

Е.В. Просянников

# Общее ПОЧВОВЕДЕНИЕ

## Лабораторный практикум с заданиями для самостоятельной работы студентов

Для обучающихся по направлению подготовки  
110100 Агрохимия и агропочвоведение,  
профиль Агрэкология

БРЯНСК  
Издательство Брянской ГСХА  
2013

УДК 631.4 + 631.5 (0.75.8)

Присянников Е.В.

**П 82** Почвоведение. Лабораторный практикум с заданиями для самостоятельной работы студентов. Для обучающихся по направлению подготовки 660100 «Агрохимия и агропочвоведение», специальность 320400 «Агроэкология». – Брянск, Изд-во Брянской ГСХА. – 2013. С. 80.

*РЕЦЕНЗЕНТЫ:*

доктор сельскохозяйственных наук, профессор Маркина З.Н.;

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Чекин Г.В.

Рекомендовано к изданию методической комиссией агроэкологического института Брянской государственной сельскохозяйственной академии

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	3
ПОРЯДОК РАБОТЫ В ПОЧВЕННОЙ ЛАБОРАТОРИИ.....	3
ЗАНЯТИЕ 1. Техника безопасности при работе в почвенной лаборатории. Ознакомление с почвой в её природном залегании. Методика отбора и подготовки почвенных образцов. Определение гигроскопической влажности и плотности почвы.....	4
ЗАНЯТИЕ 2. Определение гранулометрического состава почвы, его генетическая и агроэкологическая оценка.....	12
ЗАНЯТИЕ 3. Валовой химический состав минеральной части почв, его генетическая и агроэкологическая оценка.....	21
ЗАНЯТИЕ 4. Определение содержания и расчёт запаса азота в почве.....	27
ЗАНЯТИЕ 5. Определение содержания и расчёт запаса фосфора в почве.....	35
ЗАНЯТИЕ 6. Определение содержания и расчёт запаса калия в почве.....	40
ЗАНЯТИЕ 7. Определение содержания и расчёт запаса гумуса в почве, их агроэкологическая оценка .....	45
ЗАНЯТИЕ 8. Групповой состав гумуса, его генетическая и агроэкологическая оценка .....	48
ЗАНЯТИЕ 9. Выделение из почвы коллоидов, изучение процессов их коагуляции и пептизации.....	51
ЗАНЯТИЕ 10. Изучение поглотительной способности почвы и влияние на её свойства насыщения различными катионами.....	54
ЗАНЯТИЕ 11. Определение актуальной и обменной кислотности почвы, агроэкологическая оценка полученных результатов.....	60
ЗАНЯТИЕ 12. Определение в почве гидролитической кислотности и суммы обменных оснований. Расчёт ёмкости катионного обмена, степени насыщенности основаниями и дозы извести. Агроэкологическая оценка полученных результатов.....	64
ЗАНЯТИЕ 13. Агроэкологическая оценка окислительно-восстановительного состояния почвы.....	69
ЗАНЯТИЕ 14. Изучение общих физических свойств почвы, их агроэкологическая оценка.....	72
ЗАНЯТИЕ 15. Изучение водопрочности структурных агрегатов почвы.....	76
ЗАНЯТИЕ 16-18. Итоговая агрогенетическая характеристика и агроэкологическая оценка изучаемых почв.....	79

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования (ГОС) специальности 320400 «Агроэкология» почвоведение входит в цикл специальных дисциплин. Её общий объём 250 часов, из них 116 часов самостоятельных внеаудиторных занятий, еженедельно контролируемых с помощью компьютера или письменно.

В III семестре: 18 лекций, 18 лабораторно-практических занятий, две промежуточные аттестации, зачёт.

Во IV семестре: 8 лекций и 17 лабораторно-практических занятий, две аттестации, курсовая работа, учебная полевая практика, экзамен.

Требованиями ГОСа по дисциплине «Почвоведение» предусмотрено изучение следующих основных вопросов: процесс почвообразования; формирование почвенного профиля; происхождение и состава минеральной части почв; роль организмов в почвообразовании; происхождение, состава и свойства органической части почв; химический состав; почвенные коллоиды; поглотительная способность; структура почв; свойства почв, включая: плодородие, генезис, классификация, география и сельскохозяйственное использование почв; качественная оценка, охрана и картография почв.

Учёный агроном-эколог должен уметь распознавать основные типы, виды и разновидности почв, диагностировать степень их деградации, моделировать почвенные процессы, владеть методами рационального использования почв и воспроизводства их плодородия.

Теоретический материал студенты закрепляют на лабораторно-практических занятиях в почвенной лаборатории под руководством преподавателя и самостоятельно, используя следующую литературу.

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Докучаев В.В. Избранные сочинения. Т. 1-3. - М.: Сельхозгиз, 1949.
2. Почвоведение. Н.Ф. Ганжара. – М.: Агроконсалт, 2001.
3. Почвоведение. Под ред. И.С. Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1989.
4. Почвоведение. Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. В 2-х частях. – М.: Высшая школа, 1988.
5. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экологические функции почвы. – М.: Изд-во МГУ, 1986.
6. Практикум по почвоведению. Н.Ф. Ганжара. – М.: КолоС, 2002.
7. Просянников Е.В. Почвоведение. Лабораторный практикум с заданиями для самостоятельной работы студентов. Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2010.

### **ПОРЯДОК РАБОТЫ В ПОЧВЕННОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

1. За студентом в почвенной лаборатории закрепляется постоянное рабочее место, которое он обязан содержать в чистоте и порядке.
2. Студент приступает к занятию после предварительного изучения соответствующего раздела в настоящем практикуме. Ему должна быть ясна цель, значение предстоящей работы и ход её выполнения.
3. Для обеспечения работы на каждом занятии в помощь лаборанту староста назначает дежурного. В конце занятия студенты сдают рабочие места дежурному, а он – лаборанту.
4. Перестановка и вынос химической посуды, реактивов и оборудования из лаборантской.

ратории без разрешения преподавателя или лаборанта запрещены.

5. Студент обязан вести тетрадь лабораторно-практических занятий, которая является отчётным документом о выполнении заданий, и регулярно сдавать выполненные задания преподавателю.

## **ЗАНЯТИЕ 1**

### **ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ПОЧВЕННОЙ ЛАБОРАТОРИИ.**

#### **ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ПОЧВОЙ В ЕЁ ПРИРОДНОМ ЗАЛЕГАНИИ. МЕТОДИКА ОТБОРА И ПОДГОТОВКА ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИГРОСКОПИЧЕСКОЙ ВЛАЖНОСТИ И ПЛОТНОСТИ ПОЧВЫ**

##### План занятия:

1. Изучение техники безопасности при работе в почвенной лаборатории.
2. Ознакомление с почвой в её природном залегании.
3. Освоение методики отбора и подготовки образцов почв для изучения.
4. Определение гигроскопической влажности почвы.
5. Определение плотности почвы.

### **ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ПОЧВЕННОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

Работа в почвенной лаборатории требует ответственного и осведомленного поведения. В противном случае не исключена возможность аварий и несчастных случаев, для предотвращения которых необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности в лаборатории.

1. В почвенной лаборатории **категорически запрещается** нюхать и пробовать что-либо на вкус, пить и принимать пищу.

2. **Работать в лаборатории следует в халате**, чтобы реактивы не загрязнили и не разрушили одежду. На первом же занятии необходимо организовывать своё рабочее место, ознакомиться с расположением реактивов и приборов, убрать всё лишнее (портфель и т. п.) в ящик стола.

3. Рабочее место студента, его посуда и приборы всегда должны быть чистыми. Перед началом работы следует изучить свойства используемых веществ, устройство аппаратуры и меры безопасности.

4. Опыты всегда нужно делать с такими количествами (или концентрациями) веществ и в такой последовательности и условиях, которые указаны в практикуме.

5. Бурно протекающие реакции, следует проводить, приняв надлежащие меры предосторожности – за стеклом вытяжного шкафа.

6. Запрещается набирать ртом при помощи пипетки и трубки ядовитые или могущие причинить ожоги жидкости (растворы кислот и щелочей). Для этого следует пользоваться пипетками, снабженными всасывающим устройством, бюреткой или мерным цилиндром.

7. Все опыты с ядовитыми, вредными для здоровья и дурно пахнущими веществами следует проводить обязательно под тягой в вытяжном шкафу.

8. Проводя химические опыты, приборы следует располагать таким образом, чтобы реагирующие вещества в случае выбрасывания не могли попасть на самого экспериментатора или находящихся поблизости людей.

9. **Строго запрещается** производить какие-либо работы с легковоспламеняющимися веществами вблизи огня.

10. Воспламеняющиеся вещества, не растворимые в воде (бензин, скипидар и др.) следует тушить, накрывая пламя одеялом, асбестом, засыпая песком или при помощи огнетушителя.

11. Нельзя выливать в раковину концентрированные кислоты и щелочи, выбрасывать осадки, фильтры с почвой, почву, битое стекло, бумагу и т.п. Для этого служат ведра.

12. Химическую посуду моют водопроводной водой под краном, пользуясь ершом, затем ополаскивают дистиллированной водой. Сильно загрязненную посуду моют растворами мыла или соды.

13. Нарушение настоящих правил при работе в почвенной лаборатории, приведшее к порче мебели, оборудования, приборов и т. п., влечёт за собой материальную ответственность.

## **ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ПОЧВОЙ В ПРИРОДНОМ ЗАЛЕГАНИИ**

### **ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ГОРИЗОНТЫ И ИХ СИМВОЛИКА**

Всякая почва представляет собой систему последовательно сменяющих друг друга по вертикали генетических горизонтов – слоёв, на которые дифференцируется исходная материнская горная порода в процессе почвообразования. Эта вертикальная последовательность горизонтов получила название почвенного профиля. Специфическое для каждого почвенного типа сочетание генетических горизонтов, называют строением почвенного профиля. Оно является основным морфологическим признаком и диагностической характеристикой почвы. Выделяют основные почвенные горизонты и дополнительные свойства почвенных горизонтов.

**Основные почвенные горизонты** обозначают заглавными латинскими буквами и арабскими цифрами (табл. 1).

#### **1. Основные почвенные горизонты**

<b>Индекс</b>	<b>Определение</b>
<b>Органические</b>	
<b>О</b>	Содержащие не менее 70% (по объему) органического вещества различной степени разложения (минеральные частицы преимущественно в виде механической примеси), находятся как на поверхности минеральной почвенной толщи, так и в любой его части (погребенные), а также могут образовывать почвенный профиль полностью (торфяные почвы)
<b>О1</b>	Органическая масса, образованная в основном из неразложившихся или слабо-разложившихся растительных остатков, которые почти полностью сохранили главные черты исходного материала
<b>О2</b>	Органическая масса, состоящая в основном из среднеразложившихся растительных остатков, частично сохранивших свою первоначальную форму (в виде обрывков растительных тканей)
<b>О3</b>	Органическая масса, представленная полностью утратившими исходную форму растительными остатками

## 1 (окончание). Основные почвенные горизонты

Индекс	Определение
Органо-минеральные	
АО	Верхние органо-минеральные горизонты, содержащие значительное количество (до 30% по объему) органической массы различной степени разложения, которая находится преимущественно в механической смеси с минеральной частью и легко от нее отделяется
А1	Верхние органо-минеральные горизонты, наиболее темноокрашенные в профиле; содержат хорошо гумифицированный органический материал, образованный на месте и находящийся в тесной связи с минеральной частью почвы
Минеральные	
А2	Наиболее осветленные и обесцвеченные в профиле минеральные горизонты, лежащие под горизонтами О, АО и А1, а в случае многочисленных профилей – под любым горизонтом выше находящегося профиля; не имеют морфологических признаков оглеения, характерных для горизонтов G
В	Минеральные горизонты, лежащие под горизонтами АО, А1, А2 (а в случае их отсутствия под горизонтами О) и характеризующиеся любым изменением цвета и структуры по сравнению с А, отличающиеся от горизонтов G и С
G	Минеральные глеевые горизонты, имеющие на большей части площади свежего среза (не менее 70%) ярко-голубые, сизые, зеленые, ржавые тона окраски, однородные или чередующиеся
G1	Глеевые горизонты, окрашенные в яркие голубые и синие тона, однородные и чередующиеся
G2	Глеевые горизонты, пестроокрашенные и голубоватые, сизые и ржавые тона
G3	Минеральные горизонты, имеющие оливковые, зеленые, серовато-зеленоватые тона окраски
С	Почвообразующая порода, не измененная существенно почвообразованием
D	Подстилаящая порода, отличающаяся от почвообразующей, залегает под почвенным профилем, не изменена существенно почвообразованием
S	Сильноцементированные (твердые) во влажном и сухом состоянии, способны служить водоупором или барьером для плоскостной эрозии; образовались в результате концентрации различных химических соединений (оксидов железа, кремнезема, карбонатов Са и Mg, солей и др.), цементирующих почвенную массу
К	Хрупкие, ячеистые корочки мощностью не более 5 см, образующие поверхностную часть почвенного профиля

Любой из выделенных основных горизонтов (O1, O2, A1, A2, B, G1, S и т. д.) может подразделяться на подгоризонты по количественному изменению основного диагностического признака. В этих случаях к индексу морфогенетического горизонта справа внизу прибавляют дополнительную арабскую цифру (O11, O12, A21, A22 и т. д.).

Переходные почвенные горизонты, в которых признаки верхнего и нижнего горизонтов сменяются постепенно, обозначают индексами соответствующих выше- и нижележащих горизонтов, написанных рядом. Первым ставят индекс горизонта, признаки которого преобладают в переходном горизонте (A2B1, A1B1).

Переходные горизонты, в которых признаки выше и нижележащих горизонтов вклиниваются один в другой или сочетаются, обозначают индексами выше- и нижележащих горизонтов, разделенных наклонной линией A2/B1, A1/B1.

Погребённый горизонт заключается в квадратные скобки [A1].

Мёрзлые, водоупорные, цементированные льдом горизонты, обнаруженные в момент описания профиля, обозначают индексом основного горизонта со специальным знаком перед его индексом ( $\perp$ BC). Почвенные горизонты с отрицательной температурой в момент описания, но не являющиеся водоупорными (лёд в них может присутствовать или отсутствовать), обозначаются основным индексом с постановкой перед ним направленной вниз стрелки ( $\downarrow$ BC).

Различные характеристики основных горизонтов, такие как наличие солей, карбонатов, морфологически выраженной солонцеватости и т. д., обозначают малыми индексами. Их ставят справа после основного индекса и также обозначаются латинскими, но строчными буквами (табл. 2).

## 2. Дополнительные свойства почвенных горизонтов

Индекс	Пример использования	Определение
ca	Bca, Aca, Cca	Карбонаты кальция и магния
pca	Bpca, Apca	Щебень карбонатных пород среди бескарбонатного мелкозема
cs	Bcs	Визуально различимые выделения гипса
s	Bs	Визуально различимые выделения легкорастворимых солей
fe	A1fe, Cfe	Ферраллитный состав минеральной массы, низкое (менее 5%), содержание первичных минералов, кроме наиболее устойчивых (кварца, рутила и др.), в илистой фракции господствуют каолинит, галлуазит, оксиды алюминия и железа
fa	A1fa, Bfa, Cfa	Ферраллитизированный состав минеральной смеси (наряду с различными первичными минералами существенную роль в составе минеральной массы играют каолинит, галлуазит, гидрооксиды железа, а иногда и алюминия)
sl	Bsl	Солонцовые и солонцеватые горизонты
m	Bm	Минеральные горизонты, основные морфологические признаки которых сформировались в результате изменения исходной массы на месте (метаморфические)
n	Bn	Наличие твердых конкреций (любого состава), которые можно выделить из почвенной массы
a	A1a, A2a	Горизонты, имеющие существенные изменения в морфологии, связанные с деятельностью человека (пахотные, культурно-ирригационные, уплотненные от вибрации машин, окультуренные в результате удобрения навозом, торфом и т. д.)

## 2 (окончание). Дополнительные свойства почвенных горизонтов

Индекс	Пример использования	Определение
g	A2g, Bg	Наличие морфологических признаков оглеенения, недостаточные для отнесения горизонтов к G1, G2, G3
h	Bh	Иллювиально-гумусовые горизонты темно-коричневых и буро-красно-коричневых оттенков
f	Bf	Иллювиально-железистые горизонты ярко-желтых, красных и буро-желтых тонов.
t	Bt	Горизонты более тяжелого гранулометрического состава, чем вышележащие, с ясными визуальными признаками привноса тонкодисперсного материала в виде пленок по трещинам, порам, граням структурных отдельностей
p	BCp	Наличие камней размером > 1 см (щебень, гравий, глыбы, валуны, галька и т. п.) в количестве >10% по объему
h	A2h, Bh	Горизонты, не выходящие на дневную поверхность и не контактирующие непосредственно с горизонтами O и AO; имеют более темную гумусовую окраску в черно-серых тонах по сравнению с вышележащим горизонтом; непогребенные (вторые гумусовые горизонты, горизонты накопления серого, темно-серого гумуса над водоупорными барьерами, в том числе и над мерзлотой, иллювиально-гумусовые горизонты в нейтральных и щелочных почвах)
z	A1z, Oz	Наличие обильных следов жизнедеятельности почвенной фауны (копролиты, цисты насекомых, черворонины, кротовины, сурчины, лемминговины и т. д.)
v	Av, O2v	Горизонты, состоящие (на 50% или более) из живых частей растений (степной войлок, дерновинные горизонты, луговые почвы, очесы мхов и лишайников)
su	BCsu	Минеральные черные и темно-серые горизонты, имеющие запах сероводорода и содержащие сульфиды железа
d	BCd	Признаки динамических явлений перемещения почвенной массы
ve	Ave, Bve	Признаки слитости

**Дополнительные свойства почвенных горизонтов** являются следствием наложения на основной профилеобразующий почвообразовательный процесс второстепенных процессов. Их обозначают малыми индексами справа от основного индекса. (Bca, Bm, Bc) – черта под малым индексом горизонта означает максимальную выраженность в нём данного признака. При наличии нескольких малых дополнительных индексов их пишут через запятую (B1m, f, g). Если в горизонте содержатся легкорастворимые соли, то наличие в нем гипса и карбонатов в индексе не обозначают. При содержании выделений гипса не указывают в индексе наличие в горизонте карбонатов (табл. 2).

## МЕТОДИКИ ОТБОРА И ПОДГОТОВКИ ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ АНАЛИЗОВ

**Оборудование и материалы:** почвенный монолит, буры для отбора образцов почв с ненарушенным и нарушенным сложением, нож, ступка и пестик с резиновым наконечником, почвенное сито с диаметром отверстий 1 мм, бумага для изготовления пакета.

### **Отбор почвенных образцов.**

В зависимости от целей исследований почвенные образцы отбирают с нарушенным и ненарушенным сложением. Образцы с нарушенным сложением почвенной массы отбирают:

- по генетическим горизонтам в почвенном разрезе или прикопке;
- по слоям с помощью различных почвенных буров.

Образцы с ненарушенным (природным) сложением называют почвенными монолитами. Их отбирают в почвенном разрезе или с помощью специальных буров и помещают в специальные ящики, коробки или фиксируют с помощью гипса.

Для почвенных исследований образцы берут по генетическим горизонтам из основных почвенных разрезов. В среднем из разреза глубиной 2 м берут 5-6 образцов массой от 0,5 до 1 кг. Отбор образцов во избежание засорения стенки разреза следует начинать снизу. Мощность слоя, из которого берут образец, должна быть не более 10 см. Если мощность горизонта менее 10 см, образцы почвы берут почти на всю его мощность. Из верхних гумусовых горизонтов, мощность которых значительна, берут несколько образцов слоем по 10 см. Из пахотного горизонта берут один образец на всю его мощность. Взятый образец вместе с этикеткой из пергаментной бумаги, заполненной простым карандашом, помещают в матерчатый или полиэтиленовый мешок.

Для агрохимических исследований берут смешанные образцы почвы на глубину пахотного слоя. Элементарный участок – единица площади, которая характеризуется одним смешанным образцом. Смешанный образец состоит из 20-30 индивидуальных образцов. Взятие индивидуальных образцов зависит от конфигурации полей и элементарных участков. Желательно, чтобы элементарные участки имели прямую или квадратную форму. Частота отбора смешанных образцов зависит от пестроты плодородия и удобренности поля. В Нечерноземной зоне, которая отличается большой пестротой почв, смешанные образцы отбирают чаще, чем в зоне черноземных почв. Для определения частоты отбора смешанных образцов руководствуются следующим:

1. В полевых севооборотах площадь элементарного участка, как правило, составляет не более 5 га. Однако при условии однородности почвенного покрова и нерегулярном внесении умеренных доз удобрений она может быть увеличена до 10 га;
2. В овощных севооборотах площадь участка составляет 1-2 га;
3. В прифермских севооборотах и на интенсивно удобряющихся полях полевых севооборотах величина участка составляет 2-3 га;
4. В многолетних плодово-ягодных насаждениях – не более 1 га;

5. На культурных сенокосах и пастбищах индивидуальный образец отбирают с 5 га, на естественных сенокосах и пастбищах – с 10 га на глубину перегнутого горизонта. В садах, на лугах и пастбищах – 10-15 % от общего количества образцов берут на глубину 20-40 см.

При агрохимических исследованиях отбор почвенных образцов является очень ответственной работой, так как допущенные при этом ошибки могут свести на нет всю аналитическую работу. Поэтому образец должен быть типичным для обследуемого участка поля.

Существует несколько способов взятия смешанных почвенных образцов.

*Выборочный способ.* Смешанный образец составляют из индивидуальных образцов, взятых с небольшой площади 100-400 м<sup>2</sup> типичной по почве и рельефу для всего элементарного участка. Слабой стороной выборочного способа является недостаточный охват всего участка. Более надёжные результаты получаются, когда смешанный образец отбирают не с одной, а с 3-4 площадок в пределах элементарного участка.

Индивидуальные образцы с каждого участка тщательно перемешивают и отбирают один смешанный образец почвы массой 300-400 г. Смешанный образец переносят в матерчатый или полиэтиленовый мешочек или упаковывают в плотную бумагу. Предварительно к образцу прикладывают этикетку (внутри и снаружи). В этикетке указывают: наименование хозяйства (опытной станции, опытного поля), название опыта, номер почвенного образца, соответствующий номеру элементарного участка или номеру делянки, глубину взятия, фамилию отбиравшего образец и дату выполнения работы. После этого мешочки или бумагу перевязывают шпагатом. Выборочным способом можно пользоваться на малоплодородных однородных по почвенному плодородию почвах.

