаты почвы и вносимые в почву удобрения.

Главным источником сырья для производства фосфорных удобрений служат природные фосфориты ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  (Казахстан) и апатиты (Кольский полуостров).

Фосфорные удобрения по растворимости в воде и слабых кислотах делят на три группы: водорастворимые, цитратно–лимоннорастворимые и труднорастворимые.

Водорастворимые удобрения.

Суперфосфат простой. –  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , содержит 10–20,5%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Выпускается промышленностью в порошковидном и гранулированном виде, серого или светло-серого цвета, с запахом кислоты.

Суперфосфат двойной –  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , содержит 43–49%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . По внешнему виду и свойствам похож на простой суперфосфат.

Цитратно – лимоннорастворимые удобрения.

Приципитат (дикальций фосфат) –  $\text{CaHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , содержит 30-35%  $\text{P}_2\text{O}_5$  в виде дикальциевого фосфата. По удобрительному действию близок к суперфосфату.

Томашлак –  $\text{CO}_3\text{P}_2\text{O}_9$ , содержит не менее 14%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . По внешнему виду – порошок темно-серого или черного цвета, негигроскопичен, не слеживается.

Труднорастворимые.

Полифосфаты – новые и перспективные формы фосфорных удобрений. Наибольшее значение имеют полифосфаты аммония. В гранулах содержится 60%  $\text{P}_2\text{O}_5$  и 16% N, в жидком продукте – 34%  $\text{P}_2\text{O}_5$  и 10% N. Метофосфат кальция содержит 60-70%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , до 30%  $\text{CaO}$ . В почве гидролизруется медленно. На кислых почвах по действию не уступает суперфосфату.

Калийные удобрения.

Калий хлористый –  $\text{KCl}$ , содержит 57-60%  $\text{K}_2\text{O}$ . Кристаллическая соль. Самое распространенное калийное удобрение.

Калий сернокислый (сульфат калия) –  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , содержит 46%  $\text{K}_2\text{O}$ .

Кристаллический, рассыпчатый порошок светло-серого цвета.

Калийная соль является смесью хлористого калия с тонкоразмолотым сильвинитом или каинитом. Содержит 40%  $\text{K}_2\text{O}$  и до 50% хлористого натрия.

Калимагнезия (сульфат калия – магния) –  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , содержит 28%  $\text{K}_2\text{O}$  и 10%  $\text{MgO}$ , не более 3% хлора.

Сильвинит –  $\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$ , содержит 22%  $\text{K}_2\text{O}$ , 34–38% окиси натрия и 52-55% хлора.

Каинит –  $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , природная соль, состоит из сернокислого магния (30%), хлористого калия (16%) и хлористого натрия (до 40%). Содержит 9,5%  $\text{K}_2\text{O}$  и 10%  $\text{MgO}$ .

Сложные и комбинированные удобрения. Сложные минеральные удобрения (аммофос, диаммофос и др.) содержат, как правило, 2 элемента питания, которые входят в одну молекулу и представлены одной химической формулой.

Комбинированные удобрения содержат 2 и более элемента питания (нитрофоски, нитроаммофоски). Представляют собой несколько химических соединений. Сложные и комбинированные удобрения получают в едином технологическом процессе. Они удобны для внесения, легче усваиваются.

Аммофос –  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ , содержит 11–12% N и 44–52%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Хорошо усвояемое растениями, малогигроскопичное удобрение. Пригодно для внесения на питомнике как основное.

Диаммофос –  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , содержит 18% N и 48%  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Отличное удобрение, как для подкормок, так и для основного внесения в почву.

Фосфат калия – аммония – содержит 5% N, 50%  $\text{P}_2\text{O}_5$  и 23%  $\text{K}_2\text{O}$ .

Это новое перспективное удобрение, пригодное для лесных питомников.

Нитрофос гранулированный – содержит 23,5–24% N, 14–15% усвояемой  $P_2O_5$ .

Нитроаммофос гранулированный – содержит 16–25% N, 20–24% усвояемой  $P_2O_5$ .

Нитроаммофоска – содержит 13–17% N, 17–19%  $P_2O_5$ , 17–19%  $K_2O$

### ***Применение удобрений в питомниках.***

Применение удобрений в питомниках осуществляется на фоне высокой агротехники выращивания посадочного материала. Правильное применение удобрений дает возможность обеспечить необходимый уровень питания сеянцев и саженцев, повышения качества и выхода стандартного материала.

Выбор удобрений и установление доз зависит от уровня плодородия почвы, ее механического состава, выращиваемой породы и других факторов.

По срокам внесения различают удобрение допосевное (основное), припосевное (вносится во время посева в бороздки, ямки) и послепосевное (подкормки).

Сроки внесения основного удобрения. Основное удобрение вносят преимущественно при обработке парового поля.

Органические удобрения разбрасывают равномерно по площади и сразу, чтобы они не высыхали, заделывают дисковыми боронами или вспашкой паров или под зябь на глубину 15-20 см.

На тяжелых супесчаных и достаточно увлажненных почвах глубина заделки меньшая, чем на более легких и менее увлажненных.

Использование торфа необходимо сочетать с внесением минеральных удобрений в дозах, соответствующих обеспеченности почв элементами питания.

Фосфорные и калийные удобрения можно вносить в почву осенью или ранней весной не позже чем за две-три недели до посева семян, азотные – в ранневесенний период.

Медленнодействующие азотные удобрения вносят за несколько дней до посева. При такой заделке в условиях достаточного увлажнения почвы удобрения более полно используются корневыми системами сеянцев.

В сидеральном пару фосфорные и калийные удобрения вносят из расчета 50% дозы под посев сидерата и 50% - перед запашкой сидерата или весной за 2-3 недели до посева семян.

### ***Дозы основного удобрения.***

Дозы органических удобрений определяют по содержанию в почве гумуса. Дозу извести для известкования определяют по величине pH и содержанию гумуса в почве.

Дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений зависят от обеспеченности почв элементами минерального питания и выращиваемой породы.

Следует отметить, что минеральные удобрения должны применяться на фоне внесения органических удобрений. Если компост содержит требуемое количество минеральных удобрений, то дополнительно они не вносятся.

Для условий Беларуси в качестве органического удобрения наибольшее значение имеет торф и приготовляемые на его основе компосты с минеральными добавками (ТМАУ торфо-минерально-аммиачное удобрение).

Хорошим источником повышения плодородия почв является зеленое удобрение. Особо большое значение имеет оно в окультуривании малогумусовых почв.

Ценнейшими сидератами являются люпины, сераделла, донник и другие бобовые растения, способные наращивать большую зеленую массу. Эффективность сидератов повышается при внесении в почву перед посевом их по 50–60 кг на 1 га фосфорного и калийного удобрения.

Норма высева семян люпина узколистного 200, люпина желтого – 160–180, донника белого – 20 и сираделлы – 40–60 кг/га. Люпин следует запахивать в период формирования бобов, а донник и сераделлу – в конце лета.

Сидераты перед запашкой лучше прикатать и поле обработать дисковым луцильником.

Расчет доз удобрений проводится следующим образом. Минеральные удобрения, кроме основных элементов питания растений, содержат много различных примесей не используемые растениями.

***Количество нужного (полезного) того или иного элемента питания в удобрении (без примесей) называют действующим веществом, которое выражают в процентах от веса удобрения.***

Например, в натриевой селитре ( $\text{NaNO}_3$ ) содержится 15 – 16% азота. Это значит, что в 1 ц данного удобрения 15 – 16 кг чистого азота, а остальное количество (85 – 84 кг) составляют различные примеси.

Норму того или иного удобрения принято исчислять в килограммах действующего питательного вещества на гектар. Для азотных удобрений- в N, для фосфорных – в пятиокиси фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), для калийных- в окиси калия ( $\text{K}_2\text{O}$ ).

