

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Волхонов Михаил Станиславович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 14.02.2025 17:12:25  
Уникальный программный ключ:  
40a6db1879d6a9ee29ec8e0ffb2f95e4614a0998

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ  
ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА

Кафедра агрохимии, биологии и защиты растений

# ПОЧВОВЕДЕНИЕ С ОСНОВАМИ ГЕОГРАФИИ ПОЧВ

ПРАКТИКУМ

*Для контактной и самостоятельной работы  
студентов, обучающихся по направлению подготовки  
35.03.05 Садоводство, очной формы обучения*

КАРАВАЕВО  
Костромская ГСХА  
2024

УДК 631.4  
ББК 40.3  
П 65

*Составитель:* канд. с.-х. наук, доцент кафедры агрохимии, биологии и защиты растений Костромской ГСХА *М.В. Иванова.*

*Рецензент:* канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры земледелия, растениеводства и селекции Костромской ГСХА *С.В. Болнова.*

*Рекомендовано методической комиссией факультета агробизнеса в качестве практикума для контактной и самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.05 Садоводство, очной формы обучения*

П 65     **Почвоведение с основами географии почв :** практикум / сост. М.В. Иванова. — Караваево : Костромская ГСХА, 2024. — 53 с. ; 20 см. — 50 экз. — Текст : непосредственный.

Практикум составлен в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта и программой курса «Почвоведение с основами географии почв» по направлению подготовки 35.03.05 Садоводство. В практикуме представлены практические работы и лабораторные исследования, вопросы к семинарам и задачи, список рекомендованной литературы.

Издание предназначено для контактной и самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению 35.03.05 Садоводство, очной формы обучения.

УДК 631.4  
ББК 40.3

© ФГБОУ ВО Костромская ГСХА, 2024  
© М.В. Иванова, составление, 2024  
© РИО Костромской ГСХА, оформление, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
Лабораторная работа №1 .....	5
Лабораторная работа № 2 .....	8
Лабораторная работа № 3 .....	11
Лабораторная работа № 4 .....	14
Лабораторная работа №5 .....	16
Лабораторная работа №6 .....	21
Практическое занятие №7 .....	27
Практическое занятие №8 .....	29
Лабораторная работа №9 .....	30
Лабораторная работа №10 .....	34
Лабораторная работа №11 .....	38
Лабораторная работа №12 .....	40
Лабораторная работа №13 .....	43
Лабораторная работа №14 .....	45
Практическое занятие №15 .....	48
Практическое занятие №16 .....	49
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	50

## ВВЕДЕНИЕ

Создание условий для максимальной реализации роста и развития растений базируется на оптимизации факторов жизни растений, среди которых почвенные условия имеют важнейшее значение. При этом улучшение физических и химических свойств почвы является необходимым условием реализации эффективного плодородия земель. Это особенно актуально для условий таежно-лесной зоны, где преобладают почвы подзолистого и дерново-подзолистого типа, которые в силу генетических особенностей имеют низкий уровень потенциального плодородия.

Изучение и определение физических и химических показателей проводят как при проведении почвенной съемки на подготовленных разрезах и специальных площадках, так и в лабораторных условиях. Знание этих показателей плодородия почв необходимо для планирования системы обработки почвы, мелиоративных мероприятий, культур-технических работ, особенностей размещения декоративных культур.

В результате освоения дисциплины «Почвоведение с основами географии почв» студент должен знать особенности анализа почвенных образцов и параметров плодородия; морфологические признаки основных типов и разновидностей почв, агрофизические, агрохимические и биологические показатели плодородия земель. Студент должен уметь выполнять лабораторные анализы почв, оценить уровень эффективного плодородия на основании данных почвенных анализов, владеть методами полевой диагностики свойств основных типов и разновидностей почв, навыками выполнения лабораторных анализов определения основных показателей плодородия почвенных образцов;

В практикуме представлены методики определения и расчеты показателей, характеризующих физику твердой части почвы, содержание и состояние почвенной влаги и химических свойств почвы.

## **Лабораторная работа №1**

### ***Тема: «Подготовка почвенного образца для проведения анализов. Определение гигроскопической влаги и максимальной гигроскопичности»***

*Цель работы:* подготовить почвенный образец, отобранный на полевой практике, к дальнейшим анализам; ознакомиться с методикой и определить значение гигроскопической влажности и максимальной гигроскопичности в почвенном образце.

*Приборы и оборудование:* весы лабораторные с точностью взвешивания 0,01 г, бюксы алюминиевые, сушильный шкаф, эксикатор с раствором серной кислоты или сульфата калия.

### **Методические рекомендации**

Лабораторное изучение свойств почвы обычно проводят на измельченных, высушенных образцах. При закладке почвенных разрезов или агрохимическом обследовании почвенного покрова свежесобранные образцы почв (около 1-1,5 кг) высушивают при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния. Высушенный образец почвы расстилают на листе пергамента и выбирают видимые включения: камни, гравий, органические остатки, новообразования. После этого образец крестообразно делят на 4 части и с двух несмежных частей отбирают в специальный пакет 10-20 г почвы для определения гумуса. Оставшуюся часть почвы измельчают на почвенной мельнице и помещают в картонную коробку. В коробке обязательно должна быть этикетка с указанием фамилии студента, даты и места отбора образца, номер разреза, почвенный горизонт и глубины отбора. В таком виде почвенный образец массой 400-500 г хранят при комнатной температуре и используют для проведения анализов.

### **Определение гигроскопической влаги**

Подготовленный для анализа почвенный образец рассыпают тонким слоем по поверхности и равномерно отбирают немного почвы (20-30 г) в сушильный стаканчик (бюкс). Бюкс с почвой взвешивают и сушат при 105 °С 6 часов. Определение проводят в 2-3-кратной повторности. После сушки и охлаждения

бюкс с почвой вновь взвешивают и вычисляют величину гигроскопической влажности  $W_r$  и коэффициент гигроскопичности  $K_r$  используют формулы:

$$W_r (\text{или } W_{MG}) = \frac{a - b}{b - c} \times 100, \text{ где}$$

$a$  – вес бюкса с почвой до сушки, г

$b$  – вес бюкса с почвой после сушки, г

$c$  – вес бюкса, г/

$$K_r = \frac{100}{100 + W_r}, \text{ где}$$

$W_r$  – гигроскопическая влажность, %/

Результаты вычислений записывают в таблицу 1/

Таблица 1 – Результаты определения гигроскопической влаги и максимальной гигроскопичности

(почвенный разрез №                      генетический горизонт                      )					
Категория влаги	№ бюксов	Вес бюксов, г	Вес бюкса с сырой почвой, г	Вес бюкса с почвой после сушки, г	Влажность почвы, %
$W_r$					
$W_r$					
$W_r$					
$W_{MG}$					
$W_{MG}$					
$W_{MG}$					

### Определение максимальной гигроскопичности

Для насыщения почвенных образцов используют в эксикатор с 10% раствором серной кислоты или насыщенного раствора  $K_2SO_4$ . В замкнутом пространстве над этими растворами обычно устанавливается относительная влажность воздуха 98%. Количество раствора в эксикаторе обычно составляет 2 мл на 1 г почвы.

Из подготовленного для анализа образца почвы в 3-5 кратной повторности отбирают навески 30-40 г в бюксы (сушильные стаканчики) и ставят в эксикатор на насыщение на 1-1,5 месяца. После насыщения образцы взвешивают, сушат 6 часов при 105 С° и вновь взвешивают. Величину максимальной гигроскопичности (%) вычисляют по формуле. После проведения расчетов полученные данные  $W_r$  и  $W_{MG}$  оформляют в виде таблицы и делают вывод.

*Вопросы:*

1. Для каких целей определяют в почвенных образцах  $W_{MG}$  и  $W_r$ ?
2. В каких единицах измеряют  $W_{MG}$  и  $W_r$ ?
3. Перечислите основные генетические горизонты дерново-подзолистой почвы.
4. Что такое максимальная гигроскопичность почвы?
5. В чем отличие воздушно-сухой почвы от абсолютно сухой?

## Лабораторная работа № 2

### **Тема: «Определение плотности почвы в образцах с ненарушенным сложением в полевых условиях»**

*Цель работы:* определение плотности почвы отдельных генетических горизонтов почвенного профиля с помощью цилиндров или почвенного бура.

*Приборы и оборудование:* бур (металлические цилиндры) для отбора почвенных образцов, молоток, пакеты, бюксы, весы лабораторные, шкаф сушильный.

### **Методические рекомендации**

Под плотностью почвы понимают отношение массы абсолютно сухой почвы ненарушенного сложения к единице объема и рассчитывают по формуле:

$$d_v = \frac{P}{V}, \text{ где}$$

$d_v$  – плотность почвы ( г/см<sup>3</sup>; кг/м<sup>3</sup> );

$P$  – масса абсолютно сухой почвы ненарушенного сложения в определенном объеме почвы, г;

$V$  – объем почвы, см<sup>3</sup>.

Знание плотности почвы необходимо для решения практических задач: вычисления пористости, массы почвы на определенной площади, запасов влаги, гумуса, элементов питания в почве, норм полива и орошения. По величине плотности почвы судят об окультуренности пахотных земель.

Плотность почвы зависит от типа почвы, ее структурного состояния, содержания гумуса и, как правило, увеличивается вниз по почвенному профилю. Для верхних горизонтов минеральных почв плотность почвы составляет 1,0 -1,3 г/см<sup>3</sup> и увеличивается до 1,6-1,8 г/см<sup>3</sup> в нижних.

Наиболее распространенный метод определения плотности – буровой, который основан на взятии образца почвы ненарушенного сложения с помощью цилиндра определенного объема или почвенного бура для отбора образцов на плотность.

При обследовании сельскохозяйственных угодий, полевых опытов, а также при проведении почвенной съемки и агрохимического обследования определение плотности почвы в полевых условиях проводят с помощью специального бура с объемом цилиндра 100-300 см<sup>3</sup>.