*Равномерный способ.* Индивидуальные образцы берут в разных точках, равномерно распределённых по оси или диагонали на площади элементарного участка. Этот способ наиболее трудоёмкий, но полно охватывает всю площадь участка.

*Маршрутный способ.* Взятие образцов выполняют через определенные равные расстояния по маршрутной линии, проходящей через весь элементарный участок. Маршрутная линия прокладывается по диагонали с угла на угол или вдоль одной из сторон по середине элементарного участка.

Отобранные почвенные образцы в тот же день должны быть положены для просушки в хорошо проветриваемые помещения, но не на солнце.

#### **Общая подготовка почвенного образца для анализов.**

Образец почвы распределяют тонким слоем на листе бумаги, крупные комочки почвы раздавливают руками, удаляют включения и новообразования – корни, валуны, журавчики и т. п. В чистом и сухом помещении доводят образец до воздушно-сухого состояния. Из подготовленной почвы берут среднюю пробу для анализов. Для этого почву разравнивают тонким слоем на листе бумаги в виде квадрата или прямоугольника и делят по диагоналям на 4 части. Две противоположные части почвы сыпают в картонную коробку и хранят в не растёртом состоянии.

Оставшуюся на бумаге почву измельчают в фарфоровой ступке деревянным пестиком или пестиком с резиновым наконечником и просеивают через сито с отверстиями 1 мм. Почву, не прошедшую через сито, вновь размалывают в ступке и просеивают через то же сито до тех пор, пока на нём останется только каменистая часть.

Для анализа используют среднюю пробу. Для этого почву, просеянную через сито с отверстиями 1 мм, высыпают на бумагу, разравнивают тонким слоем и делят на ряд квадратов площадью около 4×4 см. Из каждого квадрата берут небольшое количество почвы, отбирая на всю глубину, и составляют среднюю пробу.

Почвенные образцы, подготовленные для анализов, помещают в коробки, бумажные или полиэтиленовые пакеты и хранят в сухом, проветриваемом помещении.

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторная работа должна быть аккуратно и грамотно оформлена в тетради по следующим правилам:

1. Номер занятия, название лабораторной работы;
2. Цели и задачи лабораторной работы;
3. Посуда и оборудование;
4. Методика выполнения работы (кратко);
5. Первичные данные, полученные на занятии;
6. Расчёты (если они требуются);
7. Выводы.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИГРОСКОПИЧЕСКОЙ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

### Методические указания

Необходимость и важность определения гигроскопической воды состоит в том, что почвенные образцы в лаборатории сохраняются в воздушно-сухом состоянии, то есть содержат некоторое количество воды, которую называют гигроскопической. Результаты всех анализов обычно рассчитывают на абсолютно сухую почву. Такие расчёты можно сделать только в том случае, если известно процентное содержание гигроскопической воды в образце воздушно-сухой почвы.

**Принцип метода.** Метод основан на испарении воды, поглощенной воздушно-сухой почвой при нагревании её до температуры 105<sup>0</sup>С.

**Приборы и материалы:** почвенный монолит, бурик для отбора образца почвы с ненарушенным сложением, сушильный стаканчик с крышкой (бюкс), весы технические квадратные, сушильный шкаф, эксикатор, нож, тигельные щипцы.

**Ход анализа.** Взвешивают чистый и сухой бюкс с крышкой и записывают его номер и массу в тетрадь. В этот бюкс помещают образец воздушно-сухой почвы, отобранный из почвенного монолита, закреплённого за студентом, с помощью бура объёмом 10 см<sup>3</sup>. Взвешивают на весах стаканчик с почвой и крышкой. Массу его записывают в тетрадь. Крышку одевают на дно бюкса и помещают

его в сушильный шкаф. Высушивают образец почвы при температуре 105<sup>0</sup>С в течение 5-6 часов. После этого бюкс с абсолютно сухой почвой вынимают из сушильного шкафа с помощью тигельных щипцов, закрывают крышкой, охлаждают в эксикаторе, взвешивают, результаты записывают в тетрадь.

**Вычисление гигроскопической воды** проводят по формуле:

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

X – гигроскопическая влажность, %;

a - количество гигроскопической воды, испарившейся при высушивании, г;

b – навеска воздушно-сухой почвы, г.

Коэффициент пересчёта результатов анализа воздушно-сухой почвы на абсолютно сухую вычисляют по формуле:

$$K_{H_2O} = \frac{100+X}{100}, \text{ где}$$

X – гигроскопическая влажность, %.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОЧВЫ**

### Методические указания

Плотность почвы (старые названия: объёмный вес, объёмная масса) – отношение массы абсолютно сухой почвы, взятой без нарушения естественного сложения, к её объёму. Плотность почвы измеряют в г/см<sup>3</sup>.

На первом лабораторном занятии плотность определяют потому, что она необходима для вычисления запасов гумуса и питательных веществ в почве, которые будут определяться на последующих занятиях.

Для определения плотности используют почвенный образец, отобранный для определения гигроскопической влажности.

**Вычисление плотности почвы** проводят по формуле:

$$d_v = \frac{B}{V}, \text{ где}$$

d<sub>v</sub> – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;

B – масса абсолютно сухой почвы в бюксе после определения гигроскопической влажности, г;

V – объём почвы, взятый для высушивания (в данной работе – 10 см<sup>3</sup>).

### **ЗАДАНИЯ**

### **ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ**

### Теоретический материал.

Выучить по рекомендуемой литературе (источники 2, 4) и конспекту лекции темы: «Морфология почв. Минералогический и гранулометрический состав почвообразующих пород и почв».

### К лабораторно-практическому занятию 2.

Законспектировать в тетрадь для ЛПЗ и знать ход определения гранулометрического состава почвы и его генетической и агроэкологической оценки.

### **ОСНОВНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Что представляют собой твёрдая, жидкая, газовая и живая фазы почвы?
2. Из чего формируется твёрдая фаза почвы?
3. Что представляют собой морфологические элементы почвы и какие у них морфологические признаки?
4. Что представляет собой почвенный профиль и из чего он состоит?
5. Что является основным морфологическим признаком и диагностической характеристикой почвы?
6. Что представляют собой почвенные генетические горизонты?
7. Назовите группы (или систему) генетических горизонтов почв.
8. Назовите генетические горизонты, обозначаемые индексами: T, A, A<sub>1</sub>, Ap, A<sub>2</sub>, G, C.
9. Что представляет собой структура почвы?
10. Что представляет собой зернистая структура почвы?
11. Что представляют собой новообразования и включения?
12. Что представляет собой переход (граница) между генетическими горизонтами?
13. Как изменяется минералогический состав почв по сравнению с минералогическим составом их материнских пород?
14. Перечислите все фракции механических элементов почвы.
15. Назовите все фракции механических элементов почвы, которые поверхностно пассивны.
16. Каким фракциям механических элементов принадлежит главная роль в почвенных физико-химических процессах?
17. В какой фракции механических элементов, называемой ещё плазмой почвы, сосредоточено больше всего гумуса, элементов азотного и зольного питания растений?
18. Какая фракция механических элементов служат главным цементом почвенной структуры?
19. Что такое скелет и мелкозём почвы?
20. Что такое физическая глина и физический песок?
21. Дайте определение гранулометрического состава почвы.
22. Назовите все разновидности почвы и их материнских пород по гранулометрическому составу?
23. Перечислите дополнительные названия почв и пород в пределах гранулометрических разновидностей, которые дают с учётом преобладающих фракций механических элементов.
24. Как влияет гранулометрический состав на свойства почв?

## ЗАНЯТИЕ 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВЫ, ЕГО ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

#### План занятия:

1. Контроль выполнения заданий для самостоятельной внеаудиторной работы студентов к занятию 2.
2. Определение гранулометрического состава почвы сухим и мокрым методами.
3. Определение гранулометрического состава почв, проанализированных методом А.Н. Качинского.
4. Генетическая и агроэкологическая оценка результатов гранулометрического анализа почв Брянской области.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВЫ

#### Методические указания

Почвообразующая порода и почва состоят из частиц различной величины, которые называют механическими элементами. Они бывают минеральные, органические и органоминеральные. Соотношение механических элементов различного размера может быть самым разным, определяя тот или иной гранулометрический состав почвы. В России принята классификация механических элементов по Н.А. Качинскому (табл. 1).

Фракции механических элементов по-разному влияют на свойства почвы. Главная роль в физико-химических процессах, протекающих в почвах, принадлежит илу и коллоидам. Пылеватые и песчаные фракции поверхностно пассивны. В илистой фракции, называемой плазмой почвы, сосредоточено больше всего гумуса и элементов азотного и зольного питания растений. Коллоиды служат главным цементом почвенной структуры.

#### 1. Классификация механических элементов пород и почв

Фракции механических элементов	Размер, мм	Фракции механических элементов	Размер, мм
Камни	> 3	Пыль средняя	0,01 – 0,005
Гравий	3 – 1	Пыль мелкая	0,005 – 0,001
Песок крупный	1 – 0,5	Ил грубый	0,001 – 0,0005
Песок средний	0,5 – 0,25	Ил тонкий	0,0005 – 0,0001
Песок мелкий	0,25 – 0,05	Коллоиды	< 0,0001
Пыль крупная	0,05 – 0,01		

Относительное содержание в почве и породе механических элементов в весовых процентах на сухую почву называют гранулометрическим составом, а количественное определение в почве механических элементов – гранулометрическим анализом. Основным критерием разделения пород и почв на группы по гранулометрическому составу является относительное содержание физической глины (сумма почвенных частиц мельче 0,01 мм) и физического

песка (сумма частиц крупнее 0,01 мм). По их соотношению устанавливают основное название по гранулометрическому составу (табл. 2).

## 2. Классификация почв и пород по гранулометрическому составу (по Н.А. Качинскому)

Название по гранулометрическому составу	Содержание физической глины (процент частиц < 0,01 мм) в почвах		
	лесных	степных	солонцовых
Рыхлопесчаная	0-5	0-5	0-5
Связнопесчаная	5-10	5-10	5-10
Супесчаная	10-20	10-20	10-15
Легкосуглинистая	20-30	20-30	15-20
Среднесуглинистая	30-40	30-45	20-30
Тяжелосуглинистая	40-50	45-60	30-40
Легкоглинистая	50-65	60-75	40-50
Среднеглинистая	65-80	75-80	50-60
Тяжелоглинистая	> 80	> 85	>60

Дополнительное (уточняющее) название дают по содержанию двух преобладающих фракций из нижеприведенного списка: гравелистая (3-1 мм), песчаная (1-0,05 мм), крупнопылеватая (0,05-0,01 мм), пылеватая (0,01-0,001 мм) и иловатая (< 0,001 мм). Фракцию, на долю которой приходится больше всего процентов, в названии ставят на последнее место.

Например, дерново-подзолистая почва содержит физической глины 25,1 %, песка 39 %, крупной пыли 32,5 %, средней и мелкой пыли 16,4 %, ила 12,1 %. Основное наименование гранулометрического состава этой почвы – легкосуглинистая, дополнительное – крупнопылевато-песчаная.

В лабораторных условиях гранулометрический анализ проводят по методу проф. Н.А. Качинского. Этот метод точный, но трудоёмкий и длительный. При наличии навыков гранулометрический состав почв быстро и достаточно точно определяют сухим или мокрым органолептическим методом.

**Оборудование и материалы:** почвенный монолит, нож.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВЫ СУХИМ МЕТОДОМ

**Ход анализа.** Сухой комочек или щепотку мелкозема почвы испытывают на ощупь, кладут на ладонь и тщательно растирают пальцами. При необходимости плотные агрегаты почвы раздавливают в ступке. Для определения гранулометрического состава используют таблицу 3.

### 3. Органолептические признаки гранулометрического состава почвы по сухому методу

Гранулометрический состав	Состояние сухого образца	Ощущения при растирании сухого образца

Песок	Сыпучее	Состоит почти исключительно из песка
Супесь	Комочки слабые легко раздавливаются	Преобладают песчаные частицы. Мелкие частицы являются примесью
Легкий суглинок	Комочки разрушаются с небольшим усилием	Преобладают песчаные частицы. Глинистых частиц 20-30 %.
Средний суглинок	Структурные отдельные разрушаются с трудом, намечается угловатость их формы	Песчаные частицы еще хорошо различимы. Глинистых частиц примерно половина.
Тяжелый суглинок	Агрегаты плотные, угловатые	Песчаных частиц почти нет. Преобладают глинистые частицы
Глина	Агрегаты очень плотные, угловатые	Тонкая однородная масса, песчаных частиц нет

Результаты определения гранулометрического состава почвы сухим методом записать в тетрадь в форме таблицы 4.

#### 4. Результаты определения гранулометрического состава почвы сухим методом

Гранулометрический состав	Состояние сухого образца	Ощущения при растирании сухого образца

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВЫ МОКРЫМ МЕТОДОМ

**Ход анализа.** Образец растёртой почвы увлажняют и перемешивают до тестообразного состояния, при котором почва обладает наибольшей пластичностью. Из подготовленной почвы на ладони скатывают шарик и пробуют раскатать его в шнур толщиной около 3 мм, затем свернуть в кольцо диаметром 2-3 см.

Выделяют такие градации почв по гранулометрическому составу:

*песок* – непластичный, скатать шарик или шнур не удастся;

*супесь* – очень слабопластичная, скатывается в непрочный шарик, не скатывается в шнур, при сдавливании между пальцами формируются чечевицеобразные лепешки;

*легкий суглинок* – слабопластичный, скатывается в короткие толстые цилиндрики, которые трескаются при сгибании;

*средний суглинок* – среднепластичный, скатывается в шнур диаметром 2 – 3 мм, который ломается при дальнейшем раскатывании или трескается при сгибании;

*тяжелый суглинок* – очень пластичный, скатывается в шнур толщиной менее 2 мм, который надламывается при сгибании его в кольцо диаметром 2 – 3 см;

глина – высокопластичная, скатывается в длинный, тонкий, менее 2 мм шнур, который сгибается в кольцо диаметром 2 – 3 см без нарушения его сплошности .

Результаты определения гранулометрического состав мокрым методом записать в тетрадь в форме таблицы 5.

5. Результаты определения гранулометрического состава почвы мокрым методом

Гранулометри- ческий состав	Состояние		
	шарика	шнура	кольца

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ, ПРОАНАЛИЗИРОВАННЫХ МЕТОДОМ Н.А. КАЧИНСКОГО

Используя данные, приведенные в таблице 6, определите гранулометрический состав почв Брянской области и запишите их полное название в тетрадь.

6. Гранулометрический состав почв Брянской области,

% на абсолютно сухую почву (по Е.В. Просяникову)

Генетический горизонт, глубина отбора образца, см		Размер частиц, мм							Степень выноса- накопления частиц < 0,001, %
		1- 0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	< 0,001	< 0,01	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Естественная экосистема (Клинцовский район).</b>									
Почва среднедерново-глубокоподзолистая на флювиогляциальных отложениях									
A <sub>1</sub>	2 – 15	2	51	36	2	6	3	11	– 40
A <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	15 – 34	3	58	27	4	5	3	12	– 40
A <sub>2</sub>	34 – 65	2	53	35	2	4	4	10	– 20
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B	65 – 115	1	36	44	4	4	11	19	+ 120
C	115-162	10	69	11	2	3	5	10	0
<b>Интенсивная агроэкосистема (Клинцовский район).</b>									
Почва окультуренная дерново-глубокоподзолистая на флювиогляциальных отложениях									
A <sub>п</sub>	0-30	2	57	30	2	7	2	11	– 60
A <sub>2</sub>	30-54	1	55	35	2	3	4	9	– 20
B	54-95	13	22	47	1	3	14	18	+ 180
C	95-170	5	64	23	0,3	3	5	8	0
<b>Естественная экосистема (Стародубский район).</b>									
Почва серая лесная глубоковскипающая среднесиловатая на карбонатном лессовидном суглинке									
A <sub>1</sub>	1-16	0	10	66	4	10	10	25	– 9
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	16-29	0	12	62	8	6	13	26	+ 18
BA <sub>2</sub>	29-49	0	11	63	2	6	18	26	+ 64
B	49-75	0	9	67	4	5	15	24	+ 36
BC	75-106	0	7	73	3	4	13	20	+ 18
C	106-123	0	6	71	5	7	11	23	0

**Интенсивная агроэкосистема (Стародубский район).**Почва серая лесная глубоковскипяющая  
на карбонатном лессовидном суглинке

A <sub>п</sub>	0-30	0	14	62	3	7	14	24	+ 40
BA <sub>2</sub>	30-51	0	6	71	3	6	14	23	+ 40
B	51-73	0	7	72	4	5	13	21	+ 30
BC	73-95	0	7	75	2	5	13	19	+ 30
C	95-140	0	11	66	7	7	10	23	0

**ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА  
РЕЗУЛЬТАТОВ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОЧВ**Методические указания

Данные гранулометрического состава минеральной части почв и их почвообразующих пород позволяют, в определённой степени, диагностировать протекание некоторых элементарных почвенных процессов (ЭПП).

Если гранулометрический состав изменяется в пределах профиля почвы и от почвы к породе, необходимо со всей тщательностью проанализировать причины этих изменений. Возможны следующие варианты изменений гранулометрического состава по профилю почв.

1. Верхняя часть профиля наиболее обогащена илистыми и тонкопылевыми частицами и содержит наибольшее количество крупнозёма. Вниз по профилю, к почвообразующей породе, содержание тонких фракций уменьшается, а крупнопылеватых и песчаных постепенно увеличивается, возрастает также степень каменистости. Подобный ход распределения механических фракций весь у типичен для почв, формирующихся на маломощном элювии или элюво-делювии плотных осадочных или изверженных пород, и является следствием процессов выветривания и почвообразования, протекающих наиболее интенсивно в верхнем биохимически активном горизонте.

2. Верхняя часть профиля имеет более тяжёлый гранулометрический состав, чем нижняя или чем подстилающая порода, но в отличие от предыдущего варианта граница между частями профиля, имеющими существенно различный гранулометрический состав, очень резкая. Весьма вероятно формирование почвенного профиля в пределах первоначально неоднородной по гранулометрическому составу толщи, например, на озерных или аллювиальных супесях, суглинках или на покровных суглинках, подстилаемых песками.

3. Верхняя часть профиля резко обеднена илистой фракцией, в средней части профиля наблюдается увеличение содержания ила, а в почвообразующей породе оно несколько уменьшается или остается постоянным. Причины подобного распределения ила могут быть разными:

а) первоначально неоднородный гранулометрический состав наносов, охваченных почвообразованием, с чередованием слоев более легкого и более тяжелого гранулометрического состава;

б) вынос илистой фракции из верхних элювиальных горизонтов и накопление её в иллювиальном горизонте, т. е. дифференциация профиля по гранулометрическому составу обязана самому процессу почвообразования;

в) более интенсивное выветривание первичных минералов и образование глинистых минералов преимущественно в средней части почвенного профиля (по сравнению с верхними горизонтами и почвообразующей породой).

Часто на основании данных гранулометрического анализа не удается до конца решить, какова причина дифференциации профиля, и приходится сопоставлять данные гранулометрического анализа с данными минерального и химического состава и микроморфологией генетических горизонтов. Однако некоторые выводы все же возможно сделать с помощью соответствующих пересчётов результатов гранулометрического анализа.

Для установления степени однородности исходного гранулометрического состава изменённой почвообразованием толщи вычисляют отношение между количеством гравелистой, крупно-, средне- и мелкопесчаной фракциями, а также отношение между суммой песчаных частиц и количеством крупнопылеватой фракции по горизонтам.

Если соотношение между названными (наименее изменёнными в процессе почвообразования) фракциями по профилю почвы остается примерно постоянным, можно предполагать исходную однородность гранулометрического состава и оглинение средней части профиля связывать с почвообразующими умму сами.

Если отношения между крупными фракциями сильно варьируют, весьма вероятно исходная неоднородность почвообразующей толщи наносов. Например, широко распространено образование почв на двучленных наносах: верхняя часть профиля формируется в слое покровного безвалунного суглинка, а средняя и нижняя части – в толще, более тяжелой по гранулометрическому составу, но в то же время обогащённой каменистым материалом морены.

Когда установлено, что дифференциация профиля по гранулометрическому составу – следствие почвообразования, можно рассчитать степень дифференциации (или степень контрастности) почвенного профиля по гранулометрическому составу. Для этого берут отношение содержания фракции ила в иллювиальном горизонте к содержанию его в горизонте элювиальном, наиболее обеднённом илистой фракцией. Для разделения почв по степени дифференциации профиля принимают во внимание следующие количественные критерии:

<u>Содержание фракции ила (%) в горизонте В</u>	Степень
Содержание фракции ила (%) в горизонте А (А <sub>2</sub> )	дифференциации профиля
1,2 – 1,5	Слабо дифференцирован
1,5 – 2,0	Средне дифференцирован
2,0 – 3,0	Сильно дифференцирован
> 3,0	Очень сильно дифференцирован

**Оцените степень дифференциации профилей почв Брянской области используя данные таблицы 6 и запишите Ваше заключение в тетрадь.**

Гранулометрический состав почв является интегральной характеристикой их пригодности для растений. Об отношении растений к гранулометрическому составу почв можно судить по данным таблицы 7.

В различных природных зонах отношение растений к гранулометрическому составу сильно изменяется в зависимости от условий увлажнения и теплообеспеченности.

7. Отношение растений к гранулометрическому составу почв  
(по В.Ф. Валькову)

Растения, предпочитающие почвы:			
песчаные и супесчаные	средне- и легкосуглинистые	структурные тяжелосуглинистые и глинистые	малоструктурные и слитые тяжелосуглинистые и глинистые
Озимая рожь	Сорго	Пшеница	Кукуруза
Рожь	Овес	Ячмень	Люцерна
Картофель	Просо	Кукуруза	Слива
Тыква	Рожь	Рожь	Вишня
Сераделла	Гречиха	Лен	Пырей
Эспарцет	Ячмень	Сахарная свекла	Донник
Люцерна желтая	Горох	Конопля	Люцерна синегибридная
	Томат	Клевер	
	Картофель	Слива	
	Яблоня	Вишня	

Сопоставляя многочисленные данные по гранулометрическому составу почв и урожайности зерновых культур в различных природных зонах, профессор Н.А. Качинский разработал десятибалльную систему оценки основных типов и подтипов почв (табл. 8).