Чтобы определить, сколько, центнеров удобрения следует внести на гектар, надо заданную норму разделить на процентное содержание действующего вещества в туке (вносимом удобрении).

Например, требуется внести в почву 50 кг действующего вещества азота на гектар.

В хозяйстве имеется аммиачная селитра с содержанием азота 33%. Производим расчет  $50 : 33 = 1,5$ . Следовательно, необходимо внести 1,5 ц на га аммиачной селитры. Иначе дозу удобрения можно рассчитать следующим образом: в 100 кг аммиачной селитры содержится 33 кг действующего вещества азота (N), а необходимое для внесения 50 кг действующего вещества будет находится в х кг туков. Отсюда х кг туков:

$$\frac{50 \times 100}{33} = 150 \text{ кг или } 1,5 \text{ ц.}$$

Это количество аммиачной селитры необходимо внести на га.

Таким образом, исходя из простых количественных пропорций, можно рассчитать норму внесения удобрений в почву.

С целью унификации учета удобрений их принято выражать в единицах условных туков.

В качестве стандартных показателей условных туков приняты:

для азота-сульфат аммония с 20,5% N;

для фосфора-суперфосфат простой с 18,7 %  $P_2O_5$ ;

для калия-калийная соль с 41,6%  $K_2O$ .

Выражение удобрений в условных туках рассчитывается по формуле:

$$T_v = \frac{P \times D_v}{D_{ст}},$$

где  $T_v$  – условные туки удобрения;

P – вес удобрения, кг;

$D_v$  – действующее начало удобрения, %;

$D_{ст}$  – действующее начало стандарта, % (для N -20,5, для  $P_2O_5$  -18,7, для  $K_2O$  – 41,6).

Например, на складе имеется 500 кг натриевой селитры (содержание действующего вещества N – 16%). В переводе на условные туки это составит не 500, а 390 кг:

$$T_v = \frac{500 \times 16}{20,5} = 390 \text{ кг}$$

### **Подкормки.**

Подкормки проводят для улучшения питания сеянцев и саженцев в напряженный период их роста и развития. Используют преимущественно азотные удобрения, а также фосфорные и калийные. Применяют корневую и внекорневую подкормки. Для корневой подкормки кроме стандартных азотных удобрений используют и медленнодействующие, которые благодаря слабой растворимости обеспечивают растения азотом более



равномерно и в течение более длительного срока, чем стандартные. Микроэлементы применяют разными способами: путем внесения в почву, предпосевной обработки семян, внекорневой подкормки растений, намачивания корневой системы друг с другими. Экономически более выгодным является предпосевная обработка семян и внекорневая подкормка растений.

Внекорневым способом подкармливают 1–2–летние сеянцы. Проводят 2–3 опрыскивания с интервалом 15–20 дней в период интенсивного роста растений вечером или утром (в солнечные дни), чтобы избежать ожогов листьев. Лучше всего работы проводить после дождя. Намачивание корней сеянцев и саженцев проводят в предпосевной период в растворах микроэлементов в течение 10–24 часов. Это способствует усилению роста корневой системы, что обеспечивает лучший рост и приживаемость растений.

#### ***Удобрение лесных культур.***

Применение удобрений при производстве лесных культур обеспечивает повышение их приживаемости и сохранности в неблагоприятных условиях произрастания, а также ускорение роста культур при плантационном лесовыращивании. В зависимости от условий местопроизрастания и культивируемой древесной породы при создании лесных культур могут использоваться органические, минеральные, зеленые и бактериальные удобрения. Вопросы применения удобрений в период закладки культур следует решать конкретно для каждого случая, учитывая плодородие почвы и степень его нарушения при подготовке посадочного места, особенности роста культур в зависимости от вида посадочного материала. Следует учитывать также стоимость удобрений и их биологическую и экономическую эффективность.

Удобрение насаждений. На данном этапе лесохозяйственной деятельности в республике, учитывая лесоводственную и экономическую эффективность, рекомендуется в первую очередь удобрять приспевающие и спелые сосновые и еловые насаждения как минимум за 10 лет до главной рубки. Более молодые хвойные насаждения также очень отзывчивы на подкормку минеральными удобрениями, однако, принимая во внимание экономическую сторону этого мероприятия, удобрять их следует во вторую очередь. Эффект значительно усиливается, если перед внесением удобрений провести рубки ухода: убрать сухие и угнетенные деревья, а также пораженные грибными заболеваниями.

#### ***Сроки и дозы внесения минеральных удобрений.***

Наиболее подходящим сроком для внесения минеральных удобрений являются: при ранней весне – апрель – начало мая; при поздней – вторая половина мая – начало июня. Для определения нуждаемости почв в извешковании необходимо знать их ***механический состав, pH солевой вытяжки и степень насыщенности основаниями в процентах.***

В лабораторных условиях механический состав почв определяется различными способами. Наиболее распространенный метод проф. А.К. Сабанина и пипеточный метод механического анализа (по Н.А. Качинскому). В поле механический состав определяется визуальным методом путем растирания почвы между пальцами. При этом различают почвы глинистые, суглинистые, супесчаные и песчаные. При определении нуждаемости почв в известковании пользуются ниже приведенной таблицей 24.

Например почва по механическому составу легкий суглинок,  $pH_{KCl} = 4,7$ , степень насыщенности ее основаниями  $Y$  равна 50%. Пользуясь таблицей 24, находим нуждаемость растений в известковании на данной почве – средняя.

Норма извести на гектар рассчитывается по наибольшей, гидролитической кислотности. Для нейтрализации 1 мг – экв водорода необходимо внести 1 мг – экв известкового удобрения, например  $CaCO_3$ . Так как эквивалентный вес водорода равен 1, а извести – 50, то для нейтрализации 1 мг водорода необходимо 50 мг  $CaCO_3$  на каждые 100 г почвы (гидролитическая кислотность рассчитывается в мг-экв на 100 г почвы). Чтобы перейти от 100г почвы к весу всего пахотного слоя, который для подзолистых почв может быть принят равным 3 млн. кг (мощность пахотного слоя 20 см, объемный вес почвы 1,5), найденную величину гидролитической кислотности почвы умножить на 50 и 3000.000.000 г делить на 100 г.

Полученная величина будет нормой извести в мг на 1 гектар. Ее необходимо перевести в тонны. Например гидролитическая кислотность составляет 3,96 мг-экв на 100 г почвы.

Норма извести будет равна:

$3,96 \cdot 50 \cdot 3000.000.000 / 100 \cdot 1000.000.000 = 5,94$ , приблизительно 6 т на га.

Приблизительную норму извести можно определить по величине  $pH$  солевой вытяжки.

При этом можно использовать помещенную ниже таблицу 25 для вычисления дозы внесения извести по  $pH$  солевой вытяжки.

Таблица 22 – Свойства минеральных удобрений

Наименование и химическая формула удобрения	Внешний вид	Растворимость в воде	Проба с раскаленным углем и на пламя	Действие			Примечание
				хлористого бария	щелочи	азотнокислого серебра (ляписа)	
Азотные удобрения							
Аммиачная селитра NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Белый или желтоватый кристаллический порошок, иногда с розовым оттенком, сильно гигроскопичен, обычно гранулируется	Растворяется полностью	Дает вспышку или плавится и выделяет едкий дым с запахом аммиака	Не изменяется	Запах аммиака, красная лакмусовая бумага синее	Небольшой белый осадок	
Натриевая селитра, Na NO <sub>3</sub>	Белый или буровато-желтый кристаллический порошок, гигроскопичен	-	Желто-оранжевым пламенем	Слабая муть	Не изменяется	Небольшой белый осадок	
Калийная селитра, KNO <sub>3</sub>	-	-	Вспыхивает фиолетовым пламенем	-	-	-	
Сульфат аммония (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Белый или окрашенный (грязно-зеленый, желтоватый) мелкокристаллический порошок, слабо гигроскопичен	Растворяется полностью	Плавится и выделяет едкий дым с запахом аммиака, темнеет	Обильный белый осадок, не растворяющийся в уксусной кислоте	запах аммиака, красная лакмусовая бумага синее	Небольшой осадок	