Выбирают площадку (около 1 м<sup>2</sup>) без видимых признаков технологического уплотнения, снимают растительный покров и строго вертикально погружают бур до глубины 10 см. Вынимают бур из скважины, почву обрезают ровно по краям цилиндра и переносят в предварительно взвешенный пакет. На пакете указывают место и глубину отбора. Затем собирают бур, очищают от остатков почвы и повторяют отбор с нижележащих слоев почвенного профиля.

В лаборатории пакеты с сырой почвой взвешивают, отбирают в бюксы образцы для определения полевой влажности (форма записи определения влажности почвы указана в работе №1). После определения влажности рассчитывают плотность почвы, при этом полученные данные заносят в таблицу 2 и 3 и рассчитывают среднее значение плотности для слоя 0-40 см.

После проведения расчетов делают вывод.

Таблица 2 – Влажность почвы в образцах ненарушенного сложения

Глубина отбора, см	Масса пакета, г	Масса пакета с сырой почвой, г	Масса сырой почвы в пакете, $P_1$ , г	Абсолютная влажность почвы, $W$ , %
0-10				
10-20				
20-30				
30-40				
40-50				

Таблица 3 – Плотность почвы в образцах ненарушенного сложения

Глубина отбора, см	Масса абсолютно сухой почвы, г $P = \frac{P_1 \times 100}{100 + W}$	Объем цилиндра, см <sup>3</sup> , $V$	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup> $d_v = \frac{P}{V}$	Среднее значение $d_v$ , г/см <sup>3</sup>
0-10				
10-20				
20-30				
30-40				
40-50				

*Вопросы:*

1. Оптимальное значение плотности почвы для декоративных культур.
2. Что такое «плужная подошва» и способы ее устранения.
3. Способы регулирования плотности почвы в современном земледелии.
4. Что такое «равновесная плотность» и ее значение для почв подзолистого типа.
5. Основные способы определения плотности почвы.

### **Лабораторная работа № 3**

#### ***Тема: «Определение полевой влажности и расчет запасов продуктивной влаги»***

*Цель работы:* определить осенний запас влаги в слое 0-100 см под озимыми, многолетними травами или на поле после уборки сельскохозяйственной культуры.

*Приборы и оборудование:* почвенный бур, бюксы, весы аналитические, шкаф сушильный.

#### **Методические рекомендации**

Влажность почвы является одним из важнейших факторов плодородия, определяющим продуктивность агрофитоценозов. Содержание влаги в почве обычно выражают в процентах к массе абсолютно сухой почвы (абсолютная влажность), в мм водного столба или т/га. Наиболее распространенный метод определения влажности – термостатно-весовой, когда образец свежесобранной почвы высушивают до постоянной массы и по разности массы до сушки и после рассчитывают содержание влаги. При определении влагообеспеченности растений отбор почвенных образцов обычно проводят из пахотного горизонта или из слоя 0-100 см специальным буром.

#### **Определение полевой влажности**

Отбор почвенных образцов проводят послойно через каждые 10 см на полях севооборота опытного поля или делянках полевых опытов кафедры. С средней части каждого слоя отбираем 40-50 г почвы в предварительно взвешенный сушильный стаканчик (бюкс) и закрывают крышкой. В лаборатории бюксы с сырой почвой взвешивают и сушат в сушильном шкафу до постоянного веса (обычно 6 часов) при температуре 105 °С.

После сушки бюксы с почвой взвешивают вновь и рассчитывают абсолютную влажность. Полученные результаты определения оформляют в виде таблиц 4, 5.

Таблица 4 – Определение полевой влажности в почвенном профиле

Глубина отбора пробы, см	№ бюкса	Вес бюкса, г	Вес бюкса с сырой почвой, г	Вес бюкса с почвой после сушки, г	Полевая влажность почвы, % ( $W$ )
0-10					
10-20					
20-30					
30-40					
40-50					

Полевая влажность почвы  $W$  рассчитывается по формуле:

$$W = \frac{a - b}{b - c} \times 100, \text{ где}$$

$a$  – вес бюкса с почвой до сушки, г;

$b$  – вес бюкса с почвой после сушки, г;

$c$  – вес бюкса, г.

Таблица 5 – Определение запаса продуктивной влаги в почвенном профиле

Глубина отбора пробы, см	Плотность почвы $d_v$ , г/см <sup>3</sup> *	Максимальная гигроскопичность $W_{MG}$ , %*	Запас продуктивной влаги, мм
0-10			
10-20			
20-30			
30-40			
40-50			

*Примечание:* \* – значение величины плотности и максимальной гигроскопичности по слоям почвенного профиля – экспериментальный материал кафедры.

Расчет продуктивной (доступной для растений) влаги в мм для каждого слоя почвы определяют по формуле:

$$W_{PP} = \frac{(W - 1,5 \times W_{MG}) \times d_v \times 10}{100} \times h, \text{ где}$$

$W$  – полевая влажность, %;

$W_{MG}$  – максимальная гигроскопичность, %;

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

$h$  – слой почвы, см.

Для оценки запасов продуктивной влаги в почве можно использовать шкалу (А.Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина, 1986 г.).

В слое 0-20 см:

Запасы хорошие > 40 мм

Запасы удовлетворительные 20-40 мм

Запасы неудовлетворительные < 20 мм.

В слое 0-100 см:

Запасы очень хорошие > 160 мм

Запасы хорошие 160-130 мм

Запасы удовлетворительные 130-90 мм

Запасы плохие 90-60 мм

Запасы очень плохие < 60 мм.

После проведения расчетов делают вывод.

#### *Вопросы:*

1. Перечислите основные способы определения влажности почвы.
2. Какие формы почвенной влаги вам известны?
3. Что такое относительная влажность почвы?
4. Основные причины негативного влияния переувлажнения почвы?
5. Что такое «влажность устойчивого завядания растений»?
6. Дайте определение термина «Абсолютная влажность почвы».

## **Лабораторная работа № 4**

### ***Тема: «Определение плотности твердой фазы почвы»***

*Цель работы:* определить плотность твердой фазы почвы в анализируемом образце пикнометрическим методом.

*Приборы и оборудование:* пикнометр на 100 мл, весы лабораторные с точностью взвешивания 0,01 г, лабораторные воронки, плитки или песчаные бани, шкаф сушильный.

### **Методические рекомендации**

Под **плотностью твердой фазы** почвы (удельный вес) понимают отношение массы твердой фазы почвы (без скважности) к единице объема. Единицы измерения этого показателя  $\text{г/см}^3$  или  $\text{т/м}^3$ . Для большинства почвенных горизонтов значение плотности твердой фазы находится в пределах 2,1-3,0  $\text{г/см}^3$  и зависит от химического, минералогического, гранулометрического состава и содержания органического вещества в почве. Значение плотности твердой фазы необходимо для расчета пористости почв, гранулометрического анализа.

### **Определение плотности твердой фазы почвы**

Принцип метода определения плотности твердой фазы почвы ( $d$ ), как порошковидного тела, основан на учете объема воды вытесненной известной навеской почвы. Из воздушно сухой почвы, просеянной через сито ( $d=1\text{мм}$ ) берут навеску 10 г. В пикнометр или мерную колбу на 100 мл наливают до метки свежekiпяченной и охлажденной до комнатной температуры дистиллированной воды. Пикнометр с водой взвешивают на лабораторных весах с точностью до 0,01 г. Из пикнометра выливают примерно 1/2 объема воды и высыпают в него через воронку навеску почвы.

Пикнометр с водой и почвой кипятят примерно полчаса для удаления воздуха из почвенных агрегатов. После кипячения пикнометр охлаждают, доливают кипяченой водой до метки, вытирают снаружи и взвешивают.

По результатам взвешивания рассчитывают значение плотности твердой фазы почвы, используя формулу:

$$d = \frac{A}{(B + A) - C}, \text{ где}$$

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

$A$  – вес абсолютно сухой почвы;

$B$  – вес пикнометра с водой, г;

$C$  – вес пикнометра с водой и почвой, г.

Вес абсолютно сухой почвы ( $A$ ) находят по формуле:

$$A = \frac{a \times 100}{100 + W_r}, \text{ где}$$

$a$  – навеска почвы, г

$W_r$  – гигроскопическая влага, % (данные из работы №1).

После проведения расчетов делают вывод.

#### *Вопросы:*

1. В чем сущность метода определения плотности твердой фазы почв?
2. Значение показателя плотности твердой фазы почвы.
3. Опишите характер изменения плотности твердой фазы по почвенному профилю.
4. Какие параметры почвенного плодородия влияют на значение плотности твердой фазы?
5. Чему равна плотность твердой фазы дерново-подзолистых почв?

## **Лабораторная работа №5**

### ***Тема: «Определение структурного состояния почвы»***

*Цель работы:* изучение методики оценки структурного состояния почвенных образцов, определение количества макроагрегатов и их водопрочности. Расчет критерия водопрочности, диаметра средневзвешенного водопрочного агрегата.

*Приборы и оборудование:* набор почвенных сит с диаметром отверстий: 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0,5, 0,25 мм, образец почвы 1 кг, образцы фракций сухого просеивания, фильтры, воронки, колбы, штативы, емкость для мокрого просеивания, сушильный шкаф, весы технические с точностью до 0,01 г.

### **Методические рекомендации**

Под структурой почвы понимают совокупность почвенных агрегатов различной формы, величины, механической прочности и водопрочности. Характер структуры зависит от генетических особенностей почвенных горизонтов, показателей плодородия, интенсивности механической обработки, природно-климатических условий.

Наиболее благоприятные для растений водно-физические свойства в пахотном слое наблюдаются при преобладании комковато-зернистой, водопрочной структуры с размерами агрегатов от 0,25 до 10 мм (макроагрегаты). Кроме этого почвенную структуру формируют микроагрегаты (менее 0,25 мм) и глыбы (более 10 мм).