8. Бонитировка различных почв по гранулометрическому составу для хлебных злаков (по Н. А. Качинскому)

Почва	Оценка почв по гранулометрическому составу, баллы						
	Глинистые	Тяжелосуглинистые	Среднесуглинистые	Легкосуглинистые	Супесчаные	Песчаные мелкозернистые, связанные	Песчаные крупнозернистые, рыхлые
Подзолисто-глеевые	4	6	8	10	8	5	3
Подзолистые	5	6	8	10	7	5	3
Дерново-подзолистые	6	7	10	8	6	4	2
Серые лесные	8	10	9	7	6	4	2
Чернозёмы типичные	10	9	8	6	4	3	1

Чернозёмы южные	9	10	8	7	5	3	1
Тёмно-каштановые	8	10	9	7	6	3	1
Каштановые	7	9	10	8	6	3	1
Бурые	7	8	10	7	5	2	1
Серозёмы	8	10	9	7	5	3	2
Краснозёмы и желтозёмы	10	9	7	6	4	-	-
Желтозёмно-подзолистые	8	9	10	9	6	4	2

Наиболее высоким бонитетом среди подзолистых почв характеризуются легкосуглинистые разновидности, довольно близки к ним супесчаные в переувлажненных и холодных районах. Данные категории почв более теплые, лучше прогреваются, более водопроницаемы, созревают раньше, чем глинистые и тяжелосуглинистые, легче обрабатываются. На более южных дерново-подзолистых почвах наивысший бонитет отмечается у среднесуглинистых разновидностей. Из серых лесных высшую оценку получают тяжелосуглинистые почвы, из черноземов – глинистые разновидности, наиболее гумусированные и оструктуренные, где негативные стороны высокого содержания глинистых частиц компенсируются их хорошей агрегатированностью. Это происходит и в сероземах, обладающих карбонатностью, и в красных и желтых аллитных почвах с железистой агрегатностью.

**Используя таблицы 7 и 8, дайте агроэкологическую оценку анализируемой почвы и запишите её в тетрадь по форме таблицы 9.**

#### 9. Агроэкологическая оценка анализируемой почвы

Гранулометрический состав анализируемой почвы	Агроэкологическая оценка почвы	Перечень мероприятий по улучшению

### **ЗАДАНИЯ**

#### **ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ**

##### **Теоретический материал.**

Выучить по рекомендуемой литературе и конспекту лекций темы: «Химический состав и пищевой режим почв».

##### **К лабораторно-практическому занятию 3.**

Законспектировать и знать ход определения валового химического состава минеральной части почв и его генетической и агроэкологической оценки.

#### **ОСНОВНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Как изменяется по профилю химический состав почв по сравнению с их материнскими породами?
2. Какие горизонты почв особенно отличаются по химическому составу?
3. Сколько в почве минеральных веществ?
4. Сколько в почве органических веществ?

5. Назовите два химических элемента, значительно преобладающих в почвах.
6. Количество каких химических элементов резко возрастает в почвах по сравнению с их материнскими породами?
7. Сколько химических элементов, необходимо для полноценного питания растений?
8. Назовите химические элементы, являющиеся важнейшими органогенами.
9. В каких веществах почвы сосредоточен углерод?
10. Какое валовое содержание азота в почвах?
11. В какой форме азот доступен растениям?
12. Как в естественных условиях пополняется в почве содержание доступных для растений форм азота?
13. Какое валовое содержание  $P_2O$  в почвах?
14. В почвах какого гранулометрического состава содержится меньше всего фосфора?
15. Какое валовое содержание  $K_2O$  в почвах?
16. Какое валовое содержание  $CaO$  или  $MgO$  в бескарбонатных суглинистых почвах?
17. В каких соединениях находится  $CaO$  или  $MgO$  в бескарбонатных суглинистых почвах?
18. Какое валовое содержание  $Na_2O$  в почвах?
19. Как влияет на физические и химические свойства почв присутствие натрия в повышенном количестве в составе подвижных соединений?
20. Какое валовое содержание  $Fe_2O_3$  в почвах?
21. В каких соединениях находится в почве железо?
22. Какое валовое содержание  $SO_3$  в почвах?
23. В каких соединениях находится в почве сера?
24. Какое валовое содержание  $MnO$  в почвах?
25. В каких соединениях находится в почве марганец?
26. Какое валовое содержание  $SiO_2$  в почвах?
27. В каких соединениях находится в почве кремний?
28. Какое валовое содержание  $Al_2O_3$  в почвах?
29. В каких соединениях находится в почве алюминий?
30. Что представляют собой микроэлементы и рассеянные химические элементы почвы?
31. Что представляют собой пищевой режим почвы?

### **ЗАНЯТИЕ 3**

## **ВАЛОВОЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОЧВ, ЕГО ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА**

### План занятия

1. Контроль выполнения заданий для самостоятельной внеаудиторной работы студентов к занятию 3.
2. Изучение определения валового химического состава почвы.
3. Расчётная часть.
4. Генетическая и агроэкологическая оценка результатов работы.

## **ИЗУЧЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВАЛОВОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОЧВ**

### Методические указания

В большинстве типов почв в валовом составе преобладают оксиды кремния ( $SiO_2$ ). Содержание их в среднем составляет 60-80 %, с колебаниями от 30

в ферраллитных почвах тропиков до 97 % в песчаных почвах. На долю полуторных оксидов ( $R_2O_3$ ), основную часть которых составляют  $Fe_2O_3$  и  $Al_2O_3$ , приходится в среднем 15-20 %, с колебаниями от 1-2 % в песчаных почвах до 50 % и более в ферраллитных почвах тропиков. Валовое содержание оксидов кальция, магния, калия и натрия в сумме составляет 5-6 %, с колебаниями от 1% в песчаных до 20 % и более в засоленных и карбонатных почвах. Содержание остальных оксидов ( $P_2O_5$ ,  $SO_3$ ,  $TiO_2$  и др.) в сумме составляет около 1 %.

Характеристика валового состава почвы основывается на данных валового анализа, который дает представление об элементном составе почвы. Он включает данные о содержании гумуса, азота, элементов, входящих в состав минеральной части почвы и содержании в почве  $CO_2$  карбонатов. Количество отдельных элементов, содержание органического вещества (гумуса), распределение компонентов минеральной и органической части почвы по её профилю позволяют судить о генезисе почвы, процессах, формирующих её горизонты, а также о потенциальном плодородии.

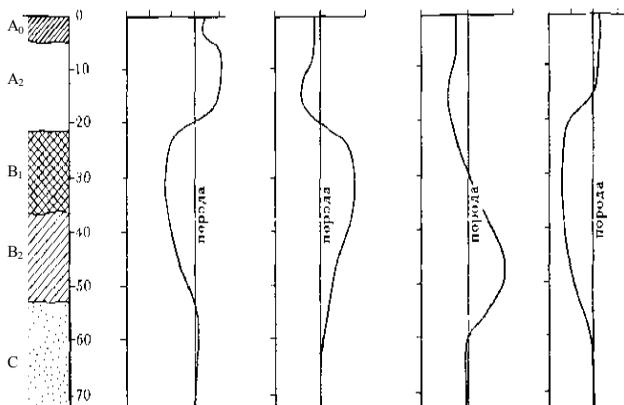
**Принцип определения.** Основная масса химических элементов находится в кристаллической решетке первичных и вторичных минералов. Чтобы определить их содержание различными методами, необходимо перевести определяемые элементы в раствор. Для этого проводят сплавление почвы при температуре 700-900°C в муфельной печи. Поскольку температура плавления большей части минералов составляет 1200-1800°C, то для её снижения при сплавлении в почву добавляют углекислые и сернокислые соли калия и натрия. Образующиеся щелочные соли кремниевой кислоты растворяют в  $HCl$  и затем определяют химические элементы известными методами.

Валовой химический состав минеральной части почв принято выражать в виде процентного содержания оксидов на сухую, прокаленную, безгумусную или бескарбонатную навески. Пересчеты на безгумусную, бескарбонатную и прокаленную почву необходимы для суждения о перераспределении элементов в профиле почв под воздействием почвообразовательного процесса.

Содержание оксидов, выраженное в процентах на прокаленную бескарбонатную почву, сопоставляют по профилю почвы и сравнивают с содержанием их в почвообразующей породе. Это позволяет установить, какие изменения произошли в химическом составе исходной породы при почвообразовании, дифференцируются ли генетические горизонты почв по валовому химическому составу и, если эта дифференциация наблюдается, то какие именно химические элементы накапливаются или выносятся в том или ином горизонте (рис. 2).

Горизонты, см	$SiO_2$				0	$Al_2O_3$			0	$Fe_2O_3$		$SiO_2:R_2O_3$					
	50	65	70	80%		10	20%	5		10%	4	8	12	16			

Рис. 2.  
Распределение  
валового  
содержания  
 $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$



и молекулярного  
отношения  
 $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$   
по профилю  
подзолистой почвы  
(по М.А. Глазовской)

### РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ

1. Рассчитайте молекулярное отношение  $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$  и запишите его в тетрадь в форме таблицы 10.

10. Валовой химический состав почв Брянской области,  
% на прокалённую почву (по Е.В. Просянкину)

Генетический горизонт и его глубина, см	Потеря при прокаливании	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	MgO	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{SO}_3$	MnO	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Естественная экосистема (Клинцовский район).</b> Почва среднерезервно-глубокоподзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях												
A <sub>1</sub>	2-15	5,3	87,0	6,41	1,01	0,4	0,3	1,7	2,24	0,24	0,2	0,1
A <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	15-34	1,7	88,1	6,01	0,85	0,3	0,3	1,6	2,31	0,13	0,1	0,1
A <sub>2</sub>	34-65	0,9	89,1	5,72	0,78	0,3	0,2	1,6	1,82	0,05	0,1	0,0
B	65-115	1,1	82,0	9,80	2,21	0,6	0,8	2,5	1,42	0,07	0,0	0,1
C	115-162	0,3	89,6	5,59	1,11	0,3	0,4	1,5	1,20	0,03	0,0	0,1
Д	162-180	0,3	93,4	3,26	0,35	0,2	0,1	1,1	1,47	0,02	0,0	0,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Интенсивная агроэкосистема (Клинцовский район).</b> Почва окультуренная дерново-глубокоподзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях												
A <sub>п</sub>	0-30	2,6	87,0	6,46	1,01	0,5	0,3	1,7	2,16	0,20	0,1	0,1
A <sub>2</sub>	30-54	0,6	88,3	5,98	0,92	0,4	0,3	1,9	1,66	0,09	0,1	0,0
<b>Естественная экосистема (Стародубский район).</b> Почва серая лесная глубоковскипающая среднесуглинистая на карбонатном лессовидном суглинке												

A <sub>1</sub>	1-16	6,7	81,0	9,29	2,25	1,1	0,7	2,6	1,44	0,20	0,1	0,1	
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	16-29	3,7	82,0	9,40	2,22	1,0	0,7	2,5	1,23	0,17	0,1	0,1	
BA <sub>2</sub>	29-49	3,4	79,5	11,24	2,86	0,9	1,0	2,6	1,00	0,11	0,0	0,1	
B	49-75	2,1	81,2	10,04	2,41	0,9	0,8	2,6	1,27	0,09	0,0	0,1	
BC	75-106	1,8	80,7	9,54	2,19	0,9	0,9	2,5	2,63	0,10	0,0	0,1	
C <sub>K</sub>	106-123	6,4	77,4	8,23	1,66	5,9	1,4	2,4	2,10	0,12	0,1	0,1	
<b>Интенсивная агроэкосистема (Стародубский район).</b> Почва серая лесная глубококовскипающая легкосуглинистая на карбонатном лессовидном суглинке													
A <sub>п</sub>	0-30	4,9	80,5	9,43	2,42	1,1	0,7	2,5	2,27	0,25	0,1	0,1	
BA <sub>2</sub>	30-51	4,0	80,9	9,56	2,46	1,0	0,7	2,5	1,72	0,21	0,1	0,1	

2. Пересчитайте содержание оксидов в химические элементы, используя данные валового химического состава минеральной части нескольких контрастных почв Брянской области, представленные в таблице 10 и коэффициенты пересчёта из таблицы 11. Запишите полученные данные в тетрадь в форме таблицы 12.

11. Коэффициенты пересчёта оксидов в химические элементы  
(по Е.В. Аринушкиной)

SiO <sub>2</sub>	Si	0,467
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al	0,529
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe	0,699
CaO	Ca	0,715
MgO	Mg	0,603
K <sub>2</sub> O	K	0,830
Na <sub>2</sub> O	Na	0,742
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P	0,436
SO <sub>3</sub>	S	0,400
MnO	Mn	0,774

3. По образцу рисунка 2 в тетради построить график распределения валового содержания SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и молекулярного отношения SiO<sub>2</sub>/R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> по профилю почв Брянской области, используя данные таблицы 10.

12. Валовое содержание химических элементов в минеральной части почв  
Брянской области (в граммах на 100 г прокалённой почвы)  
и их плотность (по Е.В. Просянкину), г/см<sup>3</sup>

Генетический горизонт и его глубина, см	Si	Al	Fe	Ca	Mg	K	Na	P	S	Mn	Плотность почвы
<b>Естественная экосистема.</b> Почва среднерново-глубокоподзолистая супесчаная											

на флювиогляциальных отложениях (Клинцовский район)											
A <sub>1</sub>	2-15										1,49
A <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	15-34										1,67
A <sub>2</sub>	34-65										1,68
B	65-115										1,73
C	115-162										1,84
D	162-180										1,86
<b>Интенсивная агроэкосистема.</b> Почва окультуренная дерново-глубокоподзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях (Клинцовский район)											
A <sub>п</sub>	0-30										1,64
A <sub>2</sub>	30-54										1,77
<b>Естественная экосистема.</b> Почва серая лесная легкосуглинистая на карбонатном лёссовидном суглинке (Стародубский район)											
A <sub>1</sub>	1-16										1,23
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	16-29										1,38
BA <sub>2</sub>	29-49										1,44
B	49-75										1,37
BC	75-106										1,38
C <sub>к</sub>	106-123										1,36
<b>Интенсивная агроэкосистема.</b> Почва серая лесная легкосуглинистая на карбонатном лёссовидном суглинке (Стародубский район)											
A <sub>п</sub>	0-30										1,48
BA <sub>2</sub>	30-51										1,53

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ВАЛОВОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОЧВ

### Методические указания

При генетической оценке различия в валовом химическом составе минеральной части отдельных генетических горизонтов почвенного профиля, при однородной почвообразующей породе, используют для суждений о химических преобразованиях породы и дифференциации профиля в процессе почвообразования. Для этого данные валового анализа минеральной части почвы оценить по следующим основным направлениям.

1. По величине молярного отношения  $SiO_2 : R_2O_3$  ( $Al_2O_3$  и  $Fe_2O_3$ ) в почве. Оно даёт представление о типе кор выветривания, на которых развита данная почва. Если это отношение  $< 2$ , то это аллитные коры, 2,0-2,5 – ферраллитные, 2,5-3,0 – феррсиаллитные и  $> 3,0$  – сиаллитные.

Определенную информацию о почвообразующих породах даёт и абсолютное содержание отдельных элементов. Так, высокое содержание  $SiO_2$  (до 95 %) свидетельствует о развитии почвы на песчаных породах с большим содержанием кварца; повышенное количество  $R_2O_3$  (30-50 %) – о формировании почв на ферраллитных породах; содержание карбонатов до 30-40 % и более указывает на развитие почв на известковых отложениях.

**Сопоставьте данные валового химического состава минеральной части почв Брянской области, представленные в таблице 10, с валовым составом их почвообразующих пород. Запишите Ваше заключение в тетрадь.**

2. *По распределению  $\text{SiO}_2$  и  $\text{R}_2\text{O}_3$  в профиле почвы.* Позволяет судить о наличии или отсутствии процессов разрушения почвенных минералов. Дифференциация почвенного профиля по этим компонентам может быть также следствием внутрипочвенного выветривания или развития лессиважа.

Чаще всего наблюдается два типа распределения валового содержания  $\text{SiO}_2$  и  $\text{R}_2\text{O}_3$  по профилю почв, развитых на однородных породах.

Первый – равномерное распределение, без какой-либо существенной дифференциации. Оно свойственно почвам степного типа почвообразования. Их генезис, прежде всего, связан с гумусово-аккумулятивным процессом и для них нехарактерно разрушение почвенных минералов (за исключением солонцеватых и осолоделых родов).

Второй – дифференцированное распределение с обеднением верхних горизонтов  $\text{R}_2\text{O}_3$  и обогащением их  $\text{SiO}_2$ . Вниз по профилю содержание  $\text{R}_2\text{O}_3$  возрастает и может наблюдаться их максимум в иллювиальной части профиля. Такое перераспределение отчетливо выражено в почвах, образование которых связано с развитием процессов оподзоливания, лессиважа, осолодения, солонцового и элювиально-глеевого. Обогащение средней части профиля  $\text{R}_2\text{O}_3$  может быть обусловлено также процессом внутрипочвенного выветривания (оглинения).

**Охарактеризуйте и запишите в тетрадь распределение  $\text{SiO}_2$  и  $\text{R}_2\text{O}_3$  по профилю почв Брянской области с помощью данных таблицы 10 и сделанного Вами рисунка.**

3. *По валовому содержанию фосфора, калия, серы и некоторых других элементов,* что позволяет оценить потенциальное богатство почвы наиболее важными элементами питания растений. Имея показатели плотности почвы, можно вычислить абсолютные запасы элементов на любую глубину профиля почвы или в отдельных её горизонтах, что дает возможность судить о потенциальном плодородии почв, процессах миграции и аккумуляции отдельных элементов.

**Рассчитаете и запишите в тетрадь запасы химических элементов органикогенных в генетических горизонтах почв Брянской области, используя данные таблицы 12 и следующую формулу:**

$$Z = X \cdot d_v \cdot h, \text{ где}$$

Z - запас химического элемента, т/га;

X - содержание химического элемента, %;

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

h - мощность горизонта почвы, см.

**Оцените потенциальное богатство почвы наиболее важными химическими элементами питания растений и запишите в тетрадь.**

## ЗАДАНИЯ

### ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ

#### Теоретический материал.

Выучить по рекомендуемой литературе тему: «Почвенная биота, роль отдельных её групп в трансформации минеральной части почв, превращении азота и органических веществ».

#### К лабораторно-практическому занятию 4.

Законспектировать и знать ход определения содержания и расчёт запасов форм азота в почве, их агроэкологическую оценку.

### ОСНОВНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Назовите организмы, которые составляют 99 % живого вещества Земли.
2. Какие группы организмов определяют характер биологического круговорота вещества и энергии?
3. Что является главной функцией растений в биосфере и в почвообразовании?
4. Перечислите растительные формации.
5. Какие показатели используют для характеристики биологического круговорота веществ и роли растений в почвообразовании?
6. Что такое общая биомасса (фитомасса) растений?
7. Что такое зольность растений?
8. Какие растительные формации образуют самую большую общую биомассу (фитомассу)?
9. Назовите растительную формацию, в которой значительная часть азота и зольных элементов исключается из биологического круговорота веществ.
10. Назовите растительную формацию, в которой значительная часть опада поступает в форме корней в верхние горизонты почв.
11. Назовите фамилию основателя учения о растительных формациях.
12. Благодаря жизнедеятельности каких организмов в почве накапливаются биофильные элементы (азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера и др.)?
13. Главная функция животных в биосфере и в почвообразовании?
14. Сколько процентов составляет биомасса почвенных животных от фитомассы растений?
15. На сколько групп делят все почвенные организмы по размерам особей?
16. Назовите группу почвенных животных, к которой принадлежат земляные черви, моллюски, муравьи?
17. Назовите группу почвенных животных, к которой принадлежат крупные насекомые, скорпионы, кроты, грызуны, лисы, барсуки?
18. Как называют зону почвы, находящуюся непосредственно около корней растений?
19. Назовите самую многочисленную группу микроорганизмов в почве.
20. С составом и численностью в почве каких организмов наиболее тесно связана её ферментативная активность?
21. Назовите Рн почвенной среды, оптимальный для роста большинства бактерий, актиномицетов и почвенных грибов?
22. Назовите температурный оптимум для большинства почвенных микроорганизмов?
23. Что является интегральным показателем биологической активности почвы?
24. Назовите и охарактеризуйте соединения азота в почве.
25. Сколько азота содержится в гумусе?
26. Что характеризует общий запас азота в почве?
27. Что характеризует обеспеченность растений азотом в пахотном горизонте почвы?
28. Сколько процентов от общего азота в почве составляют его минеральные формы?
29. Из каких соединений в почве образуется аммоний?

30. В какой форме преобладает в почве аммоний?
31. Почему нитриты в почве содержатся в малом количестве?
32. В какой форме находятся в почве нитраты?
33. Что является в почве ближайшим источником минеральных соединений азота?
34. В чём заключается принцип метода определения содержания в почве общего азота?
35. В чём заключается принцип метода определения содержания в почве легкогидролизуемого азота?
36. В чём заключается принцип метода определения содержания в почве обменного аммонийного азота?
37. В чём заключается принцип метода определения содержания в почве нитратного азота?

## **ЗАНЯТИЕ 4**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ И РАСЧЁТ ЗАПАСА АЗОТА В ПОЧВЕ**

#### План занятия

1. Контроль выполнения заданий для самостоятельной внеаудиторной работы студентов к занятию 4.
2. Освоить принцип метода определения содержания в почве общего азота и рассчитать его запас.
3. Освоить принцип метода определения содержания в почве легкогидролизуемого азота и рассчитать его запас.
4. Освоить принцип метода определения содержания в почве азота обменного аммония и рассчитать его запас.
5. Освоить принцип метода определения содержания в почве азота нитратов, определить активности анионов  $\text{NO}_3^-$ , рассчитать содержание  $\text{N-NO}_3$  и его запас.
6. Дать агроэкологическую оценку содержанию и запасу азота в почве.

### **ФОРМЫ АЗОТА В ПОЧВЕ**

#### Методические указания

Азот – важнейший органогенный элемент. Но его валовое содержание в поверхностном горизонте почв менее 1 %. Оно тесно связано с гумусом. Содержание азота в гумусе варьирует от 3 до 8 %, а в Нечернозёмной зоне РФ – около 5 %. Вниз по почвенному профилю количество его, как и гумуса, снижается. Накопление азота так же, как и накопление гумуса, характеризует почвообразовательный процесс, обусловленный биологическим круговоротом веществ. В почвах наблюдается определенное отношение C : N, которое служит показателем обогащённости гумуса азотом. Общий запас азота в почве является показателем её потенциального плодородия.