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4	5	6	7	8
Кальциевая селитра, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	В виде белой крупки иногда с серовато-желтым оттенком, сильно гигроскопична, при слеживании пластинчата	Растворяется полностью	Плавится, кипит, сгорает оставляя белый налет	Очень слабая муть	Белый студенистый осадок	Слабо заметная муть	
Мочевина $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	Белый порошок	—	Легко плавится и, дымит, пахнет аммиаком	Едва заметное помутнение	Не изменяется		
Фосфорные удобрения							
Суперфосфат простой, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Светло-серый иногда белый мягкий порошок, слабо гигроскопичен	Заметно растворим	Почти не изменяется, запах жженой резины	Сильная муть заметно растворима в уксусной кислоте	—	Пожелтение раствора и осадка	Имеет кислую реакцию
Суперфосфат гранулированный, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Светло-серый иногда белый цвет, частицы-гранулы размером 1–4 мм	—	—	—	—	—	—
Преципитат, $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Белый тонкий порошок не гигроскопичен	Не растворим	Почти не изменяется	Очень слабая муть	—	Пожелтение верхнего слоя осадка в пробирке	
Фосфорная мука, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	Землистый тонкий порошок, не гигроскопичен	—	Не изменяется	—	—	Тоже, но значительно слабее	

## Окончание таблицы 22

1	2	3	4	5	6	7	8
Калийные удобрения							
Хлористый калий, KCl	Белый или сероватый мелко кристаллический порошок, слабо гигроскопичен	Растворяе тся полность ю	Потрескивание кристаллов	Слабая муть	—	Белый осадок растворяется в нашатырном спирте	
Калийная соль KCl*NaCl	Грязно-серый или белый мелкокристаллический порошок с примесью желтовато-розовых кристаллов (Солигорская- красно-бурого цвета)	—	—	—	—	—	
Сильвинит, KCl*NaCl	Розовые или желто- красные кристаллы, в порошке розового или белого с розовым оттенком, мало гигроскопичен	Растворяе тся полность ю	Потрескивание кристаллов	Слабая муть или небольшой осадок	Не изменяется	Белый осадок растворяется в нашатырном спирте	По сравнению с калийной солью содержит большое количество крупных кристаллов
Сернокислый калий, K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Белый или серый кристаллический порошок, мало гигроскопичен	—	—	Обильный белый осадок, не растворимы й в уксусной кислоте		—	
Известковые удобрения							
Известь, CaCO <sub>3</sub>	Белый или желтоватый порошок мало гигроскопичен	—	—				Бурно вскипает от HCl

## Вопросы для самоконтроля

- 1 Назовите группы удобрений.
- 2 Перечислите и опишите виды органических удобрений и их применение.
- 3 Перечислите и опишите виды минеральных удобрений и их применение. Укажите их свойства.
- 4 Перечислите основные сроки внесения удобрений.
- 5 Чем определяются сроки и дозы внесения минеральных удобрений?
- 6 Что такое подкормки?
- 7 Каким образом можно определить нуждаемость почв в известковании?
- 8 Какие данные исследования почв необходимо иметь для определения потребности почв в известковании?

## Лабораторная работа 1

**Цель работы:** определение основных удобрений и расчет норм внесения.

**Материалы и оборудования:** образцы различных видов удобрений; таблица свойств минеральных удобрений; капельницы; промывалка; стеклянные пробирки; Фарфоровая ложка (металлический шпатель); горелка; электроплитка; лакмусовая бумага.

## Ход работы

### *1 Распознавание (разделение) минеральных удобрений*

В чистую пробирку взять щепотку удобрения (около 2 г), добавить 15 – 20 мл дистиллированной воды. Содержимое пробирки сильно встряхнуть. Если удобрение растворилось, то оно относится к азотным или калийным. Если удобрение не растворяется или растворяется лишь частично, то оно принадлежит к числу фосфорных или известковых.

#### **1.1 Распознавание азотных или калийных удобрений**

Распознавание азотных или калийных удобрений произвести по их горимости (пробой на раскаленный уголь или на сгорание в пламени горелки). Для этого щепотку сухого удобрения поместить на раскаленный древесный уголь и пронаблюдать за горением удобрения (образованием дыма, вспышкой, цветом, запахом и т.д.). При использовании спиртовой или газовой горелки щепотку удобрения на небольшом металлическом или фарфоровом шпателе внести в бесцветное пламя и наблюдать за горением. Если горят азотные удобрения. При этом аммиачные удобрения плавятся и выделяют едкий дымок с запахом нашатырного спирта (аммиака). Если же удобрения не горят остаются без изменения или потрескивают, то они относятся к калийным.

## **1.2 Распознавание группы фосфорных и известковых удобрений**

Распознавание группы фосфорных и известковых удобрений производят действием 10% раствора соляной кислоты. Известковые удобрения быстро вскипают, а фосфорные не вскипают (за исключением томасшлака, который хорошо различается по темно-бурой или почти черной окраски).

## **2. Определение удобрений при помощи химических реактивов**

### **2.1 Приготовление растворов для анализа**

В чистую пробирку взять щепотку удобрения (около 2 г), добавить 15 – 20 мл дистиллированной воды. Содержимое пробирки сильно встряхнуть. Если удобрение растворилось, то раствор разливают примерно поровну в три пробирки, промытые дист.  $H_2O$ . Использовать их для реакции с хлористым барием, азотнокислым серебром и щелочью.

### **2.2 Определение наличия соли серной кислоты**

В одну из пробирок сводным раствором удобрения (3–4 мл) добавить 2–3 капли 5% хлористого бария. Появление белого творожистого осадка  $BaSO_4$  не растворимого в кислотах, что удобрение – соль серной кислоты.

### **2.3 Открытие ионов хлора и фосфорной кислоты**

Во вторую пробирку с раствором удобрения (около 4 мл) добавить 2 – 3 капли 2 – 5% раствора азотнокислого серебра ( $AgNO_3$ ). Образование белого творожистого осадка, сворачивающегося при встряхивании и не растворимого в разбавленной азотной кислоте, указывает на присутствие солей соляной кислоты (ионов хлора); образование желтого осадка на наличие фосфорной кислоты.

### **2.4 Определение содержания аммиака**

В третью пробирку с раствором удобрения (около 4 мл) прилить 2 – 3 мл 10% щелочи ( $NaOH$  или  $KOH$ ). Содержимое пробирки нагреть (можно доводить до кипения) и держать над ее отверстием смоченную водой красную лакмусовую бумажку. Посинение лакмусовой бумажки или обнаружение запаха аммиака указывает на содержание в удобрении иона аммиака. Если запах аммиака обнаруживается с трудом и возникает сомнение в его наличии, то можно добавить щепотку исследуемого удобрения в пробирку с раствором, прикрыть ее пальцем, содержимое взболтать и еще раз проверить на запах аммиака. Все наблюдения при определении удобрений (внешний вид, растворимость, реакция с хлористым барием и др.) записать в таблицу 23.

Таблица 23 – Форма записи свойств определяемых удобрений

№ удобрения	Название	Формула (состав)	Растворимость в воде	Отношение к расколенно му углю (горимость)	Реакция с хлористым барием и кислотой	Реакция с азотнокислым серебром и	Отношение к щелочи	Внешний вид и запах	Прочие признаки

**3 Рассчитайте:** сколько необходимо внести на гектар поля суперфосфата простого с содержанием  $P_2O_5$  20,5%. Если требуется внести 80 кг/га действующего вещества.