В лабораторных условиях структурность почвы определяют методом рассева на колонке сит с размером отверстий 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0,5, 0,25 мм. При этом применяют сухое фракционирование и рассев в воде, для определения водопрочности агрегатов. В первом случае определяют количество агрегатов того или иного размера, рассчитывают коэффициент структурности, во втором – определяют количество водопрочных агрегатов, вычисляют критерий водопрочности и средневзвешенный диаметр водопрочного агрегата.

## Сухое просеивание

Из образца почвы отбирают пробу массой не более 2,5 кг, обычно около 1 кг. Из пробы отбирают крупные корне–пожнивные остатки, включения удобрений, камни и другие посторонние предметы. Собирают колонку сит с диаметром отверстий 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0,5, 0,25 мм. Набор сит должен иметь поддон для агрегатов размером менее 0,25 мм. Пробу почвы помещают на верхнее сито и производят рассев осторожно наклоняя колонку несколько раз. Не следует сита сильно встряхивать. При разъединении каждое сито еще раз встряхивают, осторожным постукиванием по ребру ладонью руки.

Почвенные агрегаты с каждого сита помещают в тарированный пакет, взвешивают, вычисляют вес агрегатов и рассчитывают их процентное содержание в пробе. Полученные данные оформляют в виде таблицы 6.

Таблица 6 – Результаты сухого отсева почвенного образца

Показатели	Размер агрегатов (мм)									
	>10	7	5	3	2	1	0,5	0,25	<0,25	$\Sigma$
Вес пакета, г										—
Вес пакета с агрегатами, г										—
Чистый вес агрегатов, г										
Содержание агрегатов, %										100

Количество агрономически ценных агрегатов ( $\Sigma$  10-0,25 мм) – важный показатель состояния структуры: чем выше их содержание, тем лучше структура.

На основании этого, принята следующая оценка структуры:

> 60 % – отличное агрегатное состояние;

60–40 % – хорошее;

< 40 % – неудовлетворительное.

На основании данных сухого рассева, вычисляют коэффициент структурности по формуле:

$$K_{стр} = \frac{\sum (10 - 0,25)}{\sum (\langle 10 + \langle 0,25 \rangle)}, \text{ где}$$

При оценке структуры по  $K_{стр}$  существует следующая градация:

> 1,5 –отличное агрегатное состояние;

1,5-0,67 – хорошее;

< 0,67 – неудовлетворительное.

### **Мокрое просеивание**

Устойчивость почвенных агрегатов к разрушающему действию воды характеризует водопрочность структуры. Это свойство структуры зависит от генетических особенностей почвы, содержания и состава гумуса, характеристики почвенно-поглощающего комплекса и имеет очень важное значение при оценке плодородия.

Для определения водопрочности агрегатов составляют среднюю пробу массой 50 грамм из всех фракций, полученных при сухом рассеве. Масса каждой фракции (в г) при составлении навески равна половине значения их процентного содержания при сухом просеивании. Например, если содержание в почве агрегатов размером 1-0,5 мм составляет 20%, тогда масса навески на водопрочность равна 10 г. В среднюю пробу не включают агрегаты размером менее 0,25 мм. Однако при расчетах содержания водопрочных агрегатов в процентах учитывают и эту фракцию. Затем среднюю пробу помещают в лабораторные стаканы, заливают водой и оставляют в покое на 18-20 часов.

Для мокрого просеивания собирают колонку сит с диаметром отверстий 5, 3, 2, 1, 0,5, 0,25 мм (без поддона). Опускают колонку сит в бак с водой и переносят навеску из стаканчика на верхнее сито. Слой воды должен быть на 5-6 см выше бортика верхнего сита. Перенесенную навеску просеивают: быстро опускают сита на 3-4 см, выдерживают 3-5 секунд для осаждения комочков, и медленно поднимают вверх, не обнажая агрегаты на верхнем сите.

Так повторяют десять раз. После этого снимают сита с диаметром отверстий более 1 мм и просеивают еще пять раз.

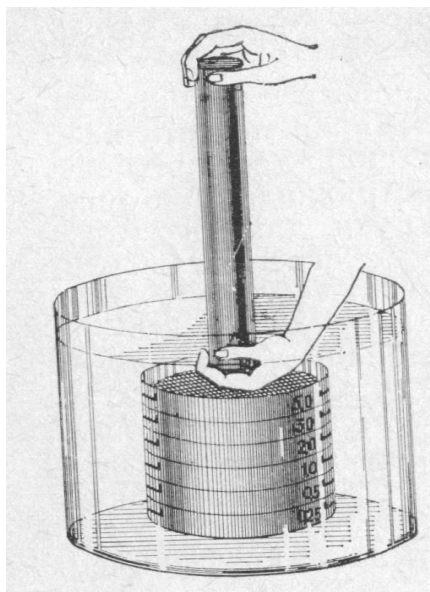


Рис. 1. Установка для фракционирования почвы на ситах в воде

Затем разбирают колонку и почвенные агрегаты с каждого сита смывают на фильтр. Фильтр заранее взвешивают и подписывают (размер фракции, массу и шифр исполнителя). После сушки фильтры с агрегатами взвешивают, находят чистый вес оставшихся агрегатов и рассчитывают их процентное содержание в исходной навеске. Полученные данные оформляют в виде таблицы 7.

Таблица 7 – Результаты мокрого просеивания почвенных агрегатов

	Размеры агрегатов (мм)						
	5	3	2	1	0,5	0,25	<0,25
Вес фильтра, г							
Вес фильтра с агрегатами, г							
Чистый вес агрегатов, г							
% содержание агрегатов							

Количество водопрочных агрегатов <0,25 мм рассчитывают по разности (100% –  $\sum$  всех фракций >0,25 мм). Оценку водопрочности проводят по шкале (табл. 8).

Таблица 8 – Оценка водопрочности почвенных агрегатов

Содержание водопрочных агрегатов, %	Оценка структуры
>70	отличная
70-55	хорошая
55-40	удовлетворительная
40-20	неудовлетворительная
<20	плохая

Кроме этого, сотрудниками Агрофизического института предложена формула для расчета критерия водопрочности:

$$A = \frac{C_{вп}}{C} \times 100, \text{ где}$$

$A$  – критерий водопрочности, %

$C_{вп}$  – содержание водопрочных агрегатов размером 1-0,25 мм, %

$C$  – содержание (%) структурных фракций в почве размером 1-0,25 мм, полученных при сухом просеивании

Средневзвешенный диаметр водопрочного агрегата рассчитывают по формуле:

$$D = \frac{5 \times a_1 + 3 \times a_2 + 2 \times a_3 + 2 \times a_4 + 1 \times a_5 + 0,5 \times a_6 + 0,25 \times a_7}{100}, \text{ где}$$

$a_1...a_7$  – соответствующее содержание (в %) водопрочных агрегатов.

#### Вопросы:

1. Перечислите основные факторы формирования почвенной структуры.
2. Агрономическое значение макро- и микроагрегатов.
3. Технологические приемы улучшения структурного состояния почвы.
4. Механизмы формирования водопрочности почвенных агрегатов.
5. Значение  $K_{стр}$  для разной степени окультуренности почвы.

## Лабораторная работа №6

### **Тема: «Определение гранулометрического состава почвы методом пипетки по Н. А. Качинскому с использованием пирофосфата натрия»**

*Цель работы:* анализ содержания гранулометрических фракций в почвенном образце и определение гранулометрического состава по классификации Н. А. Качинского.

*Приборы, оборудование и реактивы:* цилиндр мерный на 1000 мл, фарфоровая чашка, пестик для растирания, 4% раствор пирофосфата натрия, секундомер, пипетка на 25 мл, бюксы, водяная баня, весы аналитические с точностью определения 0,0001 г.

### **Методические рекомендации**

Твердая фаза почвы состоит из различной величины, которые называют гранулометрическими фракциями. Гранулометрические фракции принято объединять в следующие группы: камни, гравий, песок, пыль, ил и коллоидные частицы. Количественное определение относительного содержания в почве частиц различной величины называется гранулометрическим анализом. Отдельные почвенные частицы объединенные по своим размерам в определенную группу называются гранулометрическими фракциями. В отечественном почвоведении принято выделять следующие фракции: 1-0,25 мм – песок крупный; 0,25-0,05 мм – песок средний; 0,05-0,01мм (песок мелкий); 0,01-0,005 (пыль крупная); 0,005-0,001(пыль мелкая); >0,001 мм тонкодисперсные фракции (или коллоиды).

Содержание этих фракций выражают в процентах к весу почвы. Анализируемые фракции обычно объединяют в две группы: > 0,01 мм – физический песок и < 0,01 мм – физическая глина и это учитывают при определении названия гранулометрического состава почвенного образца.

Существует несколько методов определения гранулометрического состава: ультрамеханический анализ с помощью центрифугирования, автоматический гранулометрический анализ на седиграфе, ариометрический метод, калориметрический метод, электрическая и гидравлическая

гранулометрия. В настоящее время наиболее распространенным методом является метод пипетки по Н. А. Качинскому. Этот метод основан на зависимости, существующей между скоростью падения твердой частицы в жидкой среде и ее размерами. При этом, согласно формуле Стокса, скорость падения твердой частицы в жидкости имеет следующую зависимость:

$$v = \frac{2}{9} \times g \times r^2 \times \frac{d_1 - d}{\eta}, \text{ где}$$

$r$  – радиус падающей частицы;

$d_1$  – плотность падающей частицы,

$d$  – плотность жидкости в которой ведется анализ;

$g$  – ускорение силы тяжести при свободном падении, 918 см/с;

$\eta$  – вязкость жидкости.

Данная методика определения гранулометрического состава основана на взятии пробы почвенной суспензии известного объема с определенной глубины через расчетные промежутки времени.