В почве 97-99 % азота находится в виде различных органических соединений, в форме которых азот непосредственно не доступен для питания растений. Поэтому об обеспеченности растений азотом судят по содержанию в пахотном горизонте почвы минеральных соединений азота.

Минеральные соединения азота в пахотном горизонте составляют большую часть (1-5 %) от общего содержания азота в почве. Эти соединения представлены аммонием ( $\text{NH}_4$ ), нитритами ( $\text{NO}_2$ ), нитратами ( $\text{NO}_3$ ).

Основным природным резервом, поставляющим растениям минеральный азот, является органическое вещество почвы. В результате жизнедеятельности микроорганизмов, использующих органическое вещество почвы как источник энергии, происходит аммонификация азотсодержащих органических веществ. Значительная часть освободившегося при этом аммония подвергается нитрификации с образованием сначала солей азотистой кислоты – нитритов, а затем солей азотной кислоты – нитратов.

Аммоний присутствует в почвах в форме водорастворимых солей, обменного аммония, фиксированного (необменного) аммония. Среди этих форм преобладает обменный аммоний.

Нитриты присутствуют в почве в незначительном количестве, так как в процессе нитрификации быстро превращаются в нитраты.

Нитраты находятся в почве в виде водорастворимых солей и поэтому очень подвижны. Их количество в почве подвержено большим колебаниям. Из пахотного горизонта почв, особенно лёгкого гранулометрического состава, нитраты могут легко вымываться атмосферными осадками и поливными водами в нижележащие горизонты.

Основными источниками азотного питания растений являются нитраты и обменный аммоний. Содержание минеральных форм азота в почвах весьма лабильно и зависит от целого ряда факторов: интенсивности микробиологических процессов – аммонификации, нитрификации, денитрификации, азотфиксации и других, гранулометрического состава и физико-химических свойств почв; гидротермических условий периода вегетации растений; вида выращиваемых растений. Поэтому определение минеральных форм азота в почвенных образцах устанавливает их содержание только для срока взятия образца, но не даёт представления об обеспеченности растения почвенным азотом в течение вегетации. В связи с этим, минеральный азот в почве, как правило, определяют несколько раз за период вегетации растений, т.е. в динамике. Это позволяет рассчитать или корректировать дозы и сроки внесения азотных удобрений, проведение подкормок растений азотом.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ В ПОЧВЕ ОБЩЕГО АЗОТА ПО КЬЕЛЬДАЛЮ И РАСЧЁТ ЕГО ЗАПАСА**

Метод основан на разложении органических веществ почвы концентрированной серной кислотой при кипячении, в результате чего аминный азот ( $\text{NH}_2$ ), входящий в состав органических соединений почвы, переходит в аммиачную форму и задерживается серной кислотой в виде сернокислого аммония. По количеству образовавшегося сернокислого аммония определяют количество общего азота в почве.

Используя данные содержания общего азота, приведённые в таблице 13, рассчитайте его запасы по нижеприведённой формуле и запишите в тетрадь в форме таблицы 13.

$$Z = X \cdot d_v \cdot h, \text{ где}$$

$Z$  - запас общего азота, т/га;  $d_v$  - плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;  
 $X$  - содержание общего азота, %;  $h$  - мощность слоя почвы, см.

### 13. Содержание и запас общего азота в почвах (по Е.В. Просянникову)

Генетический горизонт и его глубина, см	Содержание общего азота, %	Запас общего азота, т/га	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>
<b>Естественная экосистема.</b> Почва среднедерново-глубокоподзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях (Клинцовский район)			
A <sub>1</sub> 2-15	0,10		1,49
A <sub>2</sub> A <sub>1</sub> 15-34	0,04		1,67
<b>Интенсивная агроэкосистема.</b> Почва окультуренная дерново-глубокоподзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях (Клинцовский район)			
A <sub>п</sub> 0-30	0,06		1,64
<b>Естественная экосистема.</b> Почва серая лесная легкосуглинистая на карбонатном лёссовидном суглинке (Стародубский район)			
A <sub>1</sub> 1-16	0,13		1,23
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> 16-29	0,08		1,38
<b>Интенсивная агроэкосистема.</b> Почва серая лесная легкосуглинистая на карбонатном лёссовидном суглинке (Стародубский район)			
A <sub>п</sub> 0-30	0,10		1,48

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ В ПОЧВЕ ЛЕГКОГИДРОЛИЗУЕМОГО АЗОТА ПО ТЮРИНУ – КОНОНОВОЙ И РАСЧЁТ ЕГО ЗАПАСА

Азот легкогидролизуемых соединений гумусовых веществ переводят в раствор воздействием на почву 0,5 н. раствором серной кислоты в соотношении 1 : 5. В гидролизат переходят амиды и аминокислоты, входящие в состав гумуса, а также минеральные соединения азота.

Поскольку азот легкогидролизуемых органических веществ почвы быстро минерализуется, а потому становится доступным для питания растений, считают, что они являются ближайшим потенциальным источником минеральных соединений азота.

Используя данные содержания легкогидролизуемого азота, приведённые в таблице 14, рассчитайте его запас по нижеприведённой формуле и запишите в тетрадь в форме таблицы 14.

$$Z = X \cdot d_v \cdot h, \text{ где}$$

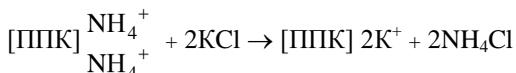
$Z$  - запас легкогидролизуемого азота, кг/га;  $d_v$  - плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;  
 $X$  - содержание легкогидролизуемого азота, мг на 100 г почвы;  $h$  - мощность слоя почвы, см.

#### 14. Содержание и запас легкогидролизуемого азота в почвах (по Е.В. Просянникову)

Генетический горизонт и его глубина, см	Содержание легкогидролизуемого азота, мг на 100 г почвы	Запас легкогидролизуемого азота, кг/га	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>
<b>Естественная экосистема.</b>			
Почва среднедерново-глубокоподзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях (Клинцовский район)			
A <sub>1</sub> 2-15	9,79		1,49
A <sub>2</sub> A <sub>1</sub> 15-34	6,99		1,67
<b>Интенсивная агроэкосистема.</b>			
Почва окультуренная дерново-глубокоподзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях (Клинцовский район)			
0-30	6,52		1,64
<b>Естественная экосистема. Почва серая лесная легкосуглинистая на карбонатном лёссовидном суглинке (Стародубский район)</b>			
A <sub>1</sub> 1-16	9,78		1,23
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> 16-29	7,45		1,38
<b>Интенсивная агроэкосистема. Почва серая лесная легкосуглинистая на карбонатном лёссовидном суглинке (Стародубский район)</b>			
A <sub>II</sub> 0-30	7,38		1,48

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ В ПОЧВЕ АЗОТА ОБМЕННОГО АММОНИЯ И РАСЧЁТ ЕГО ЗАПАСА

Принцип метода заключается в вытеснении азота обменного аммония (N-NH<sub>4</sub>) из почвенного поглощающего комплекса (ППК) катионами калия или натрия:



Образовавшийся хлорид аммония при взаимодействии с реактивом Несслера в щелочной среде образует комплексное соединение оранжевого цвета. Интенсивность полученной окраски пропорциональна содержанию аммония в растворе. Окрашенный раствор колориметрируют на спектрофотометре.

Используя данные содержания азота обменного аммония, приведённые в таблице 15, рассчитайте его запасы по нижеприведённой формуле и запишите в тетрадь в форме таблицы 15.

$$Z = X \cdot d_v \cdot h, \text{ где}$$

Z - запас азота обменного аммония, кг/га;  $d_v$  - плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;  
X - содержание азота обменного аммония, мг на 100 г почвы; h - мощность слоя почвы, см.

#### 15. Содержание и запас азота обменного аммония в почвах

Генетический горизонт и его глубина, см	Содержание азота обменного аммония, мг на 100 г почвы	Запас азота обменного аммония, кг/га	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>
<b>Естественная экосистема.</b> Почва среднетерново-глубокоподзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях (Клинцовский район)			
A <sub>1</sub>	2-15	1,52	1,49
A <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	15-34	0,49	1,67
<b>Интенсивная агроэкосистема.</b> Почва окультуренная дерново-глубокоподзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях (Клинцовский район)			
A <sub>п</sub>	0-30	2,09	1,64
<b>Естественная экосистема.</b> Почва серая лесная легкосуглинистая на карбонатном лёссовидном суглинке (Стародубский район)			
A <sub>1</sub>	1-16	2,78	1,23
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	16-29	1,45	1,38
<b>Интенсивная агроэкосистема.</b> Почва серая лесная легкосуглинистая на карбонатном лёссовидном суглинке (Стародубский район)			
A <sub>п</sub>	0-30	3,38	1,48

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ В ПОЧВЕ $\text{PnO}_3^-$ ,

#### РАСЧЁТ СОДЕРЖАНИЯ АЗОТА НИТРАТОВ ( $\text{N-NO}_3$ ) И ЕГО ЗАПАСА

**Принцип метода** основан на извлечении нитрат-ионов ( $\text{NO}_3^-$ ) из почвы 1%-ным раствором алюмокалиевых квасцов при соотношении почва : раствор 1 : 2,5 и последующем определении  $\text{PnO}_3^-$  с помощью ионоселективного электрода в солевой суспензии.

Ионоселективный электрод можно использовать для определения нитратов во всех почвах, кроме засоленных.

**Реактивы:** 1 %-ный раствор алюмокалиевых квасцов  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ , ч.д.а.; исходный раствор  $\text{KNO}_3$  концентрации 0,1 моль/дм<sup>3</sup> (0,1 н.) – 10,11 г соли  $\text{KNO}_3$ , предварительно перекристаллизованной и высушенной при температуре 100-105 °С до постоянной массы, отвешивают с точностью 0,01 г на аналитических весах, растворяют в 1%-ном растворе алюмокалиевых квасцов в колбе вместимостью 1000 см<sup>3</sup> и доводят объём до метки этим же растворителем. Далее из него пу-

тём разбавления 1%-ном раствором алюмокалиевых квасцов готовят стандартные растворы с концентрацией 0,01 М ( $\text{Pno}_3^- = 2$ ); 0,001 М ( $\text{Pno}_3^- = 3$ ); 0,0001 М ( $\text{Pno}_3^- = 4$ )  $\text{KNO}_3$ . Растворы хранят в холодильнике в течение месяца.

**Посуда:** банки или химические стаканы вместимостью 100 см<sup>3</sup>, мерный цилиндр на 50 см<sup>3</sup>.

**Оборудование:** Почвенное сито с отверстиями 2 мм, весы технические quadrantные, прибор М 120 с ионоселективным нитратным и вспомогательным хлорсеребряным электродами. За неделю перед работой хлорсеребряный электрод сравнения заполняют насыщенным раствором КС1 и выдерживают в нём в течение суток.

В нерабочее время нитратный ионоселективным электрод хранят в растворе 10<sup>-3</sup> М  $\text{KNO}_3$ , а электрод сравнения – в дистиллированной воде. Следует помнить, что если при измерении стандартных растворов разность показаний на приборе между двумя растворами меньше 48-50 Мв, то электрод находится в нерабочем **состоя** ум. Электрод имеет линейную функцию в диапазоне  $\text{Pno}_3$  1-4 с наклоном 54-56±Мв на единицу  $\text{Pno}_3$  (отрицательный десятичный логарифм активности нитратных ионов).

**Ход анализа.** Пробу сухой почвы, просеянной через сито с отверстиями диаметром 2 мм массой 20 г помещают в банки или химические стаканы вместимостью 100 см<sup>3</sup>, добавляют 50 см<sup>3</sup> 1%-ного раствора алюмокалиевых квасцов и перемешивают в течение 3 мин.

Измерение активности нитрат-иона в Мв. При работе на приборе М 120 нитратный электрод подключить к гнезду «INPUT, G.E.», вспомогательный хлорсеребряный электрод – к гнезду «INPUT, R.E.».

Нажать кнопку «ZERO». Включить прибор в сеть и прогреть 10 минут.

Выбрать род работы, нажатием кнопки «Мв».

В три химических стакана вместимостью 100 см<sup>3</sup> налить по 50 см<sup>3</sup> стандартных растворов с концентрацией 0,01 М; 0,001 М и 0,0001 М  $\text{KNO}_3$ . Измерить в них активность нитрат-иона в единицах Мв. После каждого измерения электроды промыть дистиллированной водой и промокнуть фильтровальной бумагой. По полученным данным построить калибровочный график на миллиметровой бумаге в координатах  $\text{Pno}_3^-$  – ось ординат, Мв – ось абсцисс.

Электроды поместить в анализируемую суспензию. Измеряют активность нитрат-иона в единицах Мв. Отжать кнопку «ZERO». Через 2-3 минуты снять показания с прибора. Нажать кнопку «ZERO», при этом показания с прибора удаляются. Электроды вынуть из суспензии, промыть дистиллированной водой, промокнуть фильтровальной бумагой и поместить в следующую суспензию.

**Вычисление результатов.** По калибровочному графику определить  $\text{Pno}_3^-$  исследуемой суспензии и рассчитать содержание нитратного азота ( $\text{N-NO}_3$ ) в почве по следующей формуле:

$$X = \frac{10^{-\text{PNO}_3} \cdot 14 \cdot V \cdot 10^3}{m}, \text{ где}$$

X – содержание азота нитратов, мг на 1 кг почвы;

$10^{-P_{NO_3^-}}$  – отрицательный десятичный логарифм активности нитрат-ионов  $\alpha_{NO_3^-}$ ;  
14 – атомная масса азота, г;  
V – объём экстрагирующего раствора, см<sup>3</sup>;

$10^3$  – коэффициент перевода в мг; m – масса почвы, г.

Запишите полученные данные в тетрадь в форме таблицы 16, заполните другие ячейки этой таблицы ранее полученными данными и рассчитайте запас азота нитратов по нижеприведённой формуле:

$$Z = X \cdot d_v \cdot h, \text{ где}$$

Z - запас азота нитратов, кг/га;

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

X - содержание азота нитратов, мг на 100 г почвы;

h - мощность слоя почвы, см.

### 16. Содержание и запас азота нитратов в почвах

Генетический горизонт и его глубина, см	Содержание азота нитратов, мг на 100 г почвы	Запас азота нитратов, кг/га	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>
<b>Естественная экосистема. Почва дерново-подзолистая</b>			
<b>Интенсивная агроэкосистема. Почва дерново-подзолистая</b>			
<b>Естественная экосистема. Почва серая лесная</b>			
<b>Интенсивная агроэкосистема. Почва серая лесная</b>			

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ И ЗАПАСА АЗОТА В ПОЧВАХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Данные по запасам форм азота в почвах из таблиц 13, 14, 15, 16 перепишите в тетрадь в форме сводной таблицы 17, произведите необходимые расчёты для заполнения всех ячеек таблицы и запишите свои выводы по соотношению различных форм азота в почвах Брянской области.

### 17. Сводная таблица соотношений различных форм азота в почвах Брянской области

Генетический горизонт и его глубина, см	Азот									
	общий	легкогидролизуемый		обменного аммония		нитратов		NH <sub>4</sub> + NO <sub>3</sub>		
		т/га	т/га	% от общего	т/га	% от NH <sub>4</sub> + NO <sub>3</sub>	т/га	% от NH <sub>4</sub> + NO <sub>3</sub>	т/га	%
									от общего	от легкогидролизуемого
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Естественная экосистема. Почва дерново-подзолистая</b>										
A <sub>1</sub>	2-15									
A <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	15-34									
<b>Интенсивная агроэкосистема. Почва дерново-подзолистая</b>										
A <sub>п</sub>	0-30									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Естественная экосистема. Почва серая лесная</b>										
A <sub>1</sub>	1-16									
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	16-29									
<b>Интенсивная агроэкосистема. Почва серая лесная</b>										
A <sub>II</sub>	0-30									

Дайте оценку обеспеченности почв Брянской области легкогидролизуемым азотом, используя данные таблицы 18.

18. Обеспеченность почв легкогидролизуемым азотом, мг/100 г почвы

Обеспеченность азотом	pH < 5			pH 5-6			pH > 6		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Очень низкая	< 4	< 5	< 7	< 3	< 4	< 6	< 3	< 4	< 5
Низкая	< 5	< 7	< 10	< 4	< 6	< 8	< 4	< 5	< 7
Средняя	5-7	7-10	10-14	4-6	6-8	8-12	4-5	5-7	7-10
Высокая	> 7	> 10	> 14	> 6	> 8	> 12	> 5	> 7	> 10

*Примечание.* 1 – для зерновых культур; 2 – для картофеля и корнеплодов; 3 – для овощных культур.

Запишите Ваше экспертное заключение в тетрадь.

### **ЗАДАНИЯ** **ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ**

#### **Теоретический материал.**

Выучить по рекомендуемой литературе тему: «Фосфор в почве».

#### **К лабораторно-практическому занятию 5.**

Законспектировать и знать ход определения содержания и расчёт запаса фосфора в почве, их агроэкологическую оценку.

### **ОСНОВНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Назовите основные источники фосфора в почве.
2. Назовите и охарактеризуйте соединения фосфора в почве.
3. Какие фосфаты преобладают в кислых почвах?
4. Какие фосфаты преобладают в почвах с нейтральной и щелочной реакцией среды?
5. После чего становится доступным растениям фосфор, находящийся в составе органических соединений почвы?
6. После чего становится доступным растениям фосфор, находящийся в составе минеральных соединений?
7. Какая реакция почвенной среды наиболее благоприятна для усвоения фосфатов растениями?
8. В чём заключается принцип метода определения содержания в почве валового фосфора?
9. В чём заключается принцип метода определения содержания легкорастворимых фосфатов по А.Г. Кирсанову?

## ЗАНЯТИЕ 5

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ И РАСЧЁТ ЗАПАСА ФОСФОРА В ПОЧВЕ

#### План занятия

1. Контроль выполнения заданий для самостоятельной внеаудиторной работы студентов к занятию 5.
2. Изучить принцип метода определения содержания в почве валового фосфора и рассчитать его запас.
3. Определить содержание в почве легкорастворимого фосфора по А.Г. Кирсанову и рассчитать его запас.
4. Дать агроэкологическую оценку полученным результатам.

#### Методические указания

Валовое содержание фосфора в пахотном горизонте почв 0,2 % и менее, а его запас 6 т/га и менее. Основным источником фосфора в почвах служат труднорастворимые минералы группы апатита.

В почве фосфор находится в форме минеральных и органических соединений. Органические соединения представлены нуклеиновыми кислотами, нуклеопротеидами, сахарофосфатами, гумусовыми веществами и др. Минеральные соединения фосфора содержатся в почвах в виде солей кальция, магния, железа и алюминия ортофосфорной кислоты, в поглощенном состоянии – в виде фосфат-иона, а также в составе минералов апатита, фосфорита и вивианита. В почвах с кислой реакцией среды преобладают фосфаты железа и алюминия, с нейтральной и слабощелочной – фосфаты кальция.

Основная часть как органических, так и минеральных соединений фосфора в почвах недоступна растениям. Фосфор в составе органических соединений становится доступным после их минерализации, с участием ферментов фосфолитаз, фосфатаз, фитаз и др. Мобилизация фосфора из минеральных соединений происходит в основном под действием кислот, продуцируемых микроорганизмами. Наиболее благоприятная реакция среды для усвоения фосфат-ионов растениями – слабокислая (рН 6-6,5).

Современные представления о фосфатном режиме почв основаны на том, что растения поглощают фосфор в основном в форме орто-фосфатов, содержащихся непосредственно в почвенном растворе. Переход фосфатов из твердой фазы почвы в почвенный раствор – процесс динамичный, зависящий от целого ряда внешних и внутренних факторов: запаса всех форм природных фосфатов в соединениях разной степени прочности; остаточного количества фосфора от ранее внесенных удобрений; ёмкости поглощения почв в отношении фосфат-ионов; условий, влияющих на процесс трансформации фосфатов (температура, влажность, степень кислотности, катионный состав ППК и т. д.); деятельности корневой системы растений и других факторов.

Для характеристики обеспеченности почв природными зонами фосфором, умтупным для питания растений, используют различные вытяжки в связи с реакцией почвенной среды (от кислой до щелочной) и наличием карбонатов.

Для анализа почв Нечернозёмной зоны используют метод А.Г. Кирсанова.

Группировка почв по содержанию легкорастворимых фосфатов зависит от требований культур к уровню обеспеченности элементом питания и выноса его с урожаем.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ В ПОЧВЕ ВАЛОВОГО ФОСФОРА И РАСЧЁТ ЕГО ЗАПАСА

Для определения содержания в почве валового фосфора используют весовой и колориметрический методы. Содержание фосфора при весовом методе определяют, осаждая его из раствора магниальной смесью или  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ . По Лоренцу, фосфор осаждают сульфатмолибденовой жидкостью.

Все колориметрические и спектрометрические определения фосфора основаны на образовании окрашенных или светопоглощающих растворов при реакции фосфора с молибденовокислыми соединениями  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  при дополнительном введении некоторых участвующих в реакции веществ ( $\text{SnCl}_2$  и др.).

Используя данные содержания валового фосфора, приведённые в таблице 19, рассчитайте его запас по нижеприведённой формуле и запишите в тетрадь в форме таблицы 19.

$$Z = X \cdot d_v \cdot h, \text{ где}$$

Z - запас валового фосфора, т/га;  $d_v$  - плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;  
X - содержание валового фосфора, %; h - мощность слоя почвы, см.