**4 Выразите следующие удобрения в условных туках:**

натриевая селитра массой 250 кг (содержание действующего вещества 16,5%); томасшлак  $CO_4P_2O_9$   $m = 456$  кг (содержит не менее 14%  $P_2O_5$ ); карбамидсинтетическая мочевиная –  $(CONH_2)_2$ . (высококонцентрированное удобрение, содержит 46% азота.) массой 1,5 т; сульфат аммония (сернокислый аммоний) –  $(NH_4)S_2O_4$ , содержит 21% азота массой 23 ц.

Если  $D_{ст}$  – действующее начало стандарта, % (для N – 20,5, для  $P_2O_5$  – 18,7, для  $K_2O$  – 41,6).

## Лабораторная работа 2

**Цель работы:** определение потребности почвы в известковании.

**Материалы и оборудование:** таблица для вычисления дозы внесения извести по pH солевой вытяжки, таблица качественной оценки потребности растений на данной почве в известковании, данные ранее проведенных исследований почв на величину гидролитической кислотности, емкости катионного объема, pH.

## Ход работы

### 1 Определение нуждемости почв в известковании

Пользуясь ранее полученными данными исследования почвы по механическому составу и насыщенности ее основаниями, определите потребность изучаемого образца почвы в известковании. При этом необходимо руководствоваться таблицей 24 ранее проведенных исследований почв на величину гидролитической кислотности и емкости катионного объема.



Таблица 24 – Качественная оценка потребности растений в известковании

Механический состав и другие свойства почвы	Нуждаемость растений чувствительных к кислотности, в известковании по М.Ф. Корнилову							
	Сильная		Средняя		Слабая		Отсутствует	
	pH сол.	У насыщенность основаниями	pH сол	У насыщенность основаниями	pH сол	У насыщенность основаниями	pH сол	У насыщенность основаниями
Тяжелые и средние суглинки	до 5,0	до 45	5,0–5,5	45–60	5,5–6,0	60–70	6,0	>70
	до 4,5	до 50	4,5–5,0	50–65	5,0–5,5	65–70	5,5	>75
	до 4,0	до 55	4,0–4,5	55–70	4,5–5,0	70–80	5,0	>80
Легкие суглинки	до 5,0	до 35	5,0–5,5	35–55	5,5–6,0	55–65	6,0	>65
	до 4,5	до 40	4,5–5,0	40–60	5,0–5,5	60–70	5,5	>70
	до 4,0	до 45	4,0–4,5	45–55	4,5–5,0	65–70	5,0	>75
Супесчаные и песчаные	до 5,0	до 30	5,0–5,5	30–45	5,5–6,0	45–55	6,0	>55
	до 4,5	до 35	4,5–5,0	35–50	5,0–5,5	50–60	5,5	>60
	до 4,0	до 40	4,0–4,5	40–55	4,5–5,0	55–65	5,0	>65
Торфяные и торфяно-болотные	до 3,5	до 35	3,5–4,2	35–55	4,2–4,8	55–65	4,8	>65

## 2 Расчет нормы извести на гектар

Рассчитайте норму извести на гектар в исследуемом образце почвы, используя при этом ранее полученные данные величины гидролитической кислотности данного почвенного образца.

## 3 Приблизительный расчет нормы извести на гектар

Определите приблизительную норму извести на га почвы исследуемого образца по известной ранее pH. При этом используйте таблицу 25.

Таблица 25 – Вычисление дозы внесения извести по pH солевой вытяжки

Механический состав почвы	pH солевой вытяжки					
	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4 – 5,5
	Дозы CaCO <sub>3</sub> (в т на га)					
Супеси и легкие суглинки	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0
Средние и тяжелые суглинки	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5

## Тема 11 ПОЧВЕННЫЕ КАРТЫ И КАРТОГРАММЫ

### 11.1 Знакомство с принципами составления почвенных карт-схем

### 11.2 Оформление отчета

#### Основные понятия по теме

Наиболее информативным методом, характеризующим почвенный покров, слагающие его компоненты и свойства, является **почвенная съемка**.

Результаты почвенной съемки системой условных знаков отражаются на почвенных картах и дополняющих их картографических материалах. Детальность отображения почвенного покрова зависит от масштабов съемки, сложности почвенного покрова и назначения карты.

В основу почвенной картографии. Докучаев положил сравнительно-географический метод.

**Почвенная карта** — это карта специального назначения, дающая представление о количественном составе и пространственном распространении (топографии) почв на той или иной территории. Почвенной картой называют топографическую основу с отраженным на ней почвенным покровом.

В зависимости от масштаба почвенные карты делятся на **обзорные**

(1 : 1 000 000 и мельче), **мелкомасштабные** (1 : 300 000 – 1 : 100 000), **крупномасштабные** (1 : 50 000 – 1 : 10 000), **детальные** (1 : 5000 – 1 : 200)

Методика крупномасштабных почвенных исследований включает три периода: **подготовительный, полевой и камеральный (лабораторный)**. В подготовительный период устанавливают объекты, масштабы съемки, объемы и планы работ, которые зависят от сложности объекта, комплектуют снаряжение. Полевой период делится на несколько этапов: изучение картографической основы и систематического списка почв, рекогносцировку местности (изучают рельеф, геоморфологию территории, наличие овражно-балочной сети и гидрографии и др.), планирование рабочих маршрутов и непосредственно почвенная съемка.

В основу полевого изучения почв положен метод почвенно-профильной диагностики. Сущность метода заключается в закладке на исследуемой территории различных типов разрезов. В зависимости от назначения различают следующие почвенные разрезы: основные (ямы), контрольные (полуямы), прикопки.

Полевой период завершается составлением полевой почвенной карты.

В камеральный период выполняют лабораторные анализы почв, оформляют авторский оригинал почвенной карты, составляют почвенный очерк, вычисляют площади контуров разновидностей почв, оформляют карты агропроизводственной группировки почв, карты эродированных и

каменистых земель, для лесхозов – рационального размещения древесных пород и др.

Так как все результаты полевых и лабораторных исследований почв нельзя отразить на почвенной карте, чтобы не сделать ее громоздкой и малопонятной, то в дополнение к почвенной карте составляют еще картограммы.

**Агрохимической картограммой** называют план землепользования хозяйства, на котором показаны контуры (площади) почв с различными кислотностью, содержанием питательных веществ и других показателей плодородия (содержание гумуса, засоленность и т.д.).

Растения чаще всего испытывают недостаток в азоте, фосфоре и калие, поэтому при агрохимическом картографировании прежде всего составляют картограммы содержания в почвах подвижных (доступных для растений) форм азота, фосфора и калия. В ряде случаев необходимы агрохимические картограммы, отражающие содержание в пахотном (для лесных почв - в корнеобитаемом) слое микроэлементов (бор, медь и др.). Для характеристики общих условий питания растений составляют картограммы кислотности почв и нуждаемости их в известковании, щелочности и засоленности почв. Каждая из названных картограмм составляется на основании соответствующих агрохимических показателей.

Масштаб агрохимических картограмм должен соответствовать масштабу почвенной карты для той же территории. Картограммы составляют обычно на ограниченный срок, как правило, не более чем на одну ротацию севооборота, принятого в данном конкретном хозяйстве. К каждой картограмме прилагается объяснительная записка, объясняющая ее содержание.

***Агрохимическое обследование почв лесных базисных питомников и составление почвенных карт и картограмм.***

Почвы каждого отдельного крупного питомника, как правило, неоднородны и могут существенно отличаться по плодородию и требуемым мероприятиям по повышению его. Поэтому каждый такой питомник нуждается в детальном обследовании по полям или кварталам с целью установления характерных особенностей по механическому составу, глубине залегания грунтовых вод, окультуренности, а также важнейших агрохимических показателей, характеризующих кислотность почв и обеспеченность их подвижными формами основных питательных веществ и гумусом. По результатам полевых и лабораторных исследований почв питомника составляются почвенная карта и агрохимические картограммы.