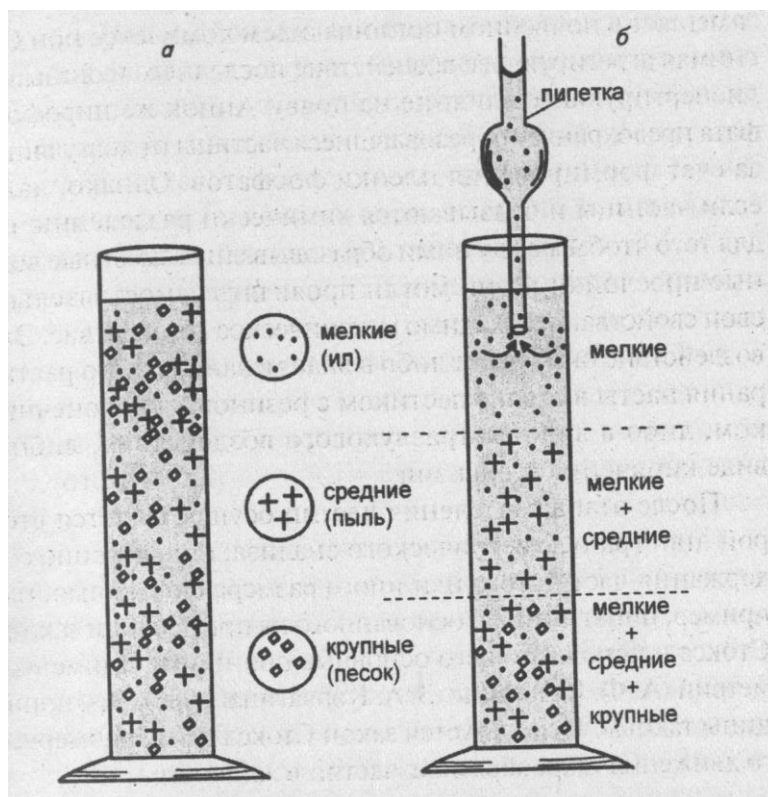


Рис. 2. Схема определения гранулометрического состава по методу Н.А. Качинского

## Определение гранулометрического состава почвы

Навеску воздушно-сухой почвы, подготовленной для анализа, массой 10 г (погрешность взвешивания 0,01 г) помещают в фарфоровую чашку. Отмеряют пипеткой (или шприцем) 5 мл 4%-ного раствора пирофосфата натрия и смачивают почву в чашке до тестообразного состояния, осторожно без нажима растирают в течение 10 минут пестиком с резиновым наконечником.

Выливают в чашку остатки пирофосфата, добавляют дистиллированную воду и размешивают смесь до состояния суспензии. Почвенную суспензию переносят в цилиндр через сито с отверстиями диаметром 0,25 мм. Почву на сите струей воды, слегка протирая рукой, тщательно промывают. Нужно следить, чтобы воды в цилиндре не набралось больше указанного объема. Остаток почвы (частицы размером 1–0,25 мм) с сита смывают в заранее взвешенную фарфоровую чашку. Воду из чашки частично сливают и ставят на водяную баню для выпаривания. Суспензию в цилиндре доводят водой до метки (1 л) и после предварительного взбалтывания (в течение 1 мин) отбирают пипеткой объемом 25 мм через определенный интервал пробу для анализа в следующей последовательности:

- 1 проба с глубины 25 см, через 115 сек (частицы размером 0,05-0,01 мм);
- 2 проба с глубины 10 см через 19 мин 14 сек (частицы размером 0,01-0,005 мм);
- 3 проба с глубины 10 см через 1 час 16 мин 55 сек (частицы 0,005-0,001 мм);
- 4 проба с глубины 7 см через 22 часа 26 мин (частицы <0,001 мм).

После каждого отбора почвенную суспензию в цилиндре взбалтывают, доливать цилиндр водой после взятия проб нельзя. Отобранную пробу почвенной суспензии переносят в заранее взвешенный (погрешность 0,001 г) бюкс и ставят на водяную баню для выпаривания. После выпаривания бюкс с пробой взвешивают на аналитических весах (точность взвешивания 0,001 г) и результаты записывают в таблицу 9.

Таблица 9 – Расчет результатов гранулометрического анализа

Размер фракции	№ чашки, бюксов	Вес чашки, бюкса, г	Вес чашки, бюкса с фракцией, г	Вес фракции, г	Количество фракции, %
Крупный песок 1-0,25 мм (на сите)				$B_1$	$P$
< 0,05-0,25 мм (глубина отбора 25 см, время 1 мин 55 сек)				$B_2$	$n_1$
< 0,01 мм (глубина отбора 10 см, время 19 мин 14 сек)				$B_3$	$n_2$
< 0,005 мм (глубина отбора 10 см, время 1 час 16 мин 55 сек)				$B_4$	$n_3$
< 0,001 мм (глубина отбора 7 см, время 22 часа 26 мин)				$B_5$	$n_4$

Расчет количества фракций ведется по формулам:

$$P = \frac{B_1 \times 100 \times K_{H_2O}}{C}$$

$$n_1 = \frac{B_2 \times V \times 100 \times K_{H_2O}}{V_1 \times C} \quad n_2 = \frac{B_3 \times V \times 100 \times K_{H_2O}}{V_1 \times C}$$

$$n_3 = \frac{B_4 \times V \times 100 \times K_{H_2O}}{V_1 \times C} \quad n_4 = \frac{B_5 \times V \times 100 \times K_{H_2O}}{V_1 \times C}, \text{ где}$$

$B_1$  – вес фракции крупного песка;

$B_2$  – вес фракции 0,05-0,25 мм;

$B_3$  – вес фракции < 0,01 мм;

$B_4$  – вес фракции < 0,005 мм;

$B_5$  – вес фракции < 0,001 мм;

$V$  – общий объем суспензии, 1000 мл;

$V_1$  – объем пробы, 25 мл;

$K_{H_2O}$  – коэффициент гигроскопичности (из работы №1);

$C$  – навеска почвы, взятая для анализа, 10 г.

На основании последующих расчетов определяют относительное содержание в пробе различных гранулометрических фракций (табл. 10).

Таблица 10 – Расчет содержания физической глины

Размер гранулометрических фракций в мм и их содержание в %						
1-0,25 песок крупный и средний	0,25- 0,05 песок мелкий	0,05- 0,01 пыль крупная	0,01- 0,005 пыль средняя	0,005- 0,001 пыль мелкая	<0,001 ил	<0,01 физиче ская глина
$P$	$m$	$n_1-n_2$	$n_2-n_3$	$n_3-n_4$	$n_4$	

Содержание фракции песок мелкий находят по формуле:

$$m = 100 - (P + n_1).$$

Название почвы по гранулометрическому составу дают на основании количественного содержания физической глины (частицы <0,01 мм), согласно классификации Н. А. Качинского (табл. 11).

Таблица 11 – Классификация почв по гранулометрическому составу по Н. А. Качинскому (подзолистый тип почвообразования)

Содержание физической глины (частиц < 0,01 мм), %	Краткое название почвы по гранулометрическому составу
0-5	Песок рыхлый
5-10	Песок связанный
10-20	Супесь
20-30	Суглинок легкий
30-40	Суглинок средний
40-50	Суглинок тяжелый
50-65	Глина легкая
65-80	Глина средняя
>80	Глина тяжелая

*Вопросы:*

1. В чем агрономические преимущества и недостатки «легких» и «тяжелых» почв?
2. Значение тонкодисперсных фракций в плодородии почв?
3. Какие фракции входят в мелкозем и скелетную часть?
4. Способы регулирования гранулометрического состава почв в практическом земледелии?
5. Перечислите известные вам способы определения гранулометрического состава почв?

## Практическое занятие №7

### Задачи «Агрофизические свойства почвы»

1. После выпадения осадков в грунтовые воды проникло  $Q = 10$  мм водного столба. Супесчаный грунт на уровне грунтовых вод характеризуется НВ = 15%,  $d_v = 1,20$  г/см<sup>3</sup> и ПВ = 45%. Определить на какую высоту поднимутся грунтовые воды после выпадения осадков.

2. Рассчитать скорость осаждения почвенных частиц диаметром 0,05 мм ( $d = 2,5$  г/см<sup>3</sup>), 0,001 ( $d = 2,66$  г/см<sup>3</sup>) и 0,2 мм ( $d = 2,75$  г/см<sup>3</sup>) при проведении анализа механического состава по Качинскому. Температура воды 25 °С.

3. В специальном опыте с монолитом почвы размерами 10x10x20 см необходимо создать влажность, близкую (80%) к наименьшей влагоемкости (НВ = 37%). Сколько необходимо прилить воды, если начальная влажность монолита 5% а его масса – 2,7 кг. Какова относительная влажность почвы при 80% от НВ? Чему равна плотность данного почвенного образца?

4. Полив в течение 2 суток промочил чернозем до 52 см. Определите норму полива, если эвапотранспирация с поверхности почвы составила 5 мм/сутки. Влажность почвы до полива 20%, величина – НВ = 28% и  $d_v = 1,3$  г/см<sup>3</sup>.

5. В вегетационном опыте необходимо поддерживать влажность почвы равную 75% от НВ. Величина наименьшей влагоемкости для данной почвы равна 29%. Первоначальная влажность почвенного образца составляла 8% и начальная масса – 1550 г. Сколько необходимо прилить воды, чтобы достичь необходимой для опыта влажности? Какова должна быть масса образца почвы при НВ и чему равно значение  $P_{общ}$  при условии, что  $d_v = 1,35$  г/см<sup>3</sup> и плотность твердой фазы данной разновидности – 2,54 г/см<sup>3</sup>?

6. Пористость почвы равна 45%, плотность твердой фазы почвы – 2,65 г/см<sup>3</sup>, а пористость агрегатная – 25%. Рассчитать плотность почвы, межагрегатную пористость.