#### 19. Содержание и запас валового фосфора в почвах (по Е.В. Просьянникову)

Генетический горизонт и его глубина, см	Содержание валового фосфора, %	Запас валового фосфора, т/га	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>
<b>Естественная экосистема.</b>			
Почва среднедерново-глубокоподзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях (Клинцовский район)			
A <sub>1</sub>	2-15	0,24	1,49
A <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	15-34	0,13	1,67
<b>Интенсивная агроэкосистема.</b>			
Почва окультуренная дерново-глубокоподзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях (Клинцовский район)			
A <sub>п</sub>	0-30	0,20	1,64
<b>Естественная экосистема. Почва серая лесная легкосуглинистая на карбонатном лёссовидном суглинке (Стародубский район)</b>			
A <sub>1</sub>	1-16	0,20	1,23
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	16-29	0,17	1,38
<b>Интенсивная агроэкосистема. Почва серая лесная легкосуглинистая на карбонатном лёссовидном суглинке (Стародубский район)</b>			
A <sub>п</sub>	0-30	0,25	1,48

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ В ПОЧВЕ ЛЕГКОРАСТВОРИМОГО ФОСФОРА ПО А.Г. КИРСАНОВУ И РАСЧЁТ ЕГО ЗАПАСА

**Принцип метода** основан на извлечении фосфора из почвы 0,2 н раствором HCl при соотношении почва : раствор 1 : 5. В вытяжку переходят фосфаты кальция и магния, а также некоторая часть фосфатов полуторных оксидов.

**Реактивы, посуда, оборудование:** 0,2 н раствор HCl, 2,5 % раствор молибдата аммония; 2,5 % раствор SnCl<sub>2</sub>, образцовый раствор P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, конические колбы на 100 мл; мерные колбы на 50 мл; воронка, пипетка на 5 мл, цилиндр мерный на 50 мл, весы технические квадрантные, **фотоэлектроколориметр КФК**.

**Ход анализа.** На технических квадрантных весах взвесить 5 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито 1 мм, поместить в колбу на 100 мл и прилить мерным цилиндром 25 мл 0,2 н HCl. Взболтать 1 минуту, дать отстояться 10-15 мин, отфильтровать, взять пипеткой 2 мл прозрачного фильтрата и поместить в мерную колбу на 50 мл.

Разбавить фильтрат в мерной колбе дистиллированной водой до 30-40 мл. После этого в колбу прилить 2 мл 2,5 %-ного раствора молибдата аммония, перемешать, добавить 3 капли 2,5 %-ного раствора SnCl<sub>2</sub>, довести до метки и вновь перемешать. Раствор окрасится в синий цвет. Интенсивность окраски прямо пропорциональна содержанию в вытяжке P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Через 5-7 мин интенсивность окраски оценить с помощью **фотоэлектроколориметра** с красным светофильтром при 650 нм.

### **Построение шкалы стандартных растворов P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.**

Готовят крепкий образцовый раствор фосфата, для чего на аналитических весах отвешивают 0,192 г однозамещенного фосфата калия с точностью до 0,001 г, растворяют в 0,2 н HCl и доводят объём в мерной колбе до 1000 см<sup>3</sup>. Полученный раствор содержит в 1 мл 0,1 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Результаты, выраженные в миллиграмм-эквивалентах на 100 г (мг-экв/100 г), в миллимолях эквивалентов на 100 г почвы (ммоль(экв)/100 г) и в сантиметрах эквивалентов на килограмм почвы (смоль(экв)/кг) численно равны.**

Для получения рабочего образцового раствора фосфата взять 20 мл образцового раствора, поместить в мерную колбу на 200 мл и довести до метки дистиллированной водой. Полученный раствор содержит в 1 мл 0,01 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Объёмы рабочих образцовых растворов, соответствующие 0,005; 0,025; 0,05; 0,075; 0,1; 0,15 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в 50 мл, окрашивают точно также как и испытуемый раствор и просматривают на фотоколориметре:

Объём исходного раствора фосфата, мл	0,5	2,5	5	7,5	10	15
Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг\100 мл фильтрата	0,01	0,05	0,10	0,15	0,20	0,3

### **Порядок работы на фотоэлектроколориметре КФК:**

1. Включить прибор в сеть и прогреть в течение 30 минут.
2. Ручкой "Нуль" установить при закрытой заслонке нулевое положение на шкале миллиамперметра.
3. Налить исследуемый раствор в стеклянную кювету и установить её в правый световой пучок. В две другие кюветы такого же размера налить ди-

стиллированную воду, одну поместить в левый световой пучок, а другую в свободное гнездо правого держателя.

4. Измерительный барабан установить на нулевое деление красной шкалы.
5. Открыть заслонку и левым барабаном установить стрелку миллиамперметра на "0".
6. Устанавливаем кювету с растворителем в световой пучок.
7. Правым барабаном привести показания миллиамперметра к "0".
8. Результаты анализа снять с правого барабана по левой красной шкале и записать в тетрадь.

По данным, полученным при колориметрировании рабочих образцовых растворов, на миллиметровой бумаге строят калибровочный график, с помощью которого определяют содержание  $P_2O_5$  во взятом для анализа объёме фильтрата.

**Вычисление результатов анализа:**

$$X = \frac{a \cdot V \cdot K_{H_2O} \cdot 100}{c \cdot b}, \text{ где}$$

- X – содержание  $P_2O_5$ , мг на 100 г почвы;  
 a – количество  $P_2O_5$  в 50 мл фильтрата, мг (с графика);  
 V – количество 0,2 н HCl, взятое для приготовления вытяжки, мл;  
 $K_{H_2O}$  – коэффициент гигроскопичности;  
 100 – коэффициент пересчёта на 100 г почвы;  
 c – навеска воздушно-сухой почвы, г;  
 b – количество фильтрата, взятое для фотоэлектроколориметрирования.

Запишите полученные данные в тетрадь в форме таблицы 20, заполните другие ячейки этой таблицы ранее полученными данными и рассчитайте запас легкорастворимого фосфора по нижеприведённой формуле:

$$Z = X \cdot d_v \cdot h, \text{ где}$$

- Z - запас легкорастворимого фосфора, кг/га;  $d_v$  - плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;  
 X - содержание легкорастворимого фосфора, мг на 100 г почвы; h - мощность слоя почвы, см.

**20. Содержание и запас легкорастворимого фосфора в почвах**

Генетический горизонт и его глубина, см	Содержание легкорастворимого фосфора, мг на 100 г почвы	Запас легкорастворимого фосфора, кг/га	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>
<b>Естественная экосистема. Почва дерново-подзолистая</b>			
<b>Интенсивная агроэкосистема. Почва дерново-подзолистая</b>			
<b>Естественная экосистема. Почва серая лесная</b>			

<b>Интенсивная агроэкосистема. Почва серая лесная</b>			

### АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ И ЗАПАСА ФОСФОРА В ПОЧВАХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Данные по запасам форм фосфора в почвах из таблиц 19, 20 перепишите в тетрадь в форме сводной таблицы 21, произведите необходимые расчёты для заполнения всех ячеек таблицы и запишите свои выводы по соотношению форм фосфора в почвах Брянской области.

21. Сводная таблица соотношений форм фосфора  
в почвах Брянской области

Генетический горизонт и его глубина, см	Фосфор		
	валовой	легкорастворимый	
	т/га	т/га	% от валового
<b>Естественная экосистема. Почва дерново-подзолистая.</b>			
<b>Интенсивная агроэкосистема. Почва дерново-подзолистая.</b>			
<b>Естественная экосистема. Почва серая лесная.</b>			
<b>Интенсивная агроэкосистема. Почва серая лесная.</b>			

Дайте оценку обеспеченности почв Брянской области легкорастворимым фосфором, используя данные таблиц 22 и 23.

22. Группировка дерново-подзолистых и серых лесных почв  
по содержанию легкорастворимого фосфора

Обеспеченность	$P_2O_5$ , мг/100 г почвы
Очень низкая	< 2,5
Низкая	2,5-5
Средняя	5-10
Повышенная	10-15
Высокая	15-25
Очень высокая	> 25

23. Обеспеченность подвижным фосфором,  $P_2O_5$  мг/100 г почвы

Степень обеспеченности	Зерновые, зернобобовые	Корнеплоды, картофель	Овощные и технические культуры
Очень низкая	< 3	< 8	< 15
Низкая	< 8	< 15	< 20

Средняя	8-15	15-20	20-30
Высокая	> 15	> 20	> 30

Запишите Ваше экспертное заключение в тетрадь.

### **ЗАДАНИЯ** **ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ**

#### **Теоретический материал.**

Выучить по рекомендуемой литературе тему: «Калий в почве».

#### **К лабораторно-практическому занятию 6.**

Законспектировать и знать ход определения содержания и расчёт запаса калия в почве, их агроэкологическую оценку.

### **ОСНОВНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Назовите основные источники калия в почве.
2. Назвать и охарактеризовать соединения калия в почве.
3. Как изменяется валовое содержание калия в зависимости от гранулометрического состава почвы?
4. В составе каких соединений почвы присутствует основная масса калия?
5. Как называют калий, содержащийся в почвенном поглощающем комплексе почвы?
6. В какой форме калий является основным источником калийного питания растений?
7. Сколько процентов составляет обменный калий от валового содержания калия?
8. В чём заключается принцип метода определения содержания обменного калия по А.Г. Кирсанову?

## **ЗАНЯТИЕ 6** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ И РАСЧЁТ ЗАПАСА** **КАЛИЯ В ПОЧВЕ**

### **План занятия**

1. Контроль выполнения заданий для самостоятельной внеаудиторной работы студентов к занятию 6.
2. Рассчитать запас валового калия в почвах Брянской области.
3. Определить содержание в почве обменного калия по А.Г. Кирсанову и рассчитать его запас.
4. Дать агроэкологическую оценку полученным результатам.

### **Методические указания**

Валовое содержание калия ( $K_2O$ ) в пахотном горизонте почв составляет 0,5-3 %. В тяжёлых почвах его больше, а в лёгких – меньше.

Основная часть калия в почве входит в состав кристаллической решетки первичных и вторичных минералов в малодоступной для растений форме. Некоторые из этих минералов, такие как биотит и мусковит, отдают калий довольно легко и могут служить источником мобилизации доступного калия.

Калий также содержится в ППК в поглощенном состоянии (обменный и необменный) и в форме простых солей. В форме простых солей он легкодоступен растениям, но доля его незначительна. Основным источником калия

для растений является обменный калий. Он составляет 0,5-2,5 % валового. Его доступность тем больше, чем выше степень насыщенности им почв. Необменный (фиксированный) калий труднодоступен. Однако между обменным и необменным калием в почве существует определенное равновесие. При потреблении обменного калия его запасы пополняются за счет необменного. При наличии значительной доли калия в малодоступной форме растения испытывают в нем недостаток.

Оптимизация калийного питания достигается внесением органических и минеральных удобрений, химическими мелиорациями, мероприятиями, направленными на увеличение емкости катионного обмена почв и др.

Используя данные содержания валового калия, приведённые в таблице 24, рассчитайте его запас по нижеприведённой формуле и запишите в тетрадь в форме таблицы 24.

$$Z = X \cdot d_v \cdot h, \text{ где}$$

Z - запас валового калия, т/га;

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

X - содержание валового калия, %;

h - мощность слоя почвы, см.

#### 24. Содержание и запас валового калия в почвах (по Е.В. Просьянникову)

Генетический горизонт и его глубина, см	Содержание валового калия, %	Запас валового калия, т/га	Плотность <sub>3</sub> почвы, г/см <sup>3</sup>
<b>Естественная экосистема.</b>			
Почва среднедерново-глубокоподзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях (Клинцовский район)			
A <sub>1</sub>	2-15	1,7	1,49
A <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	15-34	1,6	1,67
<b>Интенсивная агроэкосистема.</b>			
Почва окультуренная дерново-глубокоподзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях (Клинцовский район)			
A <sub>п</sub>	0-30	1,7	1,64
<b>Естественная экосистема. Почва серая лесная легкосуглинистая на карбонатном лёссовидном суглинке (Стародубский район)</b>			
A <sub>1</sub>	1-16	2,6	1,23
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	16-29	2,5	1,38
<b>Интенсивная агроэкосистема. Почва серая лесная легкосуглинистая на карбонатном лёссовидном суглинке (Стародубский район)</b>			
A <sub>п</sub>	0-30	2,5	1,48

Методы определения обменного калия дифференцированы по зонам в связи с разной реакцией среды и наличием в почвах карбонатов. В кислых почвах Не-черноземной России обменный калий определяют в вытяжке А.Г. Кирсанова.

**Принцип метода** основан на извлечении обменного калия из почвы 0,2 н раствором HCl при соотношении почва : раствор 1 : 5.

**Реактивы, посуда, оборудование:** образцовый раствор  $K_2O$ , мерные колбы на 100 мл; пламенный фотометр ПАЖ-2.

**Ход работы.** Для определения  $K_2O$  использовать вытяжку, приготовленную при определении  $P_2O_5$ . В ней содержание  $K_2O$  устанавливают с помощью пламенного фотометра ПАЖ-2.

#### **Построение шкалы стандартных растворов $K_2O$ .**

Готовят образцовый раствор калия с содержанием  $K_2O$  1 мг/мл. Навеску 1,583 г х. ч.  $KCl$ , высушенного до постоянного веса при температуре  $105^\circ C$ , поместить в мерную колбу ёмкостью 1 л. Растворить в 400–500 мл дистиллированной воды, довести раствор до метки и перемешать. Для получения рабочего образцового раствора отмерять бюреткой основной эталонный раствор в мерные колбы ёмкостью 100 мл в следующих количествах:

Количество основного эталонного раствора, мл	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0
Содержание $K_2O$ , мг/л	5	10	20	50	100

Прибавить в колбы дистиллированную воду до метки, хорошо перемешать и использовать их для калибровки пламенного фотометра.

#### **Порядок работы на пламенном фотометре ПАЖ-2:**

1. Установить органы управления в исходное положение: «Газ» - закрыто; «Шторка» - закрыто (ручка задвинута внутрь); «Смещение шкалы» и «Постоянная времени» - в не нажатом состоянии.
2. Включить прибор на 30 минут.
3. Установить электрический нуль: в «Смещение шкалы» нажать кнопку «0», в «Постоянная времени» нажать кнопку «20», ручкой «Нуль» точно и грубо установить «0» на шкале.
4. Включить компрессор ( $0,8 \text{ кг/см}^2$ ) и зажечь газ, открыть шторку, поставить под капилляр стаканчик с дистиллированной водой.
5. Установить фотометрический «0» по 0,2 н раствору  $HCl$ , ручкой «Диафрагма» совместить указатель с нулем по шкале прибора.
6. Произвести фотометрирование образцового раствора с максимальной концентрацией и провести калибровку шкалы – ручкой «Чувств.» грубо и точно совместить стрелку с отметкой «100».
7. После каждого измерения капилляр промыть дистиллированной водой.
8. Фотометрирование проводить в порядке возрастания концентрации образцовых растворов, построить калибровочный график на миллиметровой бумаге.
9. Провести фотометрирование вытяжки из почвы и по графику определить содержание  $K_2O$ .
10. В конце работы промыть ПАЖ-2 этанолом.

#### **Вычисление результатов анализа:**

$$X = \frac{a \cdot V \cdot K_{H_2O} \cdot 100}{c \cdot 1000}, \text{ где}$$

X – содержание  $K_2O$ , мг на 100 г почвы; а – количество  $K_2O$  мг/л (с графика);  
 V – количество 0,2 н HCl, взятое для приготовления вытяжки, мл;  
 $K_{H_2O}$  – коэффициент гигроскопичности;  
 100 – коэффициент пересчёта на 100 г почвы;  
 с – навеска воздушно-сухой почвы, г; 1000 – коэффициент пересчёта на 1 мл.

Запишите полученные данные в тетрадь в форме таблицы 25, заполните другие ячейки этой таблицы ранее полученными данными и рассчитайте запас обменного калия по нижеприведённой формуле:

$$Z = X \cdot d_v \cdot h, \text{ где}$$

Z - запас обменного калия, кг/га;  $d_v$  - плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;  
 X - содержание обменного калия, мг на 100 г почвы; h - мощность слоя почвы, см.

### 25. Содержание и запас обменного калия в почвах

Генетический горизонт и его глубина, см	Содержание обменного калия, мг на 100 г почвы	Запас обменного калия, кг/га	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>
<b>Естественная экосистема. Почва дерново-подзолистая</b>			
<b>Интенсивная агроэкосистема. Почва дерново-подзолистая</b>			
<b>Естественная экосистема. Почва серая лесная</b>			
<b>Интенсивная агроэкосистема. Почва серая лесная</b>			

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Данные по запасам форм калия в почвах из таблиц 24, 25 перепишите в тетрадь в форме сводной таблицы 26, произведите необходимые расчёты для заполнения всех ячеек таблицы и запишите свои выводы по соотношению форм калия в почвах Брянской области.

### 26. Сводная таблица соотношений форм калия в почвах Брянской области

Генетический горизонт и его глубина, см	Калий		
	валовой	обменный	
	т/га	т/га	% от валового
<b>Естественная экосистема. Почва дерново-подзолистая.</b>			
<b>Интенсивная агроэкосистема. Почва дерново-подзолистая.</b>			

<b>Естественная экосистема. Почва серая лесная.</b>			
<b>Интенсивная агроэкосистема. Почва серая лесная.</b>			

Дайте экспертную агроэкологическую оценку содержания  $K_2O$  в почвах Брянской области используя данные табл. 26, 27, 28 и запишите её в тетрадь.

27. Группировка почв по содержанию обменного калия

Обеспеченность	Дерново-подзолистая и серая лесная	Торфяно-болотная	Оподзоленные и выщелоченные чернозёмы
	$K_2O$ мг на 100 г почвы		
Очень низкая	< 4	< 8,0	< 2,0
Низкая	4-8	8-16	2-4
Средняя	8-12	16-24	4-8
Повышенная	12-17	24-34	8-12
Высокая	17-25	34-60	12-18
Очень высокая	> 25	> 60	> 18

28. Обеспеченность обменным калием,  $K_2O$  мг/100 г почвы

Степень обеспеченности	Зерновые, лён, травы	Корнеплоды, картофель	Овощные, технические культуры
Очень низкая	< 5	< 10	< 15
Низкая	< 10	< 15	< 20
Средняя	10-15	15-20	20-30
Высокая	> 15	> 20	> 30

### **ЗАДАНИЯ**

#### **ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ**

##### **Теоретический материал.**

Выучить по конспекту лекций и рекомендуемой литературе тему: «Органическое вещество почвы».

##### **К лабораторно-практическому занятию 7.**

Законспектировать и знать принцип метода и ход определения содержания в почве гумуса, расчёта его запаса и их агроэкологическую оценку.

#### **ОСНОВНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Что собой представляет органическое вещество почв?
2. Состав органического вещества почв.
3. Значение органического вещества почв.
4. Природные источники образования органического вещества почв и их характеристика.
5. Что такое гумус и какие его основные свойства?
6. Что понимают под гумусовым состоянием почв?
7. Гумусообразование, его факторы и условия.
8. Стадии гумусообразования.

9. Охарактеризуйте каждую стадию гумусообразования.
10. Охарактеризуйте концепции гумификации.
11. Охарактеризуйте формы нахождения гумусовых веществ в почвах.
12. Что понимают под показателем оптимизации гумусообразования?
13. Что понимают под критическим содержанием гумуса?
14. Пути повышения уровня гумусированности пахотных почв.
15. В какой форме находится в почве преобладающее количество гумусовых веществ?
16. Как называют содержание гумуса, при котором существенно ухудшаются агроэкологические свойства почвы?
17. Как называют содержание гумуса, при котором плотность, структурное состояние, физико-механические свойства почвы приближаются к свойствам её материнской породы?
18. Какое критическое содержание гумуса в нечернозёмных и в чернозёмных почвах?
19. На сколько необходимо увеличить среднегодовую норму органических удобрений, чтобы повысить уровень гумусированности почвы на 1 %?

## ЗАНЯТИЕ 7

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ И РАСЧЁТ ЗАПАСА ГУМУСА В ПОЧВЕ, ИХ ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

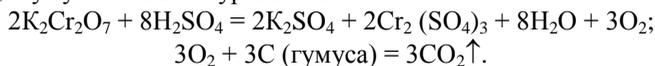
#### План занятия

1. Контроль выполнения заданий для самостоятельной внеаудиторной работы студентов к занятию 7.
2. Определение содержания гумуса в почве по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова.
3. Расчёт запаса гумуса.
4. Генетическая и агроэкологическая оценка гумусового состояния почвы.

#### Методические указания

Гумус – совокупность органических веществ почвы, утративших тканевое строение и более сложных и устойчивых к разложению, чем органические остатки, из которых они образовались. Гумусное состояние почв – совокупность морфологических признаков, общих запасов, свойств органического вещества и процессов его создания, трансформации и миграции в почвенном профиле. Оно служит важным показателем агроэкологического благополучия и плодородия почвы. Основными критериями гумусного состояния почвы являются содержание, запас и групповой состав гумуса.

**Принцип метода.** Метод основан на учёте раствора двуххромовокислого калия ( $K_2Cr_2O_7$ ) в серной кислоте (хромовой смеси), расходуемого на окисление углерода гумуса почвы по уравнению:



**Реактивы, посуда, оборудование:** фарфоровая ступка с пестиком, почвенное сито с диаметром отверстий 0,25 мм, стеклянная или эбонитовая палочка с суконкой, пинцет, торсионные весы, коническая колба на 100 мл, бюретка со стеклянным краном, 0,4 н раствор  $K_2Cr_2O_7$  в серной кислоте, малень-

кая воронка, электрическая плитка, секундомер, фенилантраниловая кислота, 0,2 н раствор соли Мора  $\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

#### Ход анализа.

*Подготовка почвы к определению гумуса.* Среднюю пробу разравнивают тонким слоем на листе бумаги и отбирают все корешки и видимые органические остатки пинцетом. Особенно мелкие корешки отбирают наэлектризованной стеклянной палочкой. Её надо потереть сукном или шерстяной тряпочкой многократно проводят над слоем почвы на высоте 3-5см. Все корешки притягиваются к палочке. Эту операцию нужно проводить осторожно, так как на слишком близком расстоянии к палочке могут притягиваться и приливать не только корешки, но и мелкозём. Для очистки от органических остатков большого количества образцов целесообразно использовать специальное устройство (Е.В. Просянников, ж. «Почвоведение», 1979, № 11. – С. 162-164).

После отбора корешков почву растирают в фарфоровой ступке и просеивают через сито с отверстиями 0,25 мм. Оставшиеся после просеивания на сите песчаные частицы растирают в ступке, просеивают и смешивают со всей растертой почвой.