Для составления почвенной карты выявляют однородные по рельефу и растительности участки питомника. На каждом из них выкапывают по одному шурфу глубиной до 2 м и несколько полую глубиной до 1 м. Проводят описание разрезов по генетическим горизонтам и берут пробы

почвы для определения механического состава. Полученные данные используют для уточнения почвенно-грунтовых условий, мероприятий по их улучшению, рациональному использованию площадей, размещению выращиваемых видов деревьев и кустарников.

Для определения агрохимических свойств пахотного горизонта и составления картограмм проводят отбор и анализ смешанных почвенных проб по кварталам или полям, выделенных с учетом особенностей применения удобрений, сроков, видов и агротехники выращивания посадочного материала.

Пробы почвы отбираются в сентябре-октябре в сухие, без осадков, дни отдельно с посевных и школьных отделений питомников. Предварительно каждое поле (например, посев ели первого года, посев ели второго года, паровое поле под посев сосны в будущем году и т.д.) площадью от 0,1 до 1 га разбивается условно с учетом микрорельефа или других особенностей на три площадки.

С каждой условно площадки отбирают ножом или шпателем из прикопок или же почвенным буром из пяти мест точечные пробы примерно равного объема. Место взятия точечных проб располагаются на площадке конвертом, между посевных строчек или лент.

Глубина взятия точечных проб 0-20 см. С пяти точечных проб площадки составляется одна смешанная проба, общая масса которой должна быть в пределах 0,5 – 1,0 кг. Таким образом, с одного поля площадью 0,1 – 1,0 га отбирается три пробы почвы.

Если площадь поля больше 1 га, на каждый дополнительный гектар отбирается еще одна проба почвы. В этом случае поле разбивается на четыре площадки и больше в зависимости от его величины.

Если площадь поля не превышает 0,1 га, отбирается одна проба почвы. В случае пространственного разобщения поля (например, 1-летний посев сосны расположен в двух местах), то с каждого из них отбираются отдельные пробы почвы.

Объединенная проба почвы из пяти точечных проб помещается в матерчатый мешочек, куда ложится только этикетка или сопроводительный талон. Отобранные пробы необходимо пронумеровать и зарегистрировать в журнале, указав следующие данные: порядковый номер и место взятия пробы, микрорельеф (понижение, повышенная часть поля), тип почвы (песчаная, супесчаная и т.д.), целевое назначение места отбора пробы (посев сосны первого года, пар под посев ели и т.д.), дата отбора, исполнитель.

В почвенных пробах определяют содержание гумуса, усвояемых форм  $K_2O$  и  $P_2O_5$ , устанавливают кислотность. На основании анализа составляют соответствующие картограммы.

Результаты химических анализов смешанных почвенных проб пахотного горизонта наносят на картограммы. При этом данные

предварительно разделяют на пять групп по количеству гумуса, фосфора и калия с учетом приведенных шкал обеспеченности.

Картограмму кислотности почв составляют по величине показателя рН в солевой вытяжке в соответствии со шкалой.

Древесные породы следует размещать, сообразуясь с их биологическими особенностями и агрохимическими свойствами почв, или изменять агрохимические свойства почв в соответствии с требованиями древесных пород в процессе химической и биологической мелиорации.

### **Вопросы для самоконтроля**

1 Опишите сущность назначения и использование почвенных карт и картограмм.

2 Опишите особенности составления карт и картограмм лесных базисных питомников.

### **Лабораторная работа**

**Цель работы:** составление почвенных карт и картограмм содержания различных элементов в почве.

**Материалы и оборудование:** почвенные карты и картограммы лесных базисных питомников.

### **Ход работы**

#### ***1 Выполнение задания по карте-схеме***

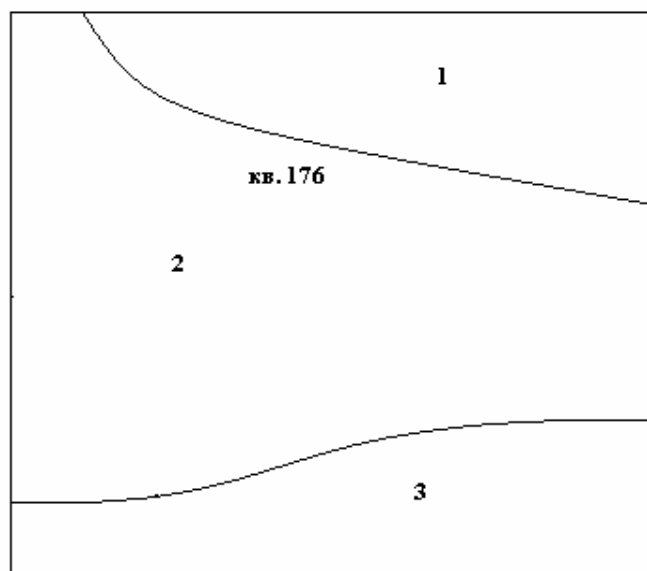
На основе выданного задания по карте-схеме расположения выделов в конкретном квартале и данных о видах почв расположенных в нем восстановить с учетом рельефа и произрастающей лесной породы почвенные контура.

Провести их окраску в соответствии с общепринятыми приемами отображения (берутся по результатам почвенного устройства).

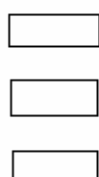
#### ***2 Составление отчета.***

Результат работы оформить в виде отчета:

Отчет  
по почвенному лесорастительному картированию  
квартала \_\_\_\_\_ Корневской ЭЛБ ИЛ НАН Б  
проведенному \_\_\_\_\_ группы ЛХ \_\_\_\_\_



**экспликация**



Окрашенные изображения  
почвенно-лесорастительных контуров с  
соответствующими названиями почв

Рисунок 5 Схема расположения почвенных выделов в квартале

## Тема 12 СОРНЯКИ И БОРЬБА С НИМИ

12.1 Классификация сорных растений

12.2 Назначение систем севооборотов

### Основные понятия по теме

Борьба с сорной растительностью в лесных питомниках является одной из наиболее трудоемких работ, стоимость которой оценивается более 30% от общих затрат на выращивание посадочного материала. Сорняки снижают качество посадочного материала путем его отенения и иссушения почвы, т. к. транспирационный коэффициент у них в 2–3 раза выше, чем у культурных растений. Часто сорняки служат первичными резерватами

вредителей и болезней выращиваемого посадочного материала. Вредоносность сорных растений заключается также в том, что они сильно усложняют и затрудняют выполнение агротехнических работ, забивая рабочие органы почвообрабатывающих машин, в результате чего ухудшается качество проводимых работ. Меры борьбы с сорными растениями разделяют обычно на *агротехнические, химические и биологические*.

#### ***Агротехнические меры борьбы с сорняками.***

1 Предупредительные меры. К ним относятся:

- а) тщательная очистка посевного материала;
- б) скашивание (до обсеменения) сорняков на межах, придорожных полосах, пустырях, краях дорог и обочин канав, приусадебных участках и других необрабатываемых землях;
- в) предупреждение засорения полей через навоз. Для этого засоренное зерно скармливают в дробленном и размолотом виде; солому, содержащую созревшие сорняки, перед скармливанием запаривают; навоз вывозят на поля после предварительного компостирования и разогревания в буртах, где многие семена сорняков могут потерять всхожесть;
- г) сбор семян зерновых сорняков, осыпавшихся на уборочные машины и остающихся в комбайне, с помощью зерноуловителей;
- д) контроль карантинными инспекциями семян карантинных сорняков. К ним принадлежат разные виды амброзии, все виды стриги, горчак розовый, повилика и некоторые другие сорные растения.

2 Истребительные меры. Приступая к борьбе с сорняками, следует. Тщательно обследовать поля, составить карту их засоренности. Карты должны быть обязательно в каждом хозяйстве и через два года обновляться. Важно также выявить степень засоренности почвы семенами сорняков.

Для многих видов требуются специальные приемы их уничтожения, но есть некоторые общие меры борьбы с сорными растениями. Важнейший агротехнический прием борьбы с сорняками – ***введение севооборота***. Правильное чередование культур в нем препятствует разрастанию и способствует уничтожению многих сорняков. Более успешная борьба с ними ведется в чистом пару.