7. Дождеванием требуется полить поле клевера, расчетный слой 50 см, предполивной порог – 60% от НВ. НВ и  $d_v$  для слоя 0-25 см 30% и 1,4 г/см<sup>3</sup> и для

слоя 25-50 см – 25% и  $1,5 \text{ г/см}^3$ . Определить общую поливную норму, если испарение с поверхности составляет 2,5 мм/сутки, испарение поливной воды при поливе – 0,5 мм/сутки, транспирация клевера – 8 мм/сутки. Полив происходит в течение двух суток.

8. На залитой пойменной почве наблюдается фильтрация влаги. Поток влаги стационарен, постоянен во времени и за 1 час составляет 200 мл на площади в  $1 \text{ м}^2$ . Рассчитать коэффициент фильтрации ( $K_s$  в см водного столба/ч).

9. Плотность почвы  $1,26 \text{ г/см}^3$ , плотность твердой фазы почвы –  $2,67 \text{ г/см}^3$ . Определите в расчете на 1 га слоя мощностью 22 см:

а) массу сухой почвы в т/га;

б) массу влажной почвы при влажности 18,5%.

10. Рассчитать запасы влаги в 150-см слое почвы, если влажность слоев 0-10, 10-20, 20-50, 50-100, 100-150 см составляет 15, 17, 20, 22 и 18%, а их плотность –  $1,11 \text{ г/см}^3$ ,  $1,21 \text{ г/см}^3$ ,  $1,34 \text{ г/см}^3$ ,  $1,36 \text{ г/см}^3$  и  $1,30 \text{ г/см}^3$  соответственно.

11. Требуется полить пастбище. Расчетный слой 100 см, в котором имеются горизонты с различной плотностью: Ap-A1 (0-40 см) –  $1,1 \text{ г/см}^3$ , B (40-80 см) –  $1,34 \text{ г/см}^3$  и BC (80-100см) –  $1,41 \text{ г/см}^3$ . Полевая влажность на момент расчета для этих слоев 15, 18, 20%, а значение наименьшей влагоемкости – 28, 26 и 24% соответственно. Определить норму полива.

12. Рассчитать внутрипочвенный горизонтальный фильтрационный сток с возвышения 5 м и длиной склона 15 м при  $K_s = 0,021 \text{ м/сутки}$ .

13. Используя уравнение, полученное на основании закона Стокса, вычислите скорость оседания и время, нужное для осаждения на 10 см частиц оксида железа ( $d = 3 \text{ г/см}^3$ ) размером 0,2 0,02 и 0,002 мм в диаметре.

## **Практическое занятие №8**

### **Вопросы к семинару «Агрофизические свойства почвы»**

1. Гранулометрический состав почв и пород: способы определения, классификация и значение для сельскохозяйственных культур.
2. Минералогический состав почв, первичные и вторичные минералы их значение в почвообразовании.
3. Формы почвенной влаги и почвенно-гидрологические константы.
4. Плотность почвы. Методы регулирования.
5. Плотность твердой фазы почв.
6. Воздушные свойства почвы, виды почвенных пор.
7. Морфологические признаки почв.
8. Водные свойства почв, типы водных режимов почв.
9. Тепловые свойства почв и способы их регулирования.
10. Структура почв. Методы исследований.

## Лабораторная работа №9

### Тема: «Определение гумуса в почве по методу И. В. Тюрина»

*Цель работы:* научиться методике определения содержания гумуса в дерново-подзолистой почве.

*Приборы, оборудование:* автоматическая бюретка на 10 мл, погрешность дозирования 0,1 мл; колбы конические (термостойкие) на 100 мл; бани песчаные; весы аналитические, погрешность взвешивания 0,001 г; бюретки для титрования на 50 мл; эбонитовые палочки; почвенное сита с диаметром отверстий 0,25 мм;

*Реактивы:* 1. Раствор хромовой смеси: 40 г кристаллического  $K_2Cr_2O_7$ , взвешенного с погрешностью не более 0,1 г, растворяют в 1 литре дистиллированной воды и переливают в колбу из термостойкого стекла емкостью 3 л. К полученному раствору приливают под тягой небольшими порциями по 50-100 мл 1 л концентрированной  $H_2SO_4$  при осторожном перемешивании, не допуская сильного разогрева раствора. Полученную смесь хранят в склянке с притертой пробкой.

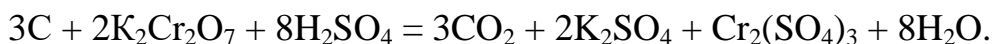
2. Раствор соли Мора 0,2 н: 80 г  $(NH_4)_2SO_4FeSO_4 \cdot 6H_2O$ , взвешенной с погрешностью не более 0,1 г, растворяют в 700 мл 1 н раствора серной кислоты. Раствор фильтруют через двойной фильтр в мерную колбу вместимостью 1 л, доводят объем дистиллированной водой до 1 л и хорошо перемешивают. Раствор хранят в колбе из темного стекла.

### Методические рекомендации

Почвенный гумус – это часть органического вещества почвы, которая оказывает существенное влияние на плодородие почвы и характер почвообразовательного процесса. Содержание гумуса в почве выражают в процентах к массе абсолютно сухой почвы и его запасы рассчитывают в т/га обычно в пахотном слое.

Предложенный И. В. Тюриным метод определения гумуса основан на окислении углерода почвы сернохромовой смесью с последующим определением остатка окислителя титрованием солью Мора.

Окисление углерода гумуса хромовой смесью протекает по уравнению:



При проведении анализа заранее берут избыток окислителя (хромовой смеси). Реакция титрования остатка хромовой смеси солью Мора идет по уравнению:



Отобранный для анализа почвенный образец распределяют на ровной поверхности и с помощью пинцета тщательно отбирают видимые органические остатки растительного и животного происхождения (корешки растений, семена, остатки органических удобрений и др.). Затем очищенный образец измельчают в ступке и пропускают через сито с отверстиями в 0,25 мм. Образец равномерно распределяют по бумаге и мелкие органические остатки удаляют с помощью наэлектризованной эбонитовой палочки.

Из подготовленной пробы отбирают навеску с точностью до четвертого знака после запятой. Величину навески устанавливают из предполагаемого содержания гумуса. При этом желательно придерживаться следующих рекомендаций:

Таблица 12 – Масса навески почвы, взятая на анализ

Предполагаемое содержание гумуса, %	Навеска почвы, г
<1	1
1-2	1-0,5
2-4	0,5-0,2
4-7	0,2-0,15
7-10	0,15-0,1
>10	0,1-0,05

Навеску почвы переносят в конические термостойкие колбы на 100 мл и приливают из бюретки точно 10 мл 0,4 н раствора хромовой смеси. Содержимое колб осторожно перемешивают круговым движением и закрывают маленькими воронками или специальными стеклянными холодильниками.

Подготовленные колбы ставят на разогретую (140-180 °С) песчаную баню или плитку, доводят до кипения и кипятят ровно 5 минут. При этом кипение в колбах не должно быть слишком бурным и слишком слабым. Если в процессе

кипячения раствор в колбе изменил свою окраску до зеленой, что свидетельствует о недостатке хромовой смеси, анализ необходимо повторить с меньшей навеской.

По окончании кипячения колбы снимают с плитки, охлаждают, а затем обмывают дистиллированной водой воронки (холодильники).

После этого приступают к титрованию избытка хромовой смеси. Для этого в колбу добавляют в качестве индикатора 5-6 капель фенилантраниловой кислоты и титруют 0,2 н раствором соли Мора до перехода буровато-коричневой окраски раствора в зеленую. В процессе титрования колбу с раствором энергично перемешивают круговым движением. В аналогичных условиях проводят холостой опыт (без почвы).

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

$$Гумус = \frac{(a - b) \times N \times 0,003 \times 1,724}{p} \times 100, \text{ где}$$

$a$  – количество соли Мора, израсходованное на титрование 10 мл хромовой смеси в холостом опыте, мл;

$b$  – количество соли Мора, израсходованное на титрование избытка хромовой смеси в опыте с почвой, мл;

$N$  – нормальность соли Мора, установленная титрованием 0,1 н раствором  $KMnO_4$ ;

0,003 – значение 1 мг-экв углерода;

1,724 – коэффициент перевода органического углерода на гумус;

$p$  – навеска почвы, г;

100 – множитель для пересчета результатов анализа на %.

Для расчета баланса гумуса при сельскохозяйственном использовании земель, темпов минерализации и гумификации органического вещества в почве, планировании систем удобрений культур определяют запасы гумуса в определенном слое почвы. При этом используют следующую формулу:

$$A (m / га) = g \times d_v \times h, \text{ где}$$

$A$  – запас гумуса в искомом слое;

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

$h$  – мощность слоя, см.

Используя таблицу 13, оцените почву по кислотности и сделайте вывод.

Таблица 13 – Градация почв по содержанию гумуса

Характеристика почвы	Содержание гумуса, %
безгумусные	Менее 1
Очень низкогумусные	1-2
низкогумусные	2-4
среднегумусные	4-6
высокогумусные	6-10
Очень высокогумусные	10-15

*Вопросы:*

1. Источники органического вещества почвы.
2. Факторы, влияющие на интенсивность процесса разложения в почве.
3. Состав гумуса.
4. Характеристика гуминовых и фульвокислот.
5. Показатели гумусного состояния почв.

## Лабораторная работа №10

### Тема: «Определение рН и гидролитической кислотности почвы»

*Цель работы:* научиться методике определения обменной и гидролитической кислотности почвы.

*Приборы, оборудование:* рН-метр, колбы конические на 100 мл; ротатор.

*Реактивы:*

1. Буферные растворы для настройки рН-метра приготовленные согласно ГОСТу 10107-62 и 10171-62 из фиксаналов.

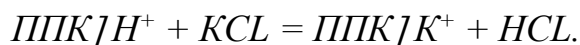
2. 1,0 н раствор калия хлористого: 75 г соли калия хлористого взвешивают с погрешностью не более 0,5 г, растворяют в дистиллированной воде и доводят объем раствора до 1 л. Раствор должен иметь рН 5,6-6,0 при измерении рН-метром. Если раствор имеет рН менее 5,6 его доводят до заданного значения 10% раствором гидроокиси калия. Если раствор имеет рН более 6,0, его подкисляют 10% раствором соляной кислоты.