Из подготовленной для определения гумуса почвы берут навеску 0,1-0,3 г на торсионных весах. Её осторожно переносят в коническую колбу на 100 мл и приливают 10 мл 0,4 н раствора хромовой смеси. Содержимое колбы осторожно перемешивают круговым движением. В горло колбы вставляют уленькую воронку, служащую холодильником, и ставят колбу на электрическую плитку. Кипятят **точно** 5 минут, **не допуская** сильного кипения, выражающегося в бурном выделении крупных пузырьков. Затем содержимое колбы снимают с плитки и охлаждают. Прибавляют в колбу 5-8 капель фенилантраниловой кислоты в качестве индикатора и титруют 0,2 н раствором соли Мора до изменения тёмно-бурой окраски раствора через фиолетовую в грязно-зеленоватую. Когда раствор окрасится в фиолетовый цвет, титровать необходимо очень осторожно, прибавляя раствор соли Мора по одной капле, размешивая титруемую жидкость.

По заданию преподавателя один студент проводит холостое определение, заключающееся в определении количества соли Мора, пошедшего на титрование 10 мл хромовой смеси.

Вычисление результата анализа определения содержания гумуса в почве проводят по формуле:

$$X = \frac{(a - b) \cdot K_m \cdot 0,0010362 \cdot 100 \cdot K_{H2O}}{c}, \text{ где}$$

- $a$  - количество миллилитров 0,2 н соли Мора, израсходованное на титрование 10 мл хромовой смеси в холостом опыте;
- $b$  - количество миллилитров соли Мора, израсходованное на титрование избытка хромовой смеси в опыте с почвой;
- $K_m$  - поправочный коэффициент на концентрацию соли Мора;

0,0010362 - масса (г) гумуса, которую окисляет хромовая смесь, соответствующая 1 мл 0,2 н соли Мора;  
 $K_{H_2O}$  - коэффициент гигроскопичности;  
 $c$  - навеска воздушно-сухой почвы, г.

### РАСЧЁТ ЗАПАСА ГУМУСА

Запас гумуса позволяет оценить агроэкологическое состояние и плодородие почвы. Его рассчитывают по формуле:

$$Z = a \cdot d_v \cdot h, \text{ где}$$

$Z$  - запас гумуса, т/га;  $d_v$  - плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;  
 $a$  - содержание гумуса, %;  $h$  - мощность горизонта почвы, см.

### ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

Для оценки полученных результатов анализа используют таблицы 29 и 30.  
 29. Показатели гумусного состояния почв (по Д.С. Орлову и Л.А. Гришиной)

Оценка гумусного состояния	Содержание гумуса, %	Запасы гумуса в слое 0-20 см, т/га	Запасы гумуса в слое 0-100 см, т/га
Очень высокое	> 10	> 200	> 600
Высокое	6 – 10	150 – 200	400 – 600
Среднее	4 – 6	100 – 150	200 – 400
Низкое	2 – 4	50 – 100	100 – 200
Очень низкое	< 2	< 50	< 100

30. Градации содержания гумуса в основных пахотных почвах (по В.Г. Минееву и др. 1993)

Почва	Содержание гумуса				
	очень низкое	низкое	среднее	повышенное	высокое
Дерново-подзолистая супесчаная	≤ 1,0	1,1-1,5	1,6-2,0	2,1-2,5	> 2,5
суглинистая	≤ 1,5	1,6-2,0	2,1-2,5	2,6-3,0	> 3,0
Дерново-карбонатная суглинистая	≤ 2,0	2,1-2,5	2,6-3,0	3,1-3,5	> 3,5
Светло-серая лесная суглинистая	≤ 1,5	1,6-2,0	2,1-2,5	2,6-3,0	> 3,0
Серая лесная суглинистая	≤ 2,0	2,1-2,5	2,6-3,0	3,1-3,5	> 3,5
Тёмно-серая лесная суглинистая	≤ 3,0	3,1-3,5	3,6-4,0	4,1-4,5	> 4,5

Чернозём оподзоленный тяжелосуглинистый	≤ 4,0	4,1-5,0	5,1-6,0	6,1-7,0	> 7,0
Чернозём типичный тяжелосуглинистый	≤ 6,0	6,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0	> 9,0

Результаты генетической и агроэкологической оценки изучаемой почвы запишите в тетрадь в форме таблицы 31.

31. Агроэкологическая оценка гумусного состояния анализируемой почвы

Содержание гумуса		Запас гумуса		Перечень мероприятий по улучшению гумусового состояния почвы
%	оценка	т/га	оценка	

## **ЗАДАНИЯ** **ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ**

### **Теоретический материал.**

Выучить по конспекту лекций и рекомендуемой литературе тему: «Состав гумуса».

### **К лабораторно-практическому занятию 8.**

1. Законспектировать и знать принцип метода определения группового состава гумуса по методу М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой.
2. Знать ход генетической и агроэкологической оценки результатов умпунового состава гумуса.

### **ОСНОВНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Что такое гумус, его состав и агроэкологическое значение?
2. Что представляют собой ГК, их строение, состав и свойства?
3. Что представляют собой ФК, их строение, состав и свойства?
4. Что представляют собой гумины, их строение, состав и свойства?
5. Качество гумуса, его оценка и регулирование.
6. Что понимают под гумусовым состоянием почвы?
7. Для чего экологи используют параметры гумусового состояния почвы?
8. Что такое гумусфера?

## **ЗАНЯТИЕ 8** **ГРУППОВОЙ СОСАВ ГУМУСА,** **ЕГО ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА**

### План занятия

1. Контроль выполнения заданий для самостоятельной внеаудиторной работы студентов к занятию 8.
2. Изучение принципа метода определения группового состава гумуса по методу М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой.
3. Расчётная часть.
4. Агроэкологическая оценка группового состава гумуса почв Брянской области.

### Методические указания

Гумус включает в себя группу гуминовых кислот (ГК), группу фульвокислот (ФК) и гумины. Все они представляют собой гетерогенные, полидисперсные высокомолекулярные, азотсодержащие, циклические соединения.

Гуминовые кислоты – группа тёмно-окрашенных (от бурой до чёрной) гумусовых кислот, которые хорошо растворяются в щелочных растворах, но не растворяются в минеральных кислотах и в воде. Из щелочных растворов гуминовые кислоты осаждаются водородом минеральных кислот, а также двух-, трехвалентными катионами.

Фульвокислоты – группа светло-окрашенных (от желтой до бурой) гумусовых кислот, сходных по составу и строению с ГК, но имеющих ряд уммуственных отличий, например, хорошо растворимы не только в щелочах, но и в кислотах и в воде.

Гумины – совокупность соединений гуминовых и фульвокислот, прочно связанных с минеральной частью почв.

Качественное соотношение вышеназванных трёх групп соединений называют групповым составом гумуса. Его определяют разными методами. Все они отличаются длительностью и трудоёмкостью. Наиболее распространённым является метод относительно ускоренного определения группового состава гумуса по М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой. Метод разработан для различных минеральных почв.

Почву, подготовленную для анализа, как при определении содержания гумуса по методу И.В. Тюрина, обрабатывают смесью раствора пиррофосфата натрия ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ) и щелочи ( $\text{NaOH}$ ).

В части полученной вытяжки определяют содержание углерода по методу И.В. Тюрина и рассчитывают его содержание в процентах от общего содержания углерода в исходной почве.

В другой части полученной щелочной вытяжки проводят осаждение ГК кислотой ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) и определяют содержание их углерода по методу И.В. Тюрина. Его содержание рассчитывают в процентах от общего содержания углерода в исходной почве.

Содержание углерода ФК определяют по разности между общим содержанием углерода в вытяжке и его содержанием в ГК.

Содержание углерода гуминов рассчитывают по разности между содержанием органического углерода в исходной почве и в вытяжке.

Качественной характеристикой гумуса является отношение углерода гуминовых кислот ( $\text{C}_{\text{ГК}}$ ) к углероду фульвокислот ( $\text{C}_{\text{ФК}}$ ). По этому отношению выделяют 4 типа гумуса: гуматный – более 2, фульватно-гуматный – 1-2, гуматно-фульватный – 0,5-1, фульватный – менее 0,5. Чем это отношение больше, тем выше агроэкологическая оценка качества гумуса.

## РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ

Запишите таблицу 32 в тетрадь. Используя данные, приведённые в ней, произведите необходимые расчёты для заполнения пустых ячеек таблицы.

32. Групповой состав гумуса почв Брянской области (по Е.В. Просянникову)

Генетический горизонт и его глубина, см	Содержание углерода			C <sub>ГК</sub> : C <sub>ФК</sub>	
	общего, % к массе почвы	ГК	ФК		гуминов
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<b>Естественная экосистема.</b> Почва среднерново-глубокоподзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях (Клинцовский район)					
A <sub>1</sub>	2-15	1,2	20	39	41
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
A <sub>2</sub> A <sub>1</sub>	15-34	0,5	30	28	42
<b>Интенсивная агроэкосистема.</b> Почва окультуренная дерново-глубокоподзолистая супесчаная на флювиогляциальных отложениях (Клинцовский район)					
A <sub>П</sub>	0-30	0,8	30	29	41
<b>Естественная экосистема.</b> Почва серая лесная легкосуглинистая на карбонатном лёссовидном суглинке (Стародубский район)					
A <sub>1</sub>	1-16	2,1	44	45	11
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	16-29	1,1	52	33	16
<b>Интенсивная агроэкосистема.</b> Почва серая лесная легкосуглинистая на карбонатном лёссовидном суглинке (Стародубский район)					
A <sub>П</sub>	0-30	1,4	44	35	21

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГРУППОВОГО СОСТАВА ГУМУСА ПОЧВ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Используя данные таблицы 32, проведите экспертную оценку группового состава гумуса основных почв Брянской области в условиях различных экосистем и запишите её в тетрадь.

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ

#### Теоретический материал.

Выучить по конспекту лекций и рекомендуемой литературе тему: «Коллоиды почвы».

#### К лабораторно-практическому занятию 9.

Законспектировать и знать ход выделения из почвы коллоидов, изучения процессов их пептизации и коагуляции, агроэкологической оценки пептизации и коагуляции коллоидов в результате воздействия основных катионов, присутствующих в почвах.

#### ОСНОВНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что представляют собой почвенные коллоиды?
2. Что такое дисперсная коллоидная система?
3. Что такое ацидоиды, базоиды и амфолитоиды?
4. Охарактеризуйте происхождение и строение почвенных коллоидов.
5. Охарактеризуйте свойства почвенных коллоидов.
6. Какие коллоиды преобладают в почвах?

7. Охарактеризуйте процесс пептизации почвенных коллоидов.
8. Опишите процесс коагуляции коллоидов почвы.
9. Что такое седиментация почвенных коллоидов?
10. Что такое гидрофобные и гидрофильные почвенные коллоиды?
11. Что понимают под почвенным поглощающим комплексом?
12. В каком состоянии находятся в почве коллоиды, насыщенные катионами разного заряда?
13. К чему приводит самопроизвольное уменьшение свободной поверхностной энергии почвенных коллоидов?

## **ЗАНЯТИЕ 9**

### **ВЫДЕЛЕНИЕ ИЗ ПОЧВЫ КОЛЛОИДОВ, ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ИХ КОАГУЛЯЦИИ И ПЕПТИЗАЦИИ**

#### План занятия

1. Контроль выполнения заданий для самостоятельной внеаудиторной работы студентов к занятию 9.
2. Выделение почвенных коллоидов, изучение процесса их коагуляции и пептизации.
3. Генетическая и агроэкологическая оценка результатов изучения пептизации и коагуляции коллоидов в результате воздействия основных катионов, присутствующих в почвах.

#### Методические указания

Коллоиды – наиболее дисперсная часть почвы размером  $< 0,0001$  мм. Почвенные коллоиды – двухфазные системы, состоящие из дисперсной фазы (массы коллоидных частиц) и дисперсионной среды (почвенный раствор). Характерными особенностями почвенных коллоидов являются очень большая удельная поверхность и наличие двойного электрического слоя ионов на границе раздела между дисперсной фазой и дисперсионной средой. В зависимости от состава потенциалоопределяющего слоя различают ацидоиды, базоиды и амфолитоиды.

Ацидоиды – отрицательно заряженные коллоиды, содержащие в потенциалоопределяющем слое анионы, а в диффузном – катионы.

Базоиды – положительно заряженные коллоиды, в потенциалоопределяющем слое которых находятся катионы, а в диффузном слое анионы.

Амфолитоиды представляют собой коллоиды способные менять характер диссоциации молекул двойного электрического слоя в зависимости от реакции среды. Поэтому они могут вести себя как базоиды или как ацидоиды.

В почве основная масса коллоидов является ацидоидами, содержит в диффузном слое катионы, способные к обменным реакциям. Присутствуют также амфолитоиды.

По отношению к жидкой фазе коллоиды делятся на гидрофильные и гидрофобные. Гидрофильными называют коллоиды, способные поглощать молекулы воды, которые образуют на их поверхности многослойную плёнку. Этот процесс называют гидратацией коллоидов. Гидрофобные коллоиды практически не гидратируются.

Наличие электрического заряда обуславливает электрокинетические свойства, главнейшими из которых являются коагуляция и пептизация коллоидной системы. Коллоиды могут находиться в двух состояниях: золя (коллоидный раствор) и геля (коллоидный осадок).

Коагуляция – переход коллоида из состояния золя в состояние геля. При этом коллоиды теряют заряд и происходит слипание их в агрегаты. Коагуляция вызывается действием электролитов, ионы которых несут противоположный знак заряда. Ацидоиды коагулируют под влиянием катионов электролита, базоиды – при действии анионов. Коагулирующая способность электролитов не одинакова и зависит от валентности иона и его атомной массы. По коагулирующей способности катионы располагаются в следующий ряд:  $\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{H}^+ < \text{Fe}^{3+} < \text{Al}^{3+}$ , а анионы:  $\text{Cl}^- < \text{SO}_4^{2-} < \text{PO}_4^{3-}$ .

Минимальную концентрацию электролита, при которой наступает коагуляция данного золя, называют пределом коагуляции.

Помимо электролитов, полная или частичная коагуляция коллоидов может осуществляться при взаимодействии двух коллоидных систем, несущих противоположные заряды. Наиболее легко коагулируют гидрофобные коллоиды, гидрофильные – коагулируют труднее вследствие наличия на поверхности водной оболочки. Гели могут быть обратимыми и необратимыми. Обратимые – возвращаются в состояние золя при удалении электролита.

Пептизация – процесс перехода коллоидной системы из состояния геля в золь. Это происходит вследствие восстановления и повышения дзета-потенциала коллоидов. Пептизации почвенных коллоидов происходит при удалении избытка электролита (в случае обратимых гелей) и под воздействием ионов  $\text{OH}^-$ , которые увеличивают заряд ацидоидов. Пептизация почвенных коллоидов происходит также при насыщении почвы высокогидратированными катионами.

Рассмотренные электрокинетические свойства коллоидов имеют большое значение в почвообразовании и экологии. Они обуславливают способность коллоидов к аккумуляции и передвижению в пределах почвенного профиля и формируют аккумулятивные, элювиальные, иллювиальные горизонты почв, которые являются экологическими барьерами.

**Принцип метода.** Метод основан на пептизации почвенных коллоидов раствором пиррофосфата натрия и последующей их коагуляции растворами электролитов различной концентрации.

**Реактивы и посуда:** 4 % раствор пиррофосфата натрия, дистиллированная вода,  $\text{KCl}$  – 0,1н; 0,01н; 0,001н;  $\text{CaCl}_2$  – 0,1н; 0,01н; 0,001н;  $\text{MgCl}_2$  – 0,1н; 0,01н; 0,001н;  $\text{FeCl}_3$  – 0,1н; 0,01н; 0,001н;  $\text{HCl}$  – 0,1н; 0,01н; 0,001н; колбы плоскодонные на 250 мл, воронки на 5-9 см, фильтры, фарфоровая ступка с пестиком, стаканы на 100-150 мл, штатив с пробирками, мерный цилиндр, бюретки для каждого раствора, пипетки на 2 мл.

#### **Ход анализа.**

1. В фарфоровую ступку диаметром 10-12 см помещают 10 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с отверстиями 1мм, прибавляют 5 мл

4 % раствора пиррофосфата натрия. Почву смачивают по каплям до тестообразного состояния и растирают её в течение 5 минут пестиком, затем добавляют остаток пиррофосфата натрия и перемешивают. После этого добавляют воду до состояния суспензии (примерно 50 мл) и хорошо перемешивают.

2. Вылить суспензию на фильтр и профильтровать. Если фильтрата мало или он очень тёмный, его разбавляют дистиллированной водой в 1,5-2 раза.

3. Отмерить пипеткой по 2 мл полученного коллоидного раствора в каждую из 15 пробирок, расположенных в штативе 5 группами по 3 пробирки.

4. Добавить в каждую пробирку с коллоидным раствором 2 мл одного из следующих электролитов:

Электролит	Концентрация раствора		
	0,1н	0,01н	0,001н
KCl	0,1н	0,01н	0,001н
MgCl <sub>2</sub>	0,1н	0,01н	0,001н
CaCl <sub>2</sub>	0,1н	0,01н	0,001н
HCl	0,1н	0,01н	0,001н
FeCl <sub>3</sub>	0,1н	0,01н	0,001н

5. Оставить пробирки с растворами для коагуляции коллоидов на 10-15 минут.

6. Результаты коагуляции коллоидов с раствором каждого электролита отмечают знаком «+», отсутствие коагуляции знаком «-». Степень коагуляции к моменту наблюдения отмечают разным количеством плюсов. Если в пробирке наблюдается помутнение, то ставят один «+», мелкие хлопья во взвешенном состоянии – «++», осадок и светлая жидкость над ним – «+++».

Результаты наблюдений записать в тетрадь по форме таблицы 33.

33. Влияние различных катионов на коагуляцию почвенных коллоидов

Катион	Концентрация раствора электролита		
	0,1н	0,01н	0,001н
K <sup>+</sup>			
Mg <sup>2+</sup>			
Ca <sup>2+</sup>			
H <sup>+</sup>			
Fe <sup>3+</sup>			

### **ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗУЧЕНИЯ ПЕПТИЗАЦИИ И КОАГУЛЯЦИИ КОЛЛОИДОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОСНОВНЫХ КАТИОНОВ, ПРИСУТСТВУЮЩИХ В ПОЧВАХ**

В тетради после табл. 33 расположить катионы, используемые для коагуляции почвенных коллоидов, в два убывающих ряда в зависимости от величины заряда катиона и концентрации раствора электролита.

Дать генетическую и агроэкологическую оценку полученным результатам.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ

### Теоретический материал.

Выучить по конспекту лекций и рекомендуемой литературе тему: «Поглотительная способность почвы».

### К лабораторно-практическому занятию 10.

Законспектировать и знать ход изучения поглощения почвой катионов и анионов, а также влияния насыщенности почвы катионами на реакцию почвенной среды.

### ОСНОВНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Охарактеризуйте понятие «поглотительная способность почвы».
2. Виды поглотительной способности почв по К.К. Гедройцу.
3. Обменная поглотительная способность, её закономерности и практическое значение.
4. Охарактеризуйте основные закономерности обменной сорбции катионов.
5. Каков состав поглощенных катионов в различных почвах?
6. Как поглощенные катионы влияют на свойства почв?
7. Как называют относительное количество катионов, поглощённых почвой при одинаковой их концентрации в растворе?
8. Чем определяется энергия поглощения почвы?
9. Сколько известно последовательных стадий обмена иона почвенного раствора с ионом почвенного поглотительного комплекса?
10. Что такое ёмкость катионного обмена почвы, в каких единицах её измеряют и для чего используют?
11. Что такое сумма обменных оснований, в каких единицах её измеряют и для чего используют?
12. Охарактеризуйте поглощение почвой анионов.
13. Охарактеризуйте свойства почвы при преобладании в ППК катионов натрия, улия, водорода, кальция, алюминия.

## **ЗАНЯТИЕ 10**

### **ИЗУЧЕНИЕ ПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ И ВЛИЯНИЯ НА ЕЁ СВОЙСТВА НАСЫЩЕНИЯ РАЗЛИЧНЫМИ КАТИОНАМИ**

#### План занятия

1. Контроль выполнения заданий для самостоятельной внеаудиторной работы студентов к занятию 10.
2. Изучение поглощения почвой катионов и анионов.
3. Изучение влияния насыщения почвы катионами на реакцию её среды.
4. Агроэкологическая оценка результатов изучения поглотительной способности почвы и влияния насыщения почвы катионами на реакцию её среды.

#### Методические указания

Поглотительная способность почвы – способность поглощать из окружающей среды и удерживать различные вещества, частицы, молекулы, ионы, микроорганизмы.

Поглощение определяют главным образом почвенные коллоиды и частицы предколлоидной фракции (< 1 мкм). Совокупность компонентов, обу-

словливающих поглотительную способность почвы, К.К. Гедройц назвал почвенным поглощающим комплексом (ППК).

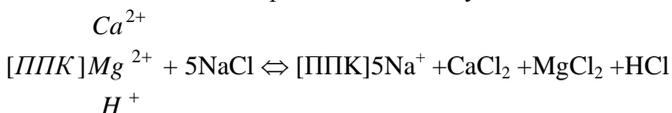
Согласно К.К. Гедройцу различают 5 видов поглотительной способности почвы: механическую, физическую, физико-химическую (обменную), химическую и биологическую. Все они имеют большое экологическое значение.

**Механическая поглотительная способность** – свойство почвы как пористого тела задерживать в своей толще твёрдые частицы, диаметр которых больше диаметра её пор. Почва может задерживать и более мелкие частицы, если они попадают в искривление пор или в замкнутые поры. Механическое поглощение не является сорбционным процессом. Его величина (ёмкость) зависит главным образом от гранулометрического состава и сложения почв.

**Физическая поглотительная способность (адсорбция)** – поглощение целых молекул поверхностью дисперсных, преимущественно коллоидных частиц. Чем больше в почве коллоидных частиц и чем они мельче, тем выше физическая поглотительная способность. Физически поглощаются водяной пар, молекулы газов и твердых веществ, микроорганизмы. Энергия поглощения пара и газов снижается в следующем ряду: водяной пар,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ .

**Физико-химическая (обменная) поглотительная способность** – обуславливает преимущественно поглощение катионов в результате эквивалентного обмена катионов, находящихся в почвенном растворе, на катионы диффузного слоя коллоидов.

Реакция обмена может быть представлена следующей схемой:



Поглощение преимущественно катионов обусловлено тем, что у большинства почв в поглощающем комплексе преобладают ацидоиды (отрицательно заряженные коллоиды), в диффузном слое которых находятся катионы, способные к эквивалентному обмену с катионами почвенного раствора.