***Биологический метод*** – это уничтожение сорняков с помощью специализированных насекомых, грибов и бактерий. Так, для борьбы с заразой используется мушка фитомиза. Гусеницы амброзиевой совки сильно повреждают листья амброзии полыннолистной.

***Химический метод*** – это уничтожение сорняков гербицидами. По характеру поражения растений различают гербициды сплошного и избирательного действия. Первые уничтожают все растения, вторые – только определенные виды сорняков. В зависимости от природы действия на растения избирательные гербициды делятся на контактные,

вызывающие отмирание тканей растений в местах нанесения раствора гербицида, системные, или передвигающиеся, которые оказывают на растение глубокое токсическое действие, проникая и в надземную часть, и в корни.

Таблица 26 – Важнейшие гербициды и дозы их внесения

Культура	Гербицид, содержание в нем действующего вещества (%)	Доза препарата (в кг действующего вещества на 1 га)	Обработка	Поражаемые сорняки
Пшеница яровая, ячмень, овес	2М-4Х (80) 2,4-Д-аминная соль (40) 2,4-Д эфир бутиловый и др. (30-50)	0,8 – 1,5 0,7 – 1,0 0,3 – 0,4	Опрыскивание в фазе кущения-начала выхода в трубку	Двудольные
Пшеница яровая, ячмень, овес с подсевом клевера, люцерны	2М-4ХМ (тропотокс)	1,5 – 2,0	Опрыскивание в фазе кущения	–
Просо	2,4-Д-аминная соль 2,4-Д эфиры	0,6 – 0,8 0,2 – 0,3	–	–
Кукуруза	2,4-Д-аминная соль  2,4-Д эфир бутиловый  Симазин (50)	0,6 – 0,8  0,3 – 0,4  Легкие почвы 1,0 – 1,5	Опрыскивание в фазе 3–5 листьев при высоте 15 – 25 см –  Под культивацию перед посевом или после посева до появления всходов кукурузы	Двудольные  –  Однодольные и двудольные малолетние



Окончание таблицы 26

	Атразин (50)	Суглинистые 2,0 – 3,0 Высокогумусные 3,0 – 4,0	–	–
Горох	2М-4ХМ дикотекс	0,4 – 0,6	Опрыскивание при высоте гороха 10 – 12 см	Однолетние и ряд многолетних
	Прометрин (50)	1,5		–
	2М-4ХМ (тропотокс)	0,2 – 0,3	Опрыскивание после посевов до всходов	–
	Симазин	0,5 – 0,7	Опрыскивание в фазе 3 – 7 листь- ев До посева гороха	Однолетние злаковые и двудольные
Сахарная свекла	Дихлоральмочевина (50)	12 – 15	Под культивацию при посеве	Однолетние злаковые

По продолжительности жизни сорные растения подразделяются на **однолетние, двухлетние и многолетние**. Однолетние сорняки размножаются только семенами, живут один год и образуют три биологические группы: яровые, озимые, зимующие.

Двухлетним сорным растениям для полного развития требуется два вегетационных периода. В первый год жизни они размножаются семенами, на второй – вегетативным способом.

Многолетние сорняки растут на одном месте более двух лет. После созревания семян у них отмирают лишь надземные органы, а подземные живут долго, и от них ежегодно отрастают новые стебли.

Многолетние сорняки подразделяются по строению корневой системы и способу вегетативного размножения. Все эти растения размножаются семенами, кроме того, корнеотпрысковые – подземными стеблями, луковичные – видоизмененными подземными побегами, клубневые – подземными утолщенными стеблями, ползучие – укореняющимися во влажной почве стеблями в местах их утолщения, корнемочковатые – вегетативно при отчуждении верхней части укороченного главного корня.

**Севооборот** – научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур и паров во времени. Севообороту принадлежит важная роль по действию на растения и почву, так как его влияние распространяется на все стороны жизни растений и процессы в почве.

В хозяйстве может быть несколько севооборотов. Под каждый из них отводят определенную земельную территорию, которую разделяют по возможности на равновеликие поля. В размере поля допускаются отклонения  $\pm 5\%$ .

Перечень сельскохозяйственных культур и паров в порядке их чередования в севообороте называют схемой севооборота. Пары делятся на **чистые и занятые**.

Чистым паром называют паровое поле, свободное от возделываемых сельскохозяйственных культур в течение вегетационного периода. Почву на этом поле периодически тщательно обрабатывают.

Черный пар – это чистый пар, основную обработку которого начинают летом или осенью предшествующего парованию года, вслед за уборкой предшественника (сельскохозяйственные культура или пар, занимавшие данное поле в предыдущем году).

Главное агротехническое значение севооборота состоит в том, что каждая культура размещается в лучших условиях для своего роста и развития и в то же время оказывает длительное последствие, создавая хорошие условия для следующей за ней культуры в севообороте, то есть благоприятно влияет на плодородие почвы.

**Севооборотом посевного и школьного отделений постоянных лесных питомников** называется последовательное чередование древесных пород и кустарников во времени и пространстве, при заданном сроке повторяемости их выращивания.

Период, в течение которого древесные породы и кустарники проходят через каждое поле в установленной последовательности, называется ротацией севооборота. Чередование выращиваемых пород, чистых и сидеральных паров, составляет его схему.

Главной задачей севооборота является повышение естественного плодородия почвы путем восстановления ее структурного состояния, улучшения физико-химических свойств и накопления влаги, а также борьба с сорняками и специфическими для древесно-кустарниковых растений вредителями и болезнями.

#### **Схема трехпольного севооборота:**

1-е поле – чистый или люпиновый пар с удобрением и гербицидами, чередуя их через ротацию;

2-е поле – однолетние сеянцы;

3-е поле – двухлетние сеянцы.

#### **Схема пятипольного севооборота:**

1-е поле – сидеральный пар с удобрениями;

2-е поле – чистый пар с гербицидами;

3-е поле – однолетние сеянцы;

4-е поле – двухлетние сеянцы;

5-е поле – трехлетние сеянцы.

***Схема четырехпольного севооборота:***

1-е поле – чистый или люпиновый пар с удобрением и гербицидами, чередуя их через ротацию;

2-е поле – сеянцы однолетние;

3-е поле – сеянцы двухлетние;

4-е поле – сеянцы трехлетние.

***Схема шестипольного севооборота:***

1-е поле – сидеральный пар с удобрением;

2-е поле – чистый пар с применением гербицидов;

3-е поле – саженцы однолетние (3+1);

4-е поле – саженцы двухлетние (3+2);

5-е поле – саженцы трехлетние (3+3);

6-е поле – саженцы четырехлетние (3+4).

Для лесокультурных целей саженцы обычно выращивают в течение 2–3, полезащитного лесоразведения – 2–4, озеленительных работ кустарники – 2–3, саженцы деревьев – 5–10 лет. Саженцы до 4–6 лет выращивают в первой школе. С целью увеличения площади питания их пересаживают во вторую и даже третью школы.

**Вопросы для самоконтроля**

1 Перечислите меры борьбы с сорными растениями.

2 По каким принципам классифицируют сорные растения?

3 Использование севооборотов в борьбе с сорняками.

4 Что называют ротацией севооборота?

**Лабораторная работа**

**Цель работы:** определение распространенных сорных растений лесных питомников по морфологическим признакам.

**Материалы и оборудование:** гербарии сорных растений, таблицы классификации сорных растений.

**Ход работы**

**1 Составить таблицу классификации сорных растений. Заполнить ее ниже перечисленными видами сорных растений, согласно их классификации.**

Таблица 27 – Классификация сорных растений

Малолетние						
Эфемеры	Яровые		Зимующие	Озимые	Двулетние	
	Ранние	Поздние				
Многолетние						
Не размножающиеся или слабо размножающиеся вегетативно		С сильно выраженным вегетативным размножением				
Стержнекорневые	Мочковатокорневые	Луковичные	Ползучие с надземным и вегетативными органами	Корневищные	корнеотпрысковые	Клубневые
Паразитные и полупаразитные						
Корневые			Стеблевые			

Бодяк полевой (осот розовый) – *Cirsium arvense* (L.).