3. 1,0 н раствор уксуснокислого натрия: 136 г  $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  взвешивают с погрешностью не более 0,5 г, растворяют в дистиллированной воде и доводят объем полученного раствора до 1 л. Раствор должен иметь рН 8,3-8,4 при измерении стеклянным электродом. Если раствор имеет рН менее 8,3 его доводят до заданного значения 10%-ным раствором гидроокиси натрия. Если раствор имеет рН более 8,4, его подкисляют 10%-ным раствором уксусной кислоты.

### Методические рекомендации

#### 1. Определение рН почвы

Метод основан на извлечении обменных катионов из почвы раствором 1 н KCL при соотношении почва: раствор 1:2,5. Реакция обмена может быть условно изображена в виде уравнения:



Активность обменных катионов водорода измеряют потенциометрическим методом с использованием стеклянного электрода и электрода сравнения.

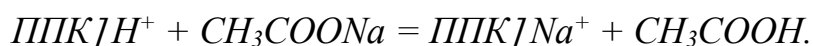


Рис. 3. pH-метр в комплекте с электродами

Пробу почвы массой 20 г взвешивают с погрешностью не более 0,3 г пересыпают в колбу и приливают 50 мл 1 н. раствора калия хлористого, ставят на ротатор и перемешивают 1 мин. Затем в полученной суспензии определяют pH на pH-метре.

## 2. Определение гидролитической кислотности по Каппену pH-метрическим методом

Метод основан на обработке почвы 1,0 н раствором уксуснокислого натрия по Каппену при соотношении почва: раствор 1:2,5 с последующим pH – метрическим определением кислотности полученной суспензии. Реакция обмена может быть условно изображена в виде уравнения:



Пробу почвы массой 30 г взвешивают с погрешностью не более 0,3 г переносят в колбу на 200-250 мл и приливают 75 мл 1,0 н уксуснокислого натрия. Почву с раствором перемешивают в течение 1 мин и оставляют до следующего дня (настаивание можно заменить перемешиванием на ротаторе в течении 1 часа). После перемешивания измеряют pH суспензии стеклянным электродом. Показания pH считывают до сотых долей. Величину гидролитической кислотности почвы в мг-экв/100 г почвы находят по величине pH, пользуясь таблицей 14 или уравнением регрессии.

Таблица 14 – Перевод рН ацетатной вытяжки в единицы (мг-экв/100 г почвы) гидролитической кислотности

	<b>6,00</b>	<b>6,10</b>	<b>6,20</b>	<b>6,30</b>	<b>6,40</b>	<b>6,50</b>	<b>6,60</b>	<b>6,70</b>	<b>6,80</b>	<b>6,90</b>	<b>7,00</b>	<b>7,10</b>	<b>7,20</b>	<b>7,30</b>	<b>7,40</b>	<b>7,50</b>	<b>7,60</b>	<b>7,70</b>	<b>7,80</b>	<b>7,90</b>
<b>0,00</b>	17,3	13,9	11,2	9,04	7,28	5,85	4,71	3,79	3,05	2,46	1,98	1,6	1,28	1,03	0,83	0,67	0,54	0,43	0,35	0,28
<b>0,01</b>	16,9	13,6	11	8,83	7,11	5,73	4,61	3,71	2,99	2,41	1,94	1,56	1,26	1,01	0,81	0,66	0,53	0,43	0,34	0,28
<b>0,02</b>	16,6	13,3	10,8	8,65	6,97	5,61	4,52	3,63	2,92	2,35	1,9	1,53	1,23	0,99	0,8	0,64	0,52	0,42	0,33	0,27
<b>0,03</b>	16,2	13,1	10,5	8,45	6,81	5,48	4,42	3,56	2,86	2,31	1,86	1,5	1,2	0,97	0,78	0,63	0,51	0,41	0,33	0,26
<b>0,04</b>	15,8	12,8	10,3	8,28	6,69	5,37	4,32	3,48	2,8	2,25	1,82	1,46	1,18	0,95	0,76	0,61	0,49	0,4	0,32	0,26
<b>0,05</b>	15,5	12,5	10,1	8,11	6,53	5,25	4,23	3,4	2,74	2,21	1,78	1,43	1,15	0,93	0,75	0,6	0,48	0,39	0,31	0,25
<b>0,06</b>	15,2	12,2	9,84	7,92	6,38	5,14	4,14	3,33	2,68	2,16	1,74	1,4	1,13	0,91	0,73	0,59	0,47	0,38	0,31	0,25
<b>0,07</b>	14,9	12	9,64	7,76	6,25	5,03	4,05	3,26	2,62	2,11	1,7	1,37	1,1	0,89	0,72	0,58	0,46	0,37	0,3	0,24
<b>0,08</b>	14,5	11,7	9,44	7,59	6,11	4,92	3,96	3,19	2,57	2,07	1,67	1,34	1,08	0,87	0,7	0,56	0,45	0,37	0,29	0,24
<b>0,09</b>	14,2	11,5	9,23	7,41	5,98	4,82	3,82	3,13	2,52	2,02	1,63	1,31	1,06	0,85	0,68	0,55	0,44	0,36	0,29	0,23

Используя таблицу 15, оцените почву по кислотности и сделайте вывод.

Таблица 15 – Градация почв по степени кислотности

Степень кислотности	pH	Нг (мг-экв/100 г почвы)
1. Очень сильнокислая	< 4,0	>6,0
2. Сильно кислая	4,1-4,5	5,1-6,0
3. Средне кислая	4,6-5,0	4,1- 5,0
4. Слабо кислая	5,1-5,5	3,1- 4,0
5. Близкая к нейтральной	5,6-6,0	2,1-3,0
6. Нейтральная	> 6,0	< 2,0

*Вопросы:*

1. Кислотность почв (природа, типы и виды, значение).
2. Отношение декоративных культур к кислотности почвы.
3. Пути регулирования кислой реакции почвы.
4. Щелочность почв (природа, типы, значение).
5. Декоративные растения, растущие на кислой почве.
6. Буферность почвы.

## Лабораторная работа №11

### Тема: «Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена-Гильковица»

*Цель работы:* научиться методике определения суммы поглощенных оснований.

*Приборы, оборудование, реактивы:* колбы конические на 200-250 мл; ротатор, 0,1 н раствор соляной кислоты, бумажные фильтры, электрическая плитка, 1% спиртовой раствор фенолфталеина, 0,1 н раствор гидроксида натрия.

### Методические рекомендации

Принцип метода заключается в обработке навески почвы определенным количеством соляной кислоты установленной нормальности. Кислота частично используется на вытеснение поглощенных оснований, а остаток оттитровывают щелочью определенной нормальности.

На весах берут навеску массой 20 г воздушно-сухой почвы и переносят в колбу емкостью 200-250 мл. К навеске в колбе приливают 100 мл 0,1 н раствора соляной кислоты и взбалтывают на ротаторе 1 час. Почвенную суспензию фильтруют через складчатый фильтр в чистую колбу. Отбирают пипеткой 50 мл фильтрата и переносят в коническую колбу на 200-250 мл. Колбу с фильтратом доводят на плитке до кипения и кипятят 3 мин. В горячий фильтрат добавляют 3-5 капель фенолфталеина и титруют раствором NaOH до устойчивой слабо розовой окраски не исчезающей в течении 1 мин.

Расчет суммы обменных оснований (мг-экв/100 г почвы) ведут по формуле:

$$S = \frac{(a \times K_{HCl} - b \times K_{NaOH}) \times 100 \times 0,1}{c}, \text{ где}$$

$a$  – кол-во мл фильтрата, взятого для титрования;

$K_{HCl}$  – поправка к титру соляной кислоты;

$b$  – кол-во мл 0,1 н раствора NaOH, пошедшее на титрование взятого объема фильтрата;

$K_{NaOH}$  – поправка к титру раствора едкого натрия;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;  
 0,1 – коэффициент перевода в мг-эквивалент;  
 с – навеска почвы, соответствующая взятому для титрования объему почвы.

После проведения анализа следует сделать вывод о содержании суммы обменных оснований в почве, используя шкалу (табл. 16).

Таблица 16 – Градация почв по сумме обменных оснований

Характеристика	Сумма обменных оснований мг-экв/100 г почвы
Низкая	Менее 10
Средняя	10-20
Высокая	20-40
Очень высокая	Более 40

На основании экспериментальных данных рассчитывают ЕКО (сумма  $H_2$  – гидролитическая кислотности и  $S$ ) и степень насыщенности почв основаниями  $V$ :

$$V = \frac{S}{S + H_2} \times 100, \%$$

*Вопросы:*

1. Понятие о ППК. Сущность физико-химической поглотительной способности почвы.
2. Происхождение, состав, свойства почвенных коллоидов.
3. Обменные катионы и закономерности физико-химического обменного поглощения.
4. Состав обменных катионов в различных почвах.
5. Значение обменных катионов в почвообразовании и питании растений.

## Лабораторная работа №12

### **Тема: «Определение подвижных форм фосфора и калия в почве по методу А.Т. Кирсанова в модификации ЦИНАО»**

*Цель работы:* научиться методике определения подвижных форм фосфора и калия в почве.

*Приборы, оборудование, реактивы:* колбы конические на 200-250 мл; колбы на 100 мл, мерные цилиндры, весы, ротатор, 0,2 н раствор соляной кислоты, бумажные фильтры, реактив А (смесь молибденовокислого аммония и сурьмяновиннокислого калия в серной кислоте), реактив Б (смесь аскорбиновой кислоты и реактива А), фотоэлектроколориметр.