Когда в ППК преобладают положительно заряженные коллоиды (базоиды), имеющие в диффузном слое анионы, то обменно поглощаются анионы. Это происходит в кислых, обогащенных полутораоксидами железа и алюминия почвах субтропиков. В них наряду с поглощением катионов активно происходит обменное поглощение анионов. Следует отметить, что обменно-поглощенные катионы и анионы вследствие их аморфных замещений, хемосорбции и других процессов могут закрепляться необменно. Особенно активно необменно поглощаются катионы калия и аммония.

*Физико-химическое поглощение имеет ряд закономерностей.*

1. Обмен катионов почвенного раствора на катионы диффузного слоя коллоидов происходит в строго эквивалентном соотношении.

2. Реакция обмена катионов происходит исключительно быстро (за первые 3-5 мин сорбируется до 85 % катионов), хотя для установления динамич-

ного равновесия между катионами почвенного раствора и диффузного слоя необходимо около 1-3 суток.

3. Энергия поглощения и закрепления катиона в ППК возрастает соответственно с увеличением валентности и атомной массы. Энергия поглощения также определяется радиусом иона: чем меньше радиус, тем плотнее заряд, больше гидратированность иона и слабее энергия поглощения.

По энергии поглощения разновалентные катионы располагаются в следующий ряд:  $\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{Cs}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{Al}^{3+} < \text{Fe}^{3+}$ .

Катионы, имеющие одинаковую валентность, по энергии поглощения выстраиваются в следующие ряды в зависимости от атомной массы (атомного номера): одновалентные –  ${}^7\text{Li} < {}^{25}\text{Na} < {}^{18}\text{NH}_4 < {}^{39}\text{K} < {}^{89}\text{Pb}$ , двухвалентные –  ${}^{27}\text{Mg} < {}^{40}\text{Ca} < {}^{59}\text{Co} < {}^{112}\text{Cd}$ , трехвалентные –  ${}^{27}\text{Al} < {}^{56}\text{Fe}$ .

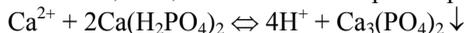
Таким образом, одновалентные катионы натрия и калия поглощаются и удерживаются почвой слабее, чем двухвалентные катионы кальция и магния, а двухвалентные, в свою очередь, слабее, чем трехвалентные катионы железа и алюминия. Исключением из этого правила является ион водорода  $\text{H}^+$ , который поглощается ППК интенсивнее всех других катионов и сорбируется исключительно прочно благодаря малым размерам и способности давать слабодиссоциирующие соединения с рядом анионов.

4. Интенсивность поглощения катионов зависит от концентрации реагирующего с почвой раствора, а при одинаковой концентрации – от количества раствора. Прямой зависимости здесь нет, но чем ниже концентрация раствора, тем более активно поглощаются из него катионы, при этом основная уммса катионов поглощается обменно из первых порций взаимодействующего с почвой раствора.

5. Поглощение и закрепление катионов зависят не только от характера ионов, но и от свойств самой почвы. Например, акад. А.Н. Соколовский обнаружил значительное различие в свойствах ППК чернозёма и солонца, в частности, особую «жадность» солонца к двухвалентным катионам.

**Химическая поглотительная способность (хемосорбция)** – поглощение преимущественно анионов в результате образования труднорастворимых соединений при взаимодействии различных компонентов почвы. Хемосорбция приводит к формированию труднорастворимых солей и комплексных минеральных и органоминеральных соединений, снижая доступность растениям из почвы ряда элементов и особенно фосфора.

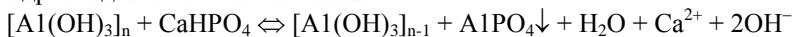
Примером хемосорбции является поглощение  $\text{PO}_4^{3-}$  с образованием труднорастворимых солей с  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  почвенного раствора:



Перевода водорастворимого однозамещённого фосфата кальция, являющегося ценным фосфорным удобрением, в труднорастворимый фосфат кальция относится к первому наиболее распространённому виду хемосорбции.

Вторым видом химического поглощения является осадочная сорбция фосфатов на поверхности почвенных частиц при взаимодействии анионов с

катионами, находящимися в поглощенном состоянии, например на поверхности гидроксидов железа и алюминия:



Третий вид химического поглощения представляет собой комплексобразовательную сорбцию. К ней относят, прежде всего, алюмосиликатно-гумусово-железистые комплексы.

К четвертому виду химического поглощения относят образование при хемосорбционном и адгезионном взаимодействии органоминеральных коллоидов или сорбционного гумусового комплекса (адгезия – склеивание или слипание поверхностей, соприкасающихся друг с другом веществ различных состава и строения). Этот вид поглощения лежит в основе прочного склеивания плёнок гумусовых веществ с поверхностью минеральных коллоидов. Особо следует отметить поглощение фосфатов с помощью механического захвата их аморфным кремнезёмом. Этот процесс называют окклюдированием.

**Биологическая поглотительная способность** – поглощение почвенными микроорганизмами и корнями растений различных веществ из почвенного раствора и воздуха. Например, поглощение азота из воздуха свободно живущими азотфиксаторами и клубеньковыми бактериями, биогенных элементов корнями растений и т. п. При отмирании почвенной биоты и растений накопленные в них элементы остаются в почве. Биологическая поглотительная способность – основа малого биологического круговорота веществ и энергии.

## ИЗУЧЕНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ПОЧВОЙ КАТИОНОВ И АНИОНОВ

**Реактивы.** Для насыщения почвы:  $NaH_2PO_4$  – 0,01н;  $CuSO_4$  – 0,01н;  $Ca(NO_3)_2$  – 0,01н;  $FeCl_3$  – 0,01н; метиловый красный. Для проведения качественных реакций на ионы в капельницах:

Определяемый катион	Оборудование, реактив	Определяемый анион	Реактив
$Na^+$	Спиртовка	$SO_4^{2-}$	$BaCl_2$
$Ca^{2+}$	$CH_3COOH$ $(NH_4)_2C_2O_4$	$PO_4^{3-}$	$AgNO_3$
$Cu^{2+}$	$NH_4OH$	$Cl^-$	$AgNO_3$
$Fe^{3+}$	$K_4[Fe(CN)_6]$	$NO_3^-$	Дифениламин

**Посуда и оборудование:** теххимические весы, воронки (d = 12 см), фильтры, конические колбы на 250 мл, пипетки на 10 мл, проволочная петля, штатив с пробирками, полоски фильтровальной бумаги, иономер И-160М.

**Ход анализа.** На 5 воронок с фильтрами, установленные в конические колбы, помещают по 20 г одной и той же почвы, просеянной сквозь сито с диаметром отверстий 1мм и осторожно приливают 10 мл одного из следующих растворов:

на 1 воронку – NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,01н
на 2 воронку – Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,01н
на 3 воронку – CuSO <sub>4</sub>	0,01н
на 4 воронку – FeCl <sub>3</sub>	0,01н
на 5 воронку – раствор метилового красного.	

Растворы вносят пипеткой по каплям, стараясь не намочить фильтр. Для этого почву на фильтре разгребают к стенкам воронки, чтобы получилось углубление. После насыщения почвы исследуемым раствором, её промывают 2-3 раза по 10-15 мл дистиллированной водой.

Для определения интенсивности поглощения катионов и анионов проводят качественный анализ фильтрата.

*Реакция на Na<sup>+</sup>.* Этот катион окрашивает пламя горелки в интенсивный желтый цвет. Проволочную петлю смочить исследуемым раствором и внести в бесцветное пламя горелки. Появление жёлтой окраски пламени указывает на присутствие в растворе Na<sup>+</sup>.

*Реакция на Ca<sup>2+</sup>.* 3-4 мл исследуемого раствора поместить в пробирку, прибавить 3-4 капли уксусной кислоты. Реакцию среды проверить с помощью метилового красного. Прибавить несколько капель раствора оксалата аммония (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и нагреть на спиртовке. При наличии Ca<sup>2+</sup> выпадает белый кристаллический осадок CaC<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

*Реакция на Cu<sup>2+</sup>.* 3-4 мл исследуемого раствора помещают в пробирку, прибавляют несколько капель водного раствора аммиака NH<sub>4</sub>OH. При наличии Cu<sup>2+</sup> раствор посинеет.

*Реакция на Fe<sup>3+</sup>.* 3-4 мл исследуемого раствора помещают в пробирку, прибавляют несколько капель раствора K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]. При наличии Fe<sup>3+</sup> выпадает синий осадок.

*Реакция на SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.* 3-4 мл исследуемого раствора помещают в пробирку, прибавляют 3-4 капли раствора BaCl<sub>2</sub>. При наличии SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> выпадает белый осадок.

*Реакция на PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>.* 3-4 мл исследуемого раствора помещают в одну пробирку, прибавляют 3-4 капли раствора BaCl<sub>2</sub>. При наличии PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> выпадает белый осадок. 3-4 мл исследуемого раствора помещают в другую пробирку, прибавляют 1-2 капли AgNO<sub>3</sub>, который с анионом PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> образует желтый осадок.

*Реакция на Cl<sup>-</sup>.* 3-4 мл исследуемого раствора помещают в пробирку, прибавляют 1-2 капли AgNO<sub>3</sub>, который с анионом Cl<sup>-</sup> образует белый творожистый осадок.

*Реакция на NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.* увлажняют 1-2 каплями исследуемого раствора полоску фильтровальной бумаги, на мокрое пятно вносят 1-2 капли дифениламина (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>NH, который образует с NO<sub>3</sub><sup>-</sup> интенсивное синее окрашивание по периметру пятна.

Следует также проверить присутствие ионов в пропускаемом через почву исходном растворе. Ионы Na<sup>+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> – обнаруживают в фильтрате качественно, а о степени поглощения почвой метилового красного судят по обесцвечиванию фильтрата.

Если ион с помощью качественной пробы в фильтрате не обнаружили, то в соответствующей графе таблицы записывают «**поглощается полностью**», если ион обнаружили в малых количествах – «**поглощается слабо**», если ион

прошел сквозь почву и обнаружен в фильтрате, то есть не поглотился почвой, в таблице следует записать «не поглощается».

Результаты исследования заносят в тетрадь по форме таблицы 34.

#### 34. Поглощение почвой ионов

Ион, краситель	Поглощение почвой	Ион	Поглощение почвой
Na <sup>+</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
Cu <sup>2+</sup>		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	
Fe <sup>3+</sup>		Cl <sup>-</sup>	
Ca <sup>2+</sup>		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
Метиловый красный			

### ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НАСЫЩЕННОСТИ ПОЧВЫ КАТИОНАМИ НА ЕЁ РЕАКЦИЮ

**Ход анализа.** Почву, оставшуюся на фильтре после проведения предыдущего исследования, промывают примерно 50 мл дистиллированной водой. Измеряют Рн почвенной пасты, находящейся на фильтре, аккуратно помещая в неё электроды Рн-метра. При выполнении этой операции следует соблюдать особую осторожность, чтобы не раздавить стеклянный электрод.

В качестве эталонной реакции среды принимают Рн почвенной пасты, насыщенной метиловым красным. Остальные полученные величины Рн сравнивают с этим эталоном и делают вывод о том, как различные ионы поглощенные почвой, влияют на её реакцию.

Результаты исследования записать в тетрадь в форме таблицы 35.

#### 35. Влияние насыщенности почвы катионами на изменение реакции её среды

Ион	Рн почвенной пасты	Изменение свойств почвы
Метиловый красный (эталон)		
Na <sup>+</sup>		
Cu <sup>2+</sup>		
Fe <sup>3+</sup>		
Ca <sup>2+</sup>		

### ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗУЧЕНИЯ ПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВЫ И ВЛИЯНИЯ НАСЫЩЕНИЯ ПОЧВЫ КАТИОНАМИ НА РЕАКЦИЮ ЕЁ СРЕДЫ

1. В тетради после таблицы 34 охарактеризовать поглощение почвой ионов и сделать практические выводы.

2. В тетради после таблицы 35 охарактеризовать влияние насыщения почвы катионами на изменение реакции её среды и сделать практические выводы.

### **ЗАДАНИЯ**

#### **ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ**

##### **Теоретический материал.**

Выучить по конспекту лекций и рекомендуемой литературе тему: «Физико-химическая характеристика почв».

##### **К лабораторно-практическому занятию 11.**

Законспектировать и знать ход определения актуальной и обменной кислотности почвы.

#### **ОСНОВНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Что обуславливает реакцию почвенной среды?
2. В каких единицах измеряют реакцию почвы?
3. Что такое Рн?
4. Какая реакция среды при Рн более 7, менее 7 и равной 7?
5. Что такое кислотность почвы?
6. Что такое актуальная кислотность почвы?
7. Что такое потенциальная кислотность почвы?
8. Что такое обменная кислотность почвы?
9. Что такое гидролитическая кислотность почвы?
10. Для чего определяют гидролитическую кислотность?
11. Как влияет подзолообразование на почвенные основания и реакцию среды?
12. Как влияет дерновый почвообразовательный процесс на почвенные основания и реакцию среды?
13. Какую реакцию почвенной среды предпочитает большинство культурных растений и полезных почвенных микроорганизмов?
14. Что такое степень насыщенности почвы основаниями, в каких единицах её измеряют и как используют?
15. Назовите основной способ уменьшения почвенной кислотности.
16. Какое свойство почвы обуславливает наличие в почвенном растворе гидролитически щелочных солей?
17. При каких условиях проявляются потенциальная щёлочность и кислотность почвы?
18. Что такое буферность почвы?
19. Агроэкологическое значение степени насыщенности почвы основаниями.
20. Написать реакции взаимодействия химических мелиорантов с кислой и щелочной почвами.
21. Напишите формулу расчёта дозы извести для известкования 1 га пашни; в каких единицах она измеряется?

### **ЗАНЯТИЕ 11**

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТУАЛЬНОЙ И ОБМЕННОЙ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЫ, ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ**

##### **План занятия**

1. Контроль выполнения заданий для самостоятельной внеаудиторной работы студентов к занятию 11.

2. Определение актуальной и обменной кислотности почвы потенциометрическим методом.
3. Генетическая и агроэкологическая оценка результатов определения актуальной и обменной кислотности почвы.

#### Методические указания

Реакция почвы обусловлена наличием и соотношением в жидкой фазе ионов  $H^+$  и  $OH^-$ . Характеризуется она  $pH$  – отрицательным логарифмом активности водородных ионов в растворе. Почвы могут иметь нейтральную ( $pH \approx 7$ ), кислую ( $pH < 7$ ) или щелочную ( $pH > 7$ ) реакцию. Зависит она от действия ряда факторов: химического и минералогического состава, наличия свободных солей, содержания и состава гумуса, почвенного воздуха, влажности почвы, жизнедеятельности организмов.

Различают актуальную и потенциальную кислотность почв в зависимости от того, при каком взаимодействии она проявляется и измеряется.

*Актуальная кислотность* почвы обусловлена наличием водородных ионов в почвенном растворе.

*Потенциальная кислотность* – способность почвы при взаимодействии с растворами солей проявлять кислотные свойства. Различают обменную и гидролитическую формы потенциальной кислотности.

*Обменная кислотность* проявляется при взаимодействии почвы с раствором нейтральной соли. При этом происходит эквивалентный обмен катиона нейтральной соли на ионы, обуславливающие кислотные свойства, которые находятся в ППК. Обычно для определения обменной кислотности почв используют 1 н раствор  $KCl$  ( $pH$  около 6,0).

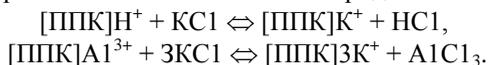
Определение  $pH$  водной и солевой вытяжки является первоочередным приёмом исследования кислых почв.

**Реактивы, материалы и оборудование:** теххимические весы, стаканы на 100 мл, 1 н раствор  $KCl$ , дистиллированная вода,  $pH$ -метр.

#### **Принцип метода.**

Для определения актуальной кислотности почвы получают почвенный раствор путём приготовления водной вытяжки из почвы в соотношении почва : дистиллированная вода 1 : 2,5. В нём определяют активность  $H^+$ .

При взаимодействии почвы, обладающей обменной кислотностью, с раствором  $KCl$  в результате обмена калия на водород в растворе появляется соляная кислота, а при обмене на алюминий – хлорид алюминия:



$AlCl_3$  – соль слабого основания и сильной кислоты, гидролитически расщепляющаяся с образованием соляной кислоты и гидроксида алюминия:



Образующуюся в растворе кислоту оттитровывают щелочью (кислотность выражают в мг-экв/100 г) или определяют по  $pH$  раствора, который в данном случае характеризуется как  $pH_{KCl}$ ). По значениям  $pH$  можно ориентировочно определить роль различных ионов в образовании кислотности. При  $pH$

меньше 4,0 кислотность обусловлена главным образом обменным водородом, при рН от 4,0 до 5,5 – обменным алюминием. В кислых почвах (подзолистые, серые лесные, красноземы)  $pH_{KCl}$  всегда меньше, чем  $pH_{H_2O}$ , поскольку в этих почвах имеется обменный водород и алюминий. Для насыщенных оснований почвы  $pH_{KCl}$  не определяют.

**Ход анализа.** На техникохимических весах взять 2 навески почвы по 4 г и поместить в 2 стакана. В первый прилить 10 мл дистиллированной воды, а во второй 10 мл раствора KCl. Содержимое стаканов перемешать в течение 5 мин, дать отстояться и приступить к измерению рН суспензии на приборе И-160М.

### Подготовка иономеров И-160М к работе

Стеклянный электрод, предназначенный для измерения рН, перед началом работы вымочить в течение 8-10 часов в 0,1 н HCl, а затем тщательно промыть дистиллированной водой. Вспомогательный хлорсеребряный электрод сравнения заполнить насыщенным раствором KCl.

Перед началом работы стеклянный электрод, предназначенный для измерения рН, подключить к гнезду «ИЗМ», вспомогательный хлорсеребряный электрод сравнения – к гнезду «ВСП», термокомпенсатор – к гнезду «ТК». Включить иономер в сеть и прогреть 15 минут.

Нажать клавишу «РЕЖИМ», выбрать пункт меню «НАСТРОЙКА» с помощью управляющих клавиш. Нажать «ВВОД» и далее выполнять указания, появляющиеся на экране прибора. После окончания настройки нажать клавишу «РЕЖИМ». Прибор готов к работе.

### Порядок работы на иономере И-160М

Перед погружением в суспензию электроды промыть дистиллированной водой и промокнуть фильтровальной бумагой.

Погрузить электроды в суспензию, нажать кнопку «РЕЖИМ», через 2-5 минут снять показания и записать их в тетрадь.

Нажать клавишу «РЕЖИМ» для отключения электродов, вынуть их из суспензии, промыть дистиллированной водой и промокнуть фильтровальной бумагой.

По величине рН почвы делят следующим образом (табл. 36).

36. Оценка величины рН почвы

рН*	Степень кислотности	Почвы
< 4,5	Сильнокислая	Болотные, болотно-подзолистые, подзолистые, краснозёмы, тропические
4,6 – 5,0	Кислая	Болотно-подзолистые, подзолистые, краснозёмы, тропические
5,1 – 5,5	Слабокислая	Болотно-подзолистые, подзолистые, краснозёмы, тропические
5,6 – 6,0	Близкая к нейтральной	Окультуренные дерново-подзолистые и краснозёмы, серые лесные
6,1 – 7,1	Нейтральная	Серые лесные и чернозёмы

7,2 – 7,5	Слабо-щелочная	Чернозёмы южные, каштановые, серозёмы с признаками солонцеватости
7,6 – 8,5	Щелочная	Солонцы, солончаки
> 8,5	Сильно-щелочная	Содовые солонцы, солончаки
* Для кислых почв – $pH_{KCl}$ ; для щелочных – $pH_{H_2O}$		

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Сопоставить величины  $pH_{KCl}$  и  $pH_{H_2O}$  между собой, а также с теоретическим положением о кислотности почвы.

На основании данных таблицы 36 оценить величины  $pH_{KCl}$ ,  $pH_{H_2O}$  исследуемой почвы и перечислить агроэкологические мероприятия по оптимизации реакции почвенной среды.

Своё экспертное заключение запишите в тетрадь.

### ЗАДАНИЯ

#### ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ

##### Теоретический материал.

Выучить по конспекту лекций и рекомендуемой литературе темы: «Вода в почве», «Водный режим почв и почвенный раствор».

##### К лабораторно-практическому занятию 12.

Законспектировать и знать ход определения в почве гидролитической кислотности и суммы обменных оснований, расчёта ёмкости катионного обмена, степени насыщенности основаниями и дозы известки.

#### ОСНОВНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Назовите главный источник воды в неорошаемых почвах.
2. Что такое влажность почвы?
3. Как называют количества почвенной воды, обладающие одинаковыми свойствами?
4. Как называют форму почвенной влаги, которая не обладает свойствами растворителя и недоступна растениям, но является потенциальным источником жидкой и парообразной воды в почве?
5. Как называют форму почвенной влаги, которая содержится в почвенном воздухе?
6. Как называют форму почвенной влаги, которая содержится в твердой и живой фазах почвы, не обладает свойствами растворителя, не доступна растениям и не передвигается?
7. Как называют форму почвенной воды, которая образуется путём сорбции парообразной и жидкой влаги на поверхности твёрдой фазы почвы?
8. Как называют форму почвенной воды, которая содержится в пустотах твёрдой фазы почвы поверх рыхлосвязанной воды и не зависит от силы притяжения почвенных частиц?
9. Как образуется капиллярно-подвешенная вода в почве?
10. Как образуется капиллярно-подпертая вода в почве?
11. Как называют зону капиллярного насыщения, образующуюся в почве над грунтовой водой?
12. Как называют форму почвенной воды, которая содержится в крупных некапиллярных порах и свободно просачивается вниз по профилю под действием силы тяжести?