Относится к семейству астровые (сложноцветные). Представляет собой корнеотпрысковый многолетник. Семядоли обратнойцевидные. Первые листья яйцевидные, щетинисто-зубчатые, сверху покрыты редкими, снизу паутинистыми волосками. Эпикотиль не развит. Вертикальные и горизонтальные корни несут вегетативные почки, способные прорасти с глубины 170 см. Стебель прямой, буровато-фиолетовый, высотой до 160 см. Цветки розово-пурпуровые, соцветие – корзинка. Плод – обратнойцевидная коричневая семянка. Семянки созревают в июле – августе, прорастают даже в незрелом состоянии.

Будра плющевидная – *Glechoma hederacea* (L.).

Относится к семейству яснотковые (губоцветные). Это многолетнее ползучее растение. Семядоли округло-яйцевидные. Первые два листа супротивные, округло-сердцевидные или почковидные, крупногородчатые, покрыты волосками. В пазухах первых листьев рано образуются боковые побеги. Эпикотиль четырехгранный, мелкоопушенный. Всходы со специфическим запахом. Корни располагаются неглубоко, развиваются на стеблевых узлах. Стебель ползучий длиной до 70 см с восходящими боковыми побегами. Листья супротивные, почковидные, на черешках рассеяно-коротковолосистые. Плод – овально-удлиненный коричневый орешек. Плоды созревают с июня до осени. Максимальная плодовитость одного растения до 200 орешков.

Горошек мышиный – *Vicia cracca* (L.).

Относится к семейству бобовые. Является корнеотпрысковым многолетником. Нижние два-три листа чешуевидные, последующие два двойчатые с линейно-ланцетными листочками. У основания черешков прилистник. Стебелек слегка гранистый. Корневая система состоит из глубоко укореняющихся разветвлений. Стебель восходящий, цепляющийся, ветвящийся, голый или опушенный высотой до 150 см. Листья очередные, парноперистые. Цветки в густых кистях. Плод – продолговато-ромбический зеленовато-серый или коричнево-бурый боб. Семена шаровидные или слегка овальные, черновато-бархатные, темно-коричневые или серовато-зеленые. Всходы из семян и побеги от корневых почек появляются в апреле – мае. Цветет в июле – октябре. Плодоносит с августа до поздней осени.

Лебеда раскидистая – *Atriplex patula* (L.).

Относится к семейству маревые. Является яровым однолетником. Первые листья яйцевидные, по краю слегка волнистые и выемчато-зубчатые, тупые, последующие по краю выемчато-зубчатые. Всходы покрыты зернистым налетом. Корень стержневой, стебель прямой, ветвистый, голый, высотой до 120 см. Листья очередные, голые, нижние неравномерно-ромбические, с широким клиновидным основанием, стреловидные; верхние ланцетные, цельнокрайние. Цветки собраны в густые колосовидные соцветия. Плод орешек. Всходы появляются в марте – мае. Цветет в июле – сентябре. Плодоносит в августе – октябре.

Льнянка обыкновенная – *Linaria vulgaris* (Mill.).

Относится к семейству норичниковые. Является корнеотпрысковым многолетником. Корневая система в виде утолщенного главного корня и боковых органов с вегетативными почками. Стебель прямой, в нижней части голый, в верхней опушенный, высота его достигает до 100 см. Листья линейно-ланцетные, сидячие, голые. Цветки в кистях. Плод – овальная коробочка с плоскоокруглыми чечевицеобразными семенами, с крыловидной каймой. Семена темно-коричневые. Всходы из семян и побеги от подземных почек появляются в апреле – мае. Цветет с первого года жизни в июне – сентябре. Плодоносит в августе – октябре. Семена прорастают с глубины не более 4 см.

Лютик ползучий – *Ranunculus repens* (L.).

Относится к семейству лютиковые. Является многолетним ползучим растением. Корень с укороченными подземными стеблями. Стебель лежачий, со стелющимися боковыми побегами, которые укореняются в узлах, длиной до 60 см. Листья с тройчаторазделенными пластинами, на длинных черешках. Плод – обратнояйцевидный, неравнобокий, на поверхности слабоморщинистый коричневый орешек. Всходы из орешков и побеги от почек на корневой шейке появляются в марте и в течение всего

лета. Цветет в мае – июле. Плодоносит в июне – августе, орешки прорастают с глубины не более 8 см.

Марь белая – *Chenopodium album* (L.).

Семейство маревые. Является яровым однолетником. Первые листья продолговато- или овально-ромбические, слегка яйцевидные. Всходы покрыты мучнистым налетом. Корень стержневой. Стебель прямой, ветвистый, высотой до 120 см. Листья очередные, нижние ромбовидно-яйцевидные, верхние ланцетные. Цветочные клубочки в колосовидных соцветиях. Плод – округло-сдавленный, темно-серый или светло-серый орешек. Всходы появляются с марта до осени. Цветет в июле – сентябре. Плодоносит в августе – октябре.

Молочай каменный – *Ephorbia agrarian* (Bieb.).

Относится к семейству молочайные. Является корневищным многолетником. Листья очередные сближенные, широко-обратнояйцевидные, на черешках, по краю мелкозубчатые. Всходы голые, матово-серовато-зеленые. Корневая система в виде вертикальных и горизонтальных разветвлений и корневищ, несущих спящие почки. Стебель прямой, голый, высотой до 60 см. Цветки в виде зонтика. Плод – шаровидно-овальная коробочка. Всходы из семян, а потом от почек на подземных органах появляются в апреле – мае. Летне-осенние всходы перезимовывают. Плодоносит в июне – сентябре.

Мятлик однолетний – *Poa annua* (L.).

Относится к семейству мятликовые (злаковые). Является зимующим однолетником. Корень мочковатый. Стебель приподнятый высотой до 30 см. Листья узколинейные, плоские. Соцветие – пирамидальная развесистая метелка. Плод в виде пленчатой зерновки. Массовые всходы появляются в марте – мае. Цветет в июне – сентябре. Плодоносит в июле – октябре. Всходы образуются в почве с глубины не более 4 см.

Пырей ползучий – *Elytrigia repens* (L.) Nevski.

Относится к семейству мятликовые (злаковые). Является корневищным многолетником. Корневая система состоит из подземных стеблей, проникающих в почву в первый год жизни на глубину до 75 см, во второй – 195, на третий – 250 см. Стебель прямой, гладкий, высотой до 120 см. Пластинки листов линейно-ланцетные. Соцветие – прямой узкий колос. Плод в виде ладьевидно-удлиненной зерновки. Всходы из зерновки и побеги от пазушных почек появляются в марте – мае. Цветет июне – августе. Плодоносит в июле–сентябре. Зерновки прорастают в почве с глубины не более 10 см. Сохраняют жизнеспособность более 5 лет. Отрезки корневищ приживаются на глубине не более 25 см.

Редька дикая – *Raphanus raphanistrum* (L.).

Относится к семейству капустные (крестоцветные). Является яровым однолетником. Корень стержневой. Стебель прямой, ветвистый, в нижней части жестковолосистый, высотой до 60 см. Листья очередные, ланцетно-

разделенные, черешковые. Цветки в рыхлых кистях. Плод – стручок, состоящий из отдельных члеников, разделенных перехватами. Семена овальные, красновато-коричневые. Всходы появляются в марте – мае. Цветет в мае – сентябре. Плодоносит в июле – октябре. Семена прорастают в почве с глубины не более 6 см и сохраняют жизнеспособность более 3 лет.

Ромашка душистая – *Chamomilla suaveolens* (Purch) Rudb.