### **Методические рекомендации**

Данный метод используется для определения подвижных соединений фосфора и калия в почвах подзолистого типа и в близким к ним по генезису разновидностях. Метод основан на экстракции доступного фосфора и обменного калия 0,2 н раствором соляной кислоты (соотношение почва: раствор 1:5) с последующим определением фосфора в виде фосфорно-молибденового комплекса на фотоэлектроколориметре, а калия непосредственно в вытяжке – на пламенном фотометре.

Пробу почвы массой 10 г взвешивают с погрешностью не более 0,1 г, переносят в колбу на 200-250 мл, приливают 50 мл 0,2 н раствора соляной кислоты и перемешивают на ротаторе в течении 1 мин. После отстаивания в течении 15 минут, суспензию фильтруют. Экстракцию фосфора и калия проводят при температуре  $18 \pm 3$  °С.

Для определения фосфора отбирают по 5 мл фильтрата в мерные колбы на 100 мл и приливают до метки реактив Б (смесь аскорбиновой кислоты, молибденовокислого аммония и сурьмяновиннокислого калия в серной кислоте). После перемешивания, но не ранее, чем через 10 мин, приступают к определению фосфора на фотоэлектроколориметре с красным светофильтром ( $\lambda = 600$  нм).



Рис. 4. Фотозлектроколориметр

На основании значения оптической плотности  $E$  и градуировочного графика (рис. 5) находят содержание подвижного фосфора (мг/кг почвы) в образце.

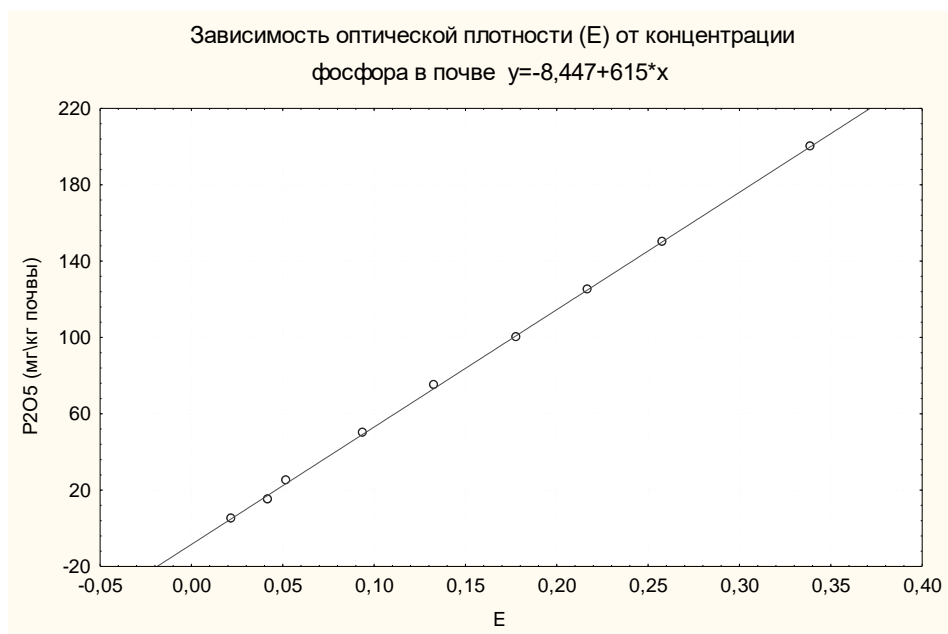


Рис. 5. График зависимости оптической плотности образца от концентрации фосфора в почве

Доступный калий определяют непосредственно в вытяжке на пламенном фотометре (рис. 6), используют светофильтр с максимумом пропускания в области 766-770 нм.



Рис. 6. Пламенный фотометр

После проведения анализа следует сделать вывод о содержании фосфора и калия в почве, используя шкалу (табл. 17).

Таблица 17 – Градация почв по содержанию фосфора и калия  
(по А.Т. Кирсанову)

Обеспеченность почв питательными веществами	МГ/КГ ПОЧВЫ	
	$P_2O_5$	$K_2O$
Очень низкая	Менее 25	Менее 40
Низкая	26-50	41-80
Средняя	51-100	81-120
Повышенная	101-150	121-170
Высокая	151-250	171-250
Очень высокая	Более 250	Более 250

*Вопросы:*

1. Методы определения фосфора и калия в почве.
2. Приборы для определения содержания фосфора и калия в почве.
3. Влияние гранулометрического состава на содержание калия в почве.
4. Какие соединения фосфора образуются при химическом поглощении его в кислых почвах
5. Подвижность калия по почвенному профилю.

## Лабораторная работа №13

### **Тема: «Определение подвижного алюминия в почве по методу А. В. Соколова»**

*Цель работы:* научиться методике определения подвижного алюминия в почве.

*Приборы, оборудование, реактивы:* колбы конические на 200-250 мл; ротатор, беззольные фильтры, колбы термостойкие на 100 мл, пипетки на 25 мл, электрическая плитка, бюретка, 1,0 н раствора KCl, 0,02 н раствором NaOH, 1% раствор фенолфталеина, 3,5%-ный раствор NaF.

### **Методические рекомендации**

Валовое содержание алюминия в дерново-подзолистых почвах составляет 6-15 % и как правило увеличивается вниз по профилю. Обычно этот элемент входит в состав первичных и вторичных почвенных минералов, а также в состав почвенных органо-минеральных комплексов и является труднодоступным для растений. Однако в условиях интенсивного подзолообразовательного процесса кислых почв алюминий частично может переходить в доступное для растений состояние в виде  $Al(OH)_2^+$  и  $Al(OH)^{2+}$ . Содержание в корнеобитаемом слое подвижного алюминия в концентрациях 3-4 мг/100 г почвы отрицательно сказывается на плодородии почвы и развитии растений.

Принцип метода основан на двухкратном титровании почвенной солевой вытяжки. В первом случае определяют суммарное содержание катионов  $H^+$  и  $Al^{3+}$ , во втором, после осаждения подвижного  $Al^{3+}$ , находят только обменный  $H^+$ . Вычитая из результатов первого определения результат второго, находят количество подвижного алюминия.

В колбу на 200-250 мл берут навеску 40 г почвы, приливают 100 мл 1,0 н раствора KCl и взбалтывают смесь в течении 0,5-1 часа. Солевою вытяжку фильтруют через беззольный фильтр. Берут две конические термостойкие колбочки на 100 мл и в каждую отбирают пипеткой по 25 мл отфильтрованной вытяжки. Кипятят содержимое обеих колбочек 5 мин для удаления  $CO_2$ . В одной колбочке титруют вытяжку 0,02 н раствором NaOH в присутствии 2-3 капель фенолфталеина до слабо-розовой окраски. Количество щелочи в этом случае

будет соответствовать суммарному содержанию в вытяжке катионов  $H^+$  и  $Al^{3+}$ . В другую колбу после кипячения прибавляют 1 мл 3,5 % раствора NaF, охлаждают до комнатной температуры и также титруют 0,02 н раствором NaOH в присутствии фенолфталеина до слабо розового окрашивания. Количество щелочи в этом случае будет соответствовать содержанию в вытяжке только катионов  $H^+$ .

Содержание подвижного алюминия в анализируемой почве определяют по формуле:

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

$A$  – содержание алюминия (в мг/100 г почвы);

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

$b$  – количество мл 0,02 н NaOH, израсходованного при титровании раствора после осаждения алюминия;

$K_{NaOH}$  – поправка к титру NaOH;

100 – пересчет на 100 г почвы;

0,18 – коэффициент пересчета алюминия в мг, т.к. 1 мл 0,02 н NaOH соответствует 0,18 мг алюминия;

$C$  – навеска почвы (г), соответствующая взятому для одного титрования объему жидкости.

#### *Вопросы:*

1. Методы определения содержания алюминия в почве.
2. Зависимость содержания алюминия и кислотности почвы.
3. Действие алюминия на растения.
4. Трансформация алюминия в кислых почвах.
5. Способы снижения содержания алюминия в почве.

## Лабораторная работа №14

### Тема: «Ионометрический метод определения нитратов в почве»

*Цель работы:* научиться методике определения содержания нитратов в почве.

*Приборы, оборудование, реактивы:* иономер, сита с диаметром отверстий 2 мм, колбы конические на 200-250 мл, ротатор, 1%-ный раствор алюмокалиевых квасцов.

### Методические рекомендации

Нитраты находятся в почве в виде водорастворимых солей азотной кислоты. Они отличаются высокой подвижностью, в связи с этим содержание их в почве подвержено большим колебаниям. Из почвы нитратная форма азота может вымываться атмосферными осадками, поливными водами вниз по профилю или за его пределы. Определение нитратов в почве и обеспеченности азотом растений проводят в день взятия пробы и при естественной влажности. Параллельно определяют влажность почвы и делают на нее поправку.

Данный метод основан на измерении электродвижущего напряжения (э. д. н.) возникающего между нитрат селективным электродом и электродом сравнения в почвенной суспензии. Зная величину э.д.н. можно найти концентрацию нитрат ионов в растворе (рис.7), а в почвенном образце рассчитать по формуле:

$$X = \frac{10^{-pNO_3} \times 14 \times B \times 1000}{H}, \text{ где}$$

$X$  – содержание нитратного азота (мг/кг абсолютно сухой почвы);

$pH\ N-NO_3$  – отрицательный логарифм концентрации ионов  $N-NO_3$ ;

14 – атомная масса азота;

$B$  – объем экстрагирующего раствора, мл;

1000 – коэффициент перевода в мг;

$H$  – навеска абсолютно сухой почвы, г.

Навеску абсолютно сухой почвы  $H$ , в г, с учетом полевой влажности, рассчитывают по формуле:

$$H = \frac{20 \times 100}{100 + W}, \text{ где}$$

$W$  – влажность почвы (%)

Образец свежесобранной почвы высыпают на ровную поверхность, тщательно перемешивают, просеивают через сито с диаметром отверстий 2 мм и отбирают среднюю пробу для определения нитратов и полевой влажности. Из отобранной почвы делают навеску 20 г помещают в колбу на 200-250 мл, приливают 50 мл 1%-ного раствора алюмокалиевых квасцов и почвенную суспензию перемешивают на ротаторе в течение 3 мин. В полученной суспензии определяют значение э.д.н. (мВ) или значение pH N-NO<sub>3</sub>, а содержание нитратного азота рассчитывают по формуле.