Относится к семейству астровые (сложноцветные). Является яровым однолетником. Корень стержневой, тонкоразветвленный. Стебель прямой, сильноветвистый, ребристо-бороздчатый, высотой до 30 см. Листья перисто-рассеченные, сидячие. Цветки трубчатые, зеленовато-желтые. Плод – клиновидно-искривленная, слабосдавленная с боков серая семянка. Всходы появляются в марте – апреле, а также в августе – сентябре. Цветет в июне – августе. Плодоносит в июле – сентябре. Всходы из семян образуются в почве не глубже 7 см.

Сурепка обыкновенная – *Barbarea vulgaris* (R. Br.).

Относится к семейству капустные (крестоцветные). Является стержнекорневым многолетником. Корень стержневой. Стебель прямой, ветвистый, голый, высотой до 80 см. Листья очередные прикорневые и нижние стеблевые – с продолговатыми долями, на длинных черешках, верхние стеблевые продолговатые или обратнойцевидные, сидячие. Плод – выпукло-четырехгранный многосеменной стручок. Семена овально-сплюснутые, серовато-бурые. Всходы из семян и побеги от почек на подземных органах появляются в марте – мае, а также осенью. Цветет в мае – июне, плодоносит в июне – августе. Семена сохраняют жизнеспособность в почве не менее 4 лет и прорастают с глубины не более 2 см.

Фиалка полевая – *Viola arvensis* (Murr.).

Относится к семейству фиалковые. Является зимующим однолетником. Корень стержневой. Стебель прямой, ветвистый, волосистый, высотой до 40 см. Листья очередные, городчато-зубчатые, мелкоопушенные, нижние короткояйцевидные, почти округлые, черешковые, средние и верхние широколанцетные, сидячие с перисто-раздельными прилистниками. Лепестки бледно-желтые. Плод – яйцевидная одногнездная многосеменная коробочка. Семена обратнойцевидные, светло-коричневые. Всходы появляются в апреле – мае и августе – сентябре, летне-осенние перезимовывают. Цветет с конца апреля до сентября. Плодоносит в июне – октябре. Семена прорастают весной следующего года с глубины до 5 см.

Хвощ полевой – *Equisetum arvense* (L.).

Относится к семейству хвощевые. Является корневищным многолетником. Корневая система в виде суставчатого корневища, проникающего в почву до 100 см. Основная масса корневищ сосредоточена на глубине от 30 до 60 см. На их узлах образуются

небольшие клубни, которые содержат запасы питательных веществ. Стебель прямой, членистый. Листья мутовчатые, у спороносных стеблей недоразвитые, в виде сросшихся в трубочку чешуй, у бесплодных – в виде нескольких пустотелых зеленых хрупких члеников. Проросток из спор и побеги от подземных почек появляются с наступлением устойчивой теплой погоды. Споры созревают в марте – мае. Отрезки корневищ и отдельные клубни способны к вегетативному возобновлению и способны отрастать с глубины 50 см.

Щавелек малый – *Rumex acetosella* (L.).

Относится к семейству гречишные. Является корнеотпрысковым многолетником. Корневая система состоит из разветвленных с вегетативными почками корней. Стебель прямой, ветвистый, высотой до 60 см. Листья очередные, нижние копьевидные, черешковые, а верхние – ланцетные, почти сидячие. Цветки в негустых кистях, образующих рыхлую метелку. Плод – трехгранный, на верхушке слабозаостренный светло- или рыжевато-коричневый орешек. Всходы из орешков и побеги от подземных почек появляются в апреле – мае. Цветет в июне – июле. Плодоносит в июле – сентябре. Орешки прорастают в почве с глубины 10 см лишь через 2–3 мес. после созревания.

На основании определения видов сорных растений необходимо привести их описание и объединить в группы по продолжительности жизни. Для каждой из выделенных групп сорняков следует запроектировать мероприятия по их уничтожению с применением эффективных способов обработки почв, использованием севооборотов и гербицидов. При разработке химических мер борьбы необходимо обосновать виды применяемых гербицидов, сроки, способы и дозы внесения.

## ***2 Определение различных видов сорных растений***

Определить виды сорных растений по морфологическим признакам на основе полученных гербарных образцов. При этом необходимо пользоваться признаками и морфологическим описанием видов, приведенными выше.

## ***3 Зарисовать имеющиеся виды сорных растений***

Использовать имеющиеся виды сорных растений представленные в гербариях.

## ***4 Составление схем севооборотов***

Изобразить схематически поля с указанием засеянной культуры при 4-, 6- польном севообороте.



## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ковда, В. А. Основы учения о почвах / В. А. Ковда. – М. : Наука, 1973.
- 2 Ковда, В. А., Почвоведение: учебн. В 2 ч. Ч. 1 Почва и почвообразование / В. А. Ковда, Б. Г. Розанов; под ред. Б. Г. Розанова. – М. : Высш. шк., 1988.
- 3 Ковда, В. А. Почвоведение: учебн. В 2 ч. Ч. 2 Типы почв, их география и использование / В. А. Ковда, Б. Г. Розанов; под ред. Б. Г. Розанова – М. : Высш. шк., 1988.
- 4 Блинцов, И. К. Практикум по почвоведению: учеб. пособие для вузов / И. К. Блинцов, К. Л. Забелло – 3-е изд., испр. и доп. – Мн. : Высш. шк., 1979.
- 5 Марчик, Т. П. Почвоведение с основами растениеводства: учеб. пособие / Т. П. Марчик, А. Л. Ефремов – Гродно : ГрГУ, 2006.
- 6 Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М. : МГУ, 1970.
- 7 Орловский, Г. М. Справочное пособие по агрохимии для агронов Брянской области / Г. М. Орловский, Е. М. Остроумов, В. П. Корнев. – Брянск, 1964.
- 8 Бойко, В. Ф. Агрохимическая лаборатория : практ. руководство / В. Ф. Бойко, И. К. Цитович. – М. : «Советская наука»
- 9 Медведев, А. Г. Руководство по почвенному исследованию земель колхозов и совхозов БССР / А. Г. Медведев. – Мн. : АН БССР, 1960.
- 10 Копытков, В. В. Руководство по экспресс-методу определения кислотности почв / В. В. Копытков, А. Ф. Киросиров, Л. В. Щевцова. – Гом. : ГомЦНТИ, 1991.
- 11 Практикум по почвоведению / И. П. Гречин [и др.]. – М. : Колос., Агрохимия, 1964
- 12 Рыдалевская М. Д. Сравнительное изучение некоторых методов определения подвижных форм азота в почве / М. Д. Рыдалевская, И. А. Терешенкова // Агрохимия. – 1965. – №8.
- 13 Голубева, А. П., Сравнение методов определения подвижного калия почвы : А. П. Голубева, З. Н. Дубинская А. П., // Химия в сельском хозяйстве. – 1967. – №3.
- 14 Почвы Белорусской ССР / Под общ. ред. Т. Н. Кулаковской, П. П. Рогового, Н. И. Смяна. – Минск. : Ураджай, 1974.
- 15 Качинский, Н. А., Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения/ Н. А. Качинский. – М. : АН СССР, 1958.
- 16 Вадюнина, А. Ф., Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1986.

17 Тюрин И.В., Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии. Учение о почвенном гумусе / И.В. Тюрин. – М. – Л., 1937.

**Учебное издание**

**Щеголихина Оксана Владимировна  
Митин Николай Васильевич**

## **ПОЧВОВЕДЕНИЕ С ОСНОВАМИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**Практическое пособие  
по выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство»  
В авторской редакции**

Подписано в печать 20.02.2009 (21). Формат 60х84 1/16. Бумага писчая №1. Гарнитура «Тайме». Усл. печ. л. Уч.-изд. л. 4,8. Тираж 25 экз.

Отпечатано в учреждения образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»  
246019, г. Гомель, ул. Советская, 104.