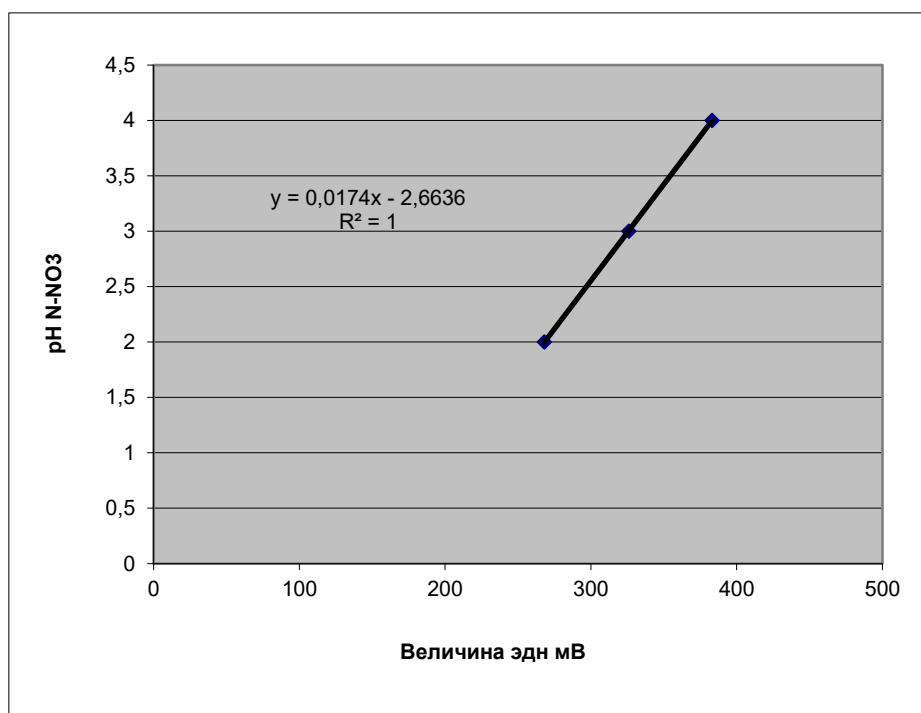


Рис. 7. Зависимость активности нитрат-ионов (pH N-NO<sub>3</sub>) и величины э.д.н. (мВ)

После проведения анализа следует сделать вывод о содержании нитратов в почве, используя шкалу (табл. 18).

Таблица 18 – Градация обеспеченности почвы по содержанию доступного азота

Обеспеченность азотом	Содержание минерального азота, мг/кг почвы	
	N-NO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub>
Очень низкая	—	<5
Низкая	<5	5,1-10
Средняя	5-10	10,1-20
Хорошая	10-15	20,1-40
Высокая	>15	>40

*Вопросы:*

1. Методы определения содержания азота в почве.
2. Значение азота для декоративных растений.
3. Формы азота в почве, доступные для растений.
4. Трансформация азота в почвах.
5. Нитратный и аммонийный азот в почве.

## Практическое занятие №15

### Задачи «Агрохимические свойства почвы»

1. Содержание нитратного азота в почве составило для слоя 0-25 см 15 мг/кг почвы, для слоя 25-50 см – 17 мг/кг. Определить запас нитратного азота в почве, если плотность пахотного слоя 1,12 г/см<sup>3</sup>, подпахотного – 1,28 г/см<sup>3</sup>.
2. Определить общий запас азота в почве, если его содержание в слое 0-27 см составляет 0,33 %. Плотность почвы – 1,23 г/см<sup>3</sup>.
3. По данным агрохимического обследования в пахотном слое почвы содержание доступного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 45 мг/кг почвы, K<sub>2</sub>O – 133 мг/кг. Определить запас этих элементов питания в слое 0-22 см, если плотность почвы составляет 1,17 г/см<sup>3</sup>.
4. К какому классу обеспеченности относится почва, если содержание доступного фосфора, по Чирикову, составляет 49 мг/кг, а содержание обменного калия – 115 мг/кг почвы.
5. Оцените запасы гумуса в пахотном слое (0-18 см) в дерново-подзолистой почве при его содержании 2,5%, плотность почвы – 1,2 г/см<sup>3</sup>.
6. Определите гидролитическую кислотность почвы (мг-экв/100 г почвы), если показания рН-метра составили 7,02 ед.
7. Рассчитайте ЕКО почвы, если гидролитическая кислотность равна 2,9 мг-экв/100 г почвы, а степень насыщенности основаниями 70%.
8. Рассчитайте степень насыщенности основаниями, если гидролитическая кислотность равна 6,85 мг-экв/100 г почвы, а ЕКО – 32,7 мг-экв/100 г.
9. Определите сумму обменных оснований для почв со следующими показателями в мг-экв/100 г: Ca<sup>2+</sup> = 4, Mg<sup>2+</sup> = 3, H<sup>+</sup> = 2, Al<sup>3+</sup> = 2,5, K<sup>+</sup> = 0,5.
10. Определите содержание в почве гумуса (%), если содержание углерода составило 2,03%.

## Практическое занятие №16

### *Вопросы к семинару «Агрохимические свойства почвы»*

1. Первичные и вторичные минералы почв разных типов.
2. Мощность гумусового горизонта и содержание гумуса в дерново-подзолистых почвах.
3. Состав обменных катионов подзолистых и дерново-подзолистых почв.
4. Причины повышенной обменной кислотности в подзолистых и дерново-подзолистых почвах.
5. Особенности химического состава дерново-карбонатных почв.
6. Процессы, с которыми связаны состав и свойства дерново-подзолистых почв.
7. ЕКО, V и pH в профиле дерново-подзолистых почв.
8. Валовое содержание азота, фосфора и калия в дерново-подзолистых почвах.
9. Химический состав черноземов, состав обменных катионов в подтипах черноземов.
10. Содержание гумуса в подтипах черноземов и его качественный состав.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Почвоведение с основами геологии / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова. — М. : КолосС, 2008. — 439 с.
2. Муха, В. Д., Муха, Д. В., Ачкасов, А. Л. Практикум по агрономическому почвоведению : учебное пособие. — 2-е изд., перераб. — СПб. : Изд-во «Лань», 2013. — 480 с.
3. Ганжара, Н.Ф. Почвоведение с основами геологии : учебник для вузов / Н. Ф. Ганжара, Б. А. Борисов ; Российский ГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева. — М. : ИНФРА-М, 2013. — 352 с.
4. Вадюнина, А. Ф., Корчагина, З. А. Методы исследования физических свойств почв. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Агропромиздат, 1986. — 416 с.
5. Почвоведение ; под ред. И. С. Кауричева. — Изд. 4-е, переработанное и дополненное. — М. : Агропромиздат, 1989. — 719 с.
6. Роуэл, Д. Почвоведение: методы и исследование. — М. : Колос, 1998. — 486 с.
7. Бабьева, И. П., Зенова, Г. М. Биология почв. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Изд-во МГУ, 1989. — 336 с.
8. Агропочвоведение / В. Д. Муха, Н. И. Картамышев, Д. В. Муха. — М. : КолосС, 2003. — 528 с.
9. Ступин, Д. Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления : учеб. пособие для вузов / Д. Ю. Ступин. — СПб. : Лань, 2009. — 432 с.
10. Ганжара, Н. Ф. Почвоведение с основами геологии : учебник для вузов / Н. Ф. Ганжара, Б. А. Борисов ; Российский ГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева. — М. : ИНФРА-М, 2013. — 352 с.
11. Уваров, Г. И. Экологические функции почв : учеб. пособие / Г. И. Уваров. — 3-е изд., стер. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2018. — 296 с.
12. Почвоведение и инженерная геология : учеб. пособие для вузов / М. С. Захаров [и др.]. — СПб. : Лань, 2018. — 256 с.

13. Почвоведение : учеб. пособие / Степанова Л.П., ред. — СПб. : Лань, 2018. — 260 с.

14. Характеристика почвенного покрова территории и агрономическая оценка земель сельскохозяйственного назначения : методические указания по выполнению курсовой работы для студентов направления подготовки 35.03.10 Ландшафтная архитектура очной формы обучения / сост. М.В. Иванова. — Караваево : Костромская ГСХА, 2023.

*Учебно-практическое издание*

**Почвоведение с основами географии почв : практикум / сост. М.В. Иванова. — Караваево : Костромская ГСХА, 2024. — 53 с. ; 20 см. — 50 экз. — Текст непосредственный.**

Компьютерная вёрстка Е.В. Рябикова  
Корректор Т.В. Кулинич

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования "Костромская государственная сельскохозяйственная академия"  
156530, Костромская обл., Костромской район, пос. Караваево, уч. городок, д. 34

Компьютерный набор. Подписано в печать \_\_\_\_\_. Заказ № 1180.  
Формат 60х84/16. Тираж 50 экз. Усл. печ. л. 3,08. Бумага офсетная.  
Отпечатано \_\_\_\_\_.

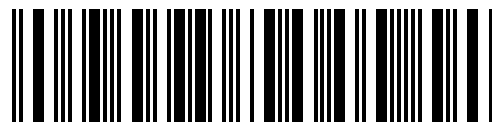
вид издания: первичное (электронная версия)  
(редакция от 11.10.2024 № 1180)

Отпечатано с готовых оригинал-макетов в академической типографии  
на цифровом дубликаторе. Качество соответствует предоставленным  
оригиналам.  
(Электронная версия издания - I:\подразделения \рио\издания 2024\1180.pdf)



2024\*1180

ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА



2024\*1180

(Электронная версия издания - I:\подразделения \рио\издания 2024\1180.pdf)