13. Как называют свойство почвы удерживать воду, обусловленное действием умму онных и капиллярных сил?
14. Как называют количество воды, удерживаемое почвой в состоянии полного насыщения, когда все поры заполнены водой?
15. При какой величине влагоёмкости почвы создаётся оптимальное обеспечение растений влагой?
16. Как называют максимальное количество капиллярно-подвешенной влаги, которое способна длительное время удерживать почва после обильного её увлажнения и свободного стекания воды при условии исключения испарения и капиллярного увлажнения за счёт грунтовой воды?
17. При какой влагоёмкости в почве создаются оптимальные условия влаго- и воздухообеспечения растений?
18. Назовите гидрологическую константу почвы, характеризующую нижний предел оптимальной влажности.
19. Как называют влажность почвы, близкую к максимальной молекулярной влагоёмкости, при которой растения начинают устойчиво завядать?
20. Назовите величину оптимальных запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы в период вегетации растений.
21. Назовите величину оптимальных запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы в период вегетации растений.
22. Что измеряют объёмом воды (мм), протекающим через единицу площади почвы (см<sup>2</sup>) в единицу времени (час) при напоре воды 5 см?
23. Как называют свойство почвы вызывать восходящее передвижение содержащейся в ней воды за счёт капиллярных сил?
24. Как называют совокупность явлений поступления, передвижения, изменения физического состояния и расхода воды в почве?
25. Назовите и охарактеризуйте типы водного режима почвы в условиях различных климатов.
26. При какой величине осмотического давления почвенного раствора прекращается поступление в растения воды и элементов питания?

## **ЗАНЯТИЕ 12**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ В ПОЧВЕ ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ КИСЛОТНОСТИ И СУММЫ ОБМЕННЫХ ОСНОВАНИЙ. РАСЧЁТ ЁМКОСТИ КАТИОННОГО ОБМЕНА, СТЕПЕНИ НАСЫЩЕННОСТИ ОСНОВАНИЯМИ И ДОЗЫ ИЗВЕСТИ. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ**

#### План занятия

1. Контроль выполнения заданий для самостоятельной внеаудиторной работы студентов к занятию 12.
2. Определение гидролитической кислотности по методу Г. Каппена.
3. Определение суммы обменных оснований по методу Каппена-Гильковица.
4. Расчёт ёмкости катионного обмена, степени насыщенности почв основаниями и дозы извести.
5. Генетическая и агроэкологическая оценка полученных результатов.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ В ПОЧВЕ ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ КИСЛОТНОСТИ ПО Г. КАППЕНУ

### Методические указания

Показатель гидролитической кислотности используют для генетической и агроэкологической характеристики кислых почв, а также для расчёта норм известки при их химической мелиорации.

*Гидролитическая кислотность* обнаруживается при воздействии на почву раствора гидролитически щелочной соли сильного основания и слабой кислоты, при котором происходит более полное вытеснение из ППК поглощенных водорода и других кислотных ионов. Для определения гидролитической кислотности обычно используют 1 н раствор  $\text{CH}_3\text{COONa}$  с pH 8,2. При взаимодействии уксуснокислого натрия с кислой почвой происходят следующие реакции:



Количество образующейся уксусной кислоты, определяемое титрованием, характеризует гидролитическую кислотность почвы.

Так как нейтральная соль, используемая для определения обменной кислотности, вытесняет лишь часть поглощенного водорода, а гидролитически щелочная соль – почти весь, то гидролитическая кислотность в одной и той же почве обычно больше обменной.

Наличие гидролитической кислотности характерно для почв, обедненных основаниями. Чем беднее почва основаниями, тем резче она проявляет кислотные свойства.

В природе распространение кислых почв связано с условиями почвообразования. В одних условиях происходит потеря оснований и подкисление почвы (подзолистый почвообразовательный процесс), в других – почва обогащается основаниями (дерновый почвообразовательный процесс).

Техногенная деятельность человека, приводящая к загрязнению атмосферы оксидами серы, азота, углерода и другими газами, приводит к выпадению кислых атмосферных осадков, подкисляющих почву.

Аграрная деятельность, в основе которой лежит обработка почвы, внесение в неё различных удобрений, использование пестицидов, отчуждение с полей с урожаем сельхозкультур зольных элементов (кальций, магний и др.), вызывает значительные изменения реакции почвенной среды.

Как кислая, так и щелочная реакция почвы неблагоприятна для большинства культурных растений и полезных микроорганизмов. Такие почвы обладают плохими физическими свойствами. Из-за недостатка  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  органическое вещество в них не закрепляется, почвы обеднены питательными веществами.

**Реактивы, посуда, оборудование:** 1,0 н раствор  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ; фенолфталеин; 0,1 н NaOH; конические колбы на 100 и 250 мл; воронки; фильтры; пипетка на 25 мл; бюретка со стеклянным краном; теххимические весы.

**Ход анализа.** На технoхимических весаx отвешивают 20 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито 1 мм. Навеску почвы помещают в коническую колбу емкостью 250 мл, приливают цилиндром 50 мл 1,0 н. раствора  $\text{CH}_3\text{COONa}$  и взбалтывают на ротаторе в течение 1 час. Раствор отфильтровывают через сухой складчатый фильтр в чистую колбу на 250 мл. Первые мутные капли фильтрата выливают в раковину. Берут пипеткой 25 мл прозрачного фильтрата и помещают его в коническую колбу емкостью 100 мл, прибавляют 2-3 капли фенолфталеина и **титруют по каплям** 0,1 н раствором  $\text{NaOH}$  до слабopозовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин. Количество миллилитров  $\text{NaOH}$ , пошедшее на титрование записать в тетрадь.

**Вычисление результатов анализа.** Величину гидролитической кислотности вычисляют по формуле:

$$H_{\Gamma} = \frac{a \cdot 0,1 \cdot 200}{c} \cdot K_{H_{2O}} \cdot 1,75, \text{ гдe}$$

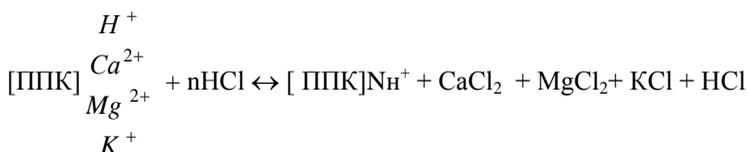
- $H_{\Gamma}$  – гидролитическая кислотность, мг-экв на 100 г почвы;  
 $a$  – количество миллилитров 0,1 н раствора  $\text{NaOH}$ , пошедшее на титрование 25 мл фильтрата;  
 $0,1$  – нормальность раствора  $\text{NaOH}$ ;  
 $200$  – коэффициент пересчёта на 100 г почвы с учётом объёма титруемого фильтрата;  
 $c$  – навеска воздушно-сухой почвы, г;  
 $1,75$  – поправка на полноту вытеснения ионов водорода;  
 $K_{H_{2O}}$  – коэффициент пересчёта на абсолютно сухую почву.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММЫ ОБМЕННЫХ ОСНОВАНИЙ ПО КАППЕНУ-ГИЛЬКОВИЦУ

### Методические указания

Катионы щелочных и щелочноземельных металлов, находящиеся в ППК и способные к реакциям обмена, называют обменными основаниями. Их сумму обозначают символом **S**. Состав их в разных почвах неодинаков и зависит от факторов и типа почвообразования, характера сельскохозяйственного использования почвы и т. п. Оптимальные значения суммы обменных оснований для дерново-подзолистых средне- и легкосуглинистых почв варьируют в пределах 8-12 мг-экв на 100 г почвы (В.Г. Минеев и др., 1993).

**Принцип метода** основан на вытеснении из ППК поглощенных оснований ионом водорода 0,1 н раствора  $\text{HCl}$ :



**Реактивы, посуда и оборудование:** 0,1 н растворы  $\text{HCl}$  и  $\text{NaOH}$ , фенолфталеин, конические колбы емкостью 100 и 250 мл, мерный цилиндр, ворон-

ки, фильтры, пипетка на 25 мл, бюретка со стеклянным краном, теххимические весы.

**Ход анализа.** На теххимических весах взять 10 г сухой почвы и поместить в коническую колбу на 250 мл, прилить 50 мл 0,1 н раствора HCl, встряхивать 1 час, после чего оставить на 24 часа. Затем раствор профильтровать, перенося по возможности на фильтр всю почву. Из прозрачного фильтрата взять пипеткой 25 мл в коническую колбу на 100 мл, добавит 2-3 капли фенолфталеина и оттитровать 0,1 н NaOH до исчезающей слабо розовой окраски. Одновременно провести холостое титрование 25 мл 0,1 н HCl 0,1 н NaOH.

#### Вычисление результатов анализа:

$$S = \frac{(a - e) \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 100 \cdot K_{H_2O}}{c}, \text{ где}$$

S – сумма обменных оснований, мг-экв на 100 г почвы;

a – количество мл 0,1 н NaOH, пошедшее на холостое титрование;

e – количество мл 0,1 н NaOH, пошедшее на титрование 25 мл фильтрата;

0,1 – нормальность раствора NaOH;

2 – коэффициент пересчёта на весь фильтрат;

100 – коэффициент пересчёта на 100 г почвы;

$K_{H_2O}$  – коэффициент пересчёта на абсолютно сухую почву;

c – навеска почвы, г.

### РАСЧЁТ ЁМКОСТИ КАТИОННОГО ОБМЕНА, СТЕПЕНИ НАСЫЩЕННОСТИ ПОЧВЫ ОСНОВАНИЯМИ, ДОЗЫ ИЗВЕСТИ И ИХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

#### Методические указания

Максимальное содержание катионов, которое может удержать почва в обменно-поглощенном состоянии акад. К.К. Гедройц назвал ёмкостью поглощения. В настоящее время эту величину называют ёмкостью катионного обмена (ЕКО) и выражают в мг-экв на 100 г почвы:

$$ЕКО = S + Н_{г}, \text{ где}$$

ЕКО – ёмкостью катионного обмена;

S – сумма обменных оснований;

$H_{г}$  – гидролитическая кислотность.

В зависимости от типа почвы ёмкость катионного обмена значительно варьирует (табл. 37).

37. Ёмкость катионного обмена различных типов почв по И.С. Кауричеву

Почва	ЕКО, мг-экв на 100 г почвы
Дерново-подзолистая песчаная	3-6
Дерново-подзолистая среднесуглинистая	10-20
Дерново-подзолистая глинистая	15-25
Серая лесная среднесуглинистая	15-30

Чернозем типичный тяжелосуглинистый	30-70
Чернозем южный суглинистый	20-50

Если почва не содержит в поглощенном состоянии водород и алюминий, её называют насыщенной основаниями, если содержит их – ненасыщенной. Степень насыщенности почвы основаниями представляет собой выраженное в процентах количество оснований по отношению к общей сумме обменных катионов, находящихся в ППК. Её определяют по формуле:

$$V = \frac{S}{EKO} \cdot 100, \text{ где}$$

$V$  – степень насыщенности почвы основаниями, %;

$S$  – сумма обменных оснований, мг-экв/100 г почвы;

$EKO$  – ёмкость катионного обмена ( $S + H_T$ ), мг-экв/100 г почвы;

100 – для пересчёта в %.

#### Расчётная часть:

Рассчитать ёмкость катионного обмена и степень насыщенности изучаемой почвы основаниями по формулам, приведённым в методических указаниях. Ход расчётов записать в тетрадь, оценить нуждаемость почвы в известковании, используя таблицу 38.

#### 38. Потребность почвы в известковании

Степень насыщенности почвы основаниями, %	Потребности почвы в известковании
< 50	Сильно нуждается
50 – 70	Средне нуждается
70 – 80	Слабо нуждается
> 80	Не нуждается

Повышенная кислотность почв неблагоприятно воздействует на рост и развитие сельскохозяйственных культур. Для улучшения агроэкологических свойств кислых почв проводят химическую мелиорацию – известкование. Сущность известкования состоит в том, что при внесении в почву известковых материалов происходит нейтрализация почвенной кислотности, обусловленная замещением ионов водорода в ППК ионами кальция.



Дозу извести рассчитать по следующей формуле:

$$D_{\text{CaCO}_3} = H_T \cdot 1,5, \text{ где}$$

$D_{\text{CaCO}_3}$  – доза извести, т/га;

$H_T$  – величина гидролитической кислотности, мг-экв на 100 г почвы;

1,5 – коэффициент для пересчёта.

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ

### Теоретический материал.

Выучить по конспекту лекций и рекомендуемой литературе темы: «Окислительно-восстановительные процессы в почве», «Почвенный воздух и воздушный режим почвы», «Тепловые свойства и тепловой режим почвы».

### К лабораторно-практическому занятию 13.

Законспектировать и знать ход определения окислительно-восстановительного потенциала почвы, расчёт индекса аэробности почвы, генетической и агроэкологической оценки окислительно-восстановительного состояния почвы.

### **ОСНОВНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Что такое Eh и для чего его используют?
2. Что такое  $R_{H_2}$  и для чего его используют?
3. При каких значениях Eh в почве развиваются восстановительные процессы и создаются неблагоприятные для растений условия аэрации?
4. Какая величина  $R_{H_2}$  в почве является рубежом при переходе от окислительного состояния к восстановительному (и наоборот)?
5. Как называют соотношение окислительно-восстановительных процессов в почвенном профиле в годичном цикле почвообразования?
6. Назовите и охарактеризуйте типы окислительно-восстановительного режима почвы.
7. Что происходит в почве при снижении ОВ-потенциала ниже 350 мВ?
8. Как реагируют сельскохозяйственные культуры на развитие восстановительных процессов в почве?
9. Охарактеризуйте ОВ-потенциал основных почв и приёмы его регулирования.
10. В каком состоянии почвенный воздух обеспечивает аэрацию почвы?
11. Как называют совокупность всех явлений поступления воздуха в почву, его передвижения, обмена между фазами почвы и расхода?
12. Как называют совокупность явлений поступления, переноса, аккумуляции и отдачи тепла в почве?
13. Перечислите и охарактеризуйте все типы температурного режима почвы.

## **ЗАНЯТИЕ 13**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЧВЫ, ЕГО ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА**

#### План занятия

1. Контроль выполнения заданий для самостоятельной внеаудиторной работы студентов к занятию 13.
2. Определение окислительно-восстановительного потенциала почвы.
3. Расчёт индекса аэробности почвы.
4. Генетическая и агроэкологическая оценка окислительно-восстановительного состояния почвы.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЧВЫ**

#### Методические указания

**Принцип метода.** Окислительно-восстановительный потенциал (ОВ-потенциал или Eh) характеризует разность потенциалов, возникающую меж-

ду почвенным раствором и электродом из инертного металла, помещенным в почву. По величине ОВ-потенциала судят о преобладании в почве окислительных или восстановительных процессов, условиях обеспечения корней растений кислородом и т. п.

Окислительно-восстановительный потенциал определяют в почве (в поле или в лаборатории), в почвенных растворах или в природных водах. Для определения в исследуемый субстрат вставляют измерительный электрод и электрод сравнения. Через определенный промежуток времени по достижении равновесия измеряют на иономере переносном И-102 ОВ-потенциал в Мв (Мв), равный разности потенциалов между измерительным и вспомогательным электродами иономера.

**Реактивы:** Стандартный раствор – смесь красной  $[K_3 [Fe (CN)_6]$  и жёлтой  $[K_4 [Fe (CN)_6]$  кровяной соли, в количестве соответственно 3,8 и 13,5 граммов в 1 л дистиллированной воды.

**Оборудование:** Иономер переносной И-102 с электродом для измерения ОВ-потенциала и электродом сравнения. Перед измерением ОВ-потенциала хлорсеребряный электрод сравнения заполняют насыщенным раствором КС1 и погружают в него на одни сутки, а электрод для измерения ОВ-потенциала выдерживают в вышеуказанной смеси красной и жёлтой кровяной соли не менее 8 часов. В промежутке между измерениями оба электрода хранят в дистиллированной воде.

Проверку градуировки прибора производят после его прогрева в течение 20 минут при нормальном напряжении питания. После прогрева установить кнопки на лицевой панели прибора следующим образом:

« $\frac{\text{сеть}}{\text{бат.}}$ » – отжата, « $\frac{pX}{mV}$ » – утоплена, « $\frac{12}{4}$ » – утоплена, « $\frac{-0-4}{+4-0}$ » – утоплена.

Установить температуру исследуемой почвы с помощью ручки температурной компенсации.

Установить стрелку на «0» на шкале прибора с помощью ручки «**Установка нуля**».

Погрузить электроды, подключенные к прибору, в стандартный раствор и отжать кнопку «**Ноль/Измерение**». У правильно настроенного прибора стрелка должна отклониться на 275 Мв. Если это не произошло, то с помощью ручки «**Начало шкал**» устанавливают стрелку на 275 Мв.

Отключить прибор нажав кнопку «**Ноль/Измерение**», промыть электроды дистиллированной водой и промокнуть фильтровальной бумагой.

**Ход определения.** Для измерения ОВ-потенциала в полевых условиях или в сосудах с растениями, выращиваемыми в помещении измерительный электрод и электрод сравнения плотно вставить в почву на глубину 5-7 см на расстоянии 8-10 см друг от друга. Включают прибор, нажав кнопку «**Ноль / Измерение**» и через 1-3 минуты снять показания со шкалы в Мв. Прибор отключить отжав кнопку «**Ноль / Измерение**».

Измерения проводят 3-5 раз, выбраковывают резко отличающиеся показатели ОВ-потенциала, согласно методам вариационной статистики, и вычисляют его среднеарифметическую величину.

Одновременно определить  $R_n$  почвенной среды на приборе И-160М (порядок работы см. в описании занятия 11).

Результаты измерений записать в тетрадь в форме таблицы 39:

39. Результаты измерений ОВ-потенциала и  $R_n$  почвенной среды

Показатель	Повторность					Среднее арифметическое
	I	II	III	IV	V	
ОВ-потенциал (Eh), Mv						
$R_n$ почвенной среды						

### РАСЧЁТ ИНДЕКСА АЭРОБНОСТИ ПОЧВЫ

Используя среднеарифметические значения из вышеприведённой таблицы, рассчитать величину индекса аэробности ( $R_{H_2}$ ) по следующей формуле:

$$r_{H_2} = \frac{Eh}{30} + 2R_n.$$

### ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ

Благоприятное ОВ-состояние почвенной среды характеризует величина Eh в пределах 450-700 Mv. Показатели в 250-300 Mv и ниже свидетельствуют о заметном развитии восстановительных процессов и создании неблагоприятных для растений условий аэрации в почве. При глубоком анаэробии и господстве восстановительных процессов Eh может достигать отрицательных значений (-100 Mv).

Величина  $R_{H_2} = 27$  характеризует рубеж перехода от окислительного состояния к восстановительному (и наоборот). При величине  $R_{H_2} > 27$  в почве преобладают окислительные процессы, а показатель  $R_{H_2} < 27$  свидетельствует о нарастании восстановительных условий. При интенсивном развитии восстановительных процессов  $R_{H_2}$  снижается до 20 и менее.

Характеристика ОВ-состояния почвы по показателям  $R_{H_2}$  позволяет получить сравнительную его оценку для почв с разной величиной их реакции.

С учётом вышеизложенного, провести агроэкологическую оценку ОВ-состояния изучаемой почвы и записать её в тетрадь.

### ЗАДАНИЯ

#### ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ

##### Теоретический материал.

Выучить по конспекту лекций и рекомендуемой литературе тему: «Физические и физико-механические свойства почвы».

##### К лабораторно-практическому занятию 14.

Законспектировать и знать ход определения плотности твёрдой фазы почвы, расчёта пористости и пористости аэрации, генетической и агроэкологической оценки полученных результатов.

## **ОСНОВНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Общие физические свойства почвы, их значение, генетическая и агроэкологическая оценка, регулирование.
2. Что такое равновесная и оптимальная плотность почвы?
3. Назовите плотность почвы, оптимальную для большинства сельхозкультур.
4. Как называют суммарный объём всех пор между частицами твёрдой фазы почвы, выраженный в процентах от её общего объёма?
5. Какая величина общей пористости у минеральных почв?
6. Как называют поры почвы, в которых находится капиллярная вода, почвенный воздух, микроорганизмы и корни растений?
7. Для наилучшего обеспечения растений водой, воздухом, высокой эффективности применяемых удобрений и других агромероприятий важно, чтобы почва имела наибольшую капиллярную пористость, заполненную водой, и одновременно пористость аэрации не менее \_\_\_\_ % объёма в минеральных и \_\_\_\_\_ % в торфяных почвах.
8. Физико-механические свойства почвы, их значение, генетическая и умму логическая оценка, регулирование.
9. Как называют свойства почвы, которые характеризуют её поведение при нагрузках, не приводящих и приводящих к механическому разрушению?
10. Как называют свойства почвы, характеризующие её поведение под давлением во времени?
11. Как называют свойства почвы, характеризующие её поведение как дисперсного тела и проявляющиеся без механических воздействий со стороны?
12. Как называют способность почвы оказывать сопротивление внешнему усилию, стремящемуся разъединить её частицы?
13. Как называют способность почвы в естественном залегании сопротивляться сжатию и расклиниванию?
14. Как называют способность почвы изменять свою форму без образования трещин под воздействием внешних сил и сохранять приданную форму после прекращения действия этих сил?
15. Как называют усилие, затрачиваемое на подрезание пласта почвы, его оборот и трение о рабочую поверхность плуга?
16. Как называют состояние почвы, при котором она хорошо крошится на комки, не прилипая к орудиям обработки?
17. При какой абсолютной влажности наступает физическая спелость в среднесуглинистых почвах?

## **ЗАНЯТИЕ 14**

### **ИЗУЧЕНИЕ ОБЩИХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ, ИХ ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА**

#### План занятия

1. Контроль выполнения заданий для самостоятельной внеаудиторной работы студентов к занятию 14.
2. Изучение плотности и плотности твёрдой фазы почвы.
3. Расчёт пористости и пористости аэрации почвы.
4. Генетическая и агроэкологическая оценка общих физических свойств почвы.

### **ИЗУЧЕНИЕ ПЛОТНОСТИ И**

## ПЛОТНОСТИ ТВЁРДОЙ ФАЗЫ ПОЧВЫ

### Методические указания

**Плотность почвы** (старые названия: объёмный вес, объёмная масса) – отношение массы абсолютно сухой почвы, взятой без нарушения естественного сложения, к её объёму. Плотность почвы измеряют в  $\text{г/см}^3$ . Величина плотности почвы также зависит от количества и соотношения минералов и органических компонентов. Плотность минеральных почв изменяется от 0,9 до 1,8, а у торфяно-болотных – от 0,15 до 0,40  $\text{г/см}^3$ .

На плотность почвы большое влияние оказывает механическая обработка. Наименьшую плотность почва имеет сразу после обработки. По мере утряски от момента обработки почва приобретает все большую плотность. После какого-то срока, обычно в конце вегетационного периода, почва приобретает постоянную плотность, которая практически не изменяется в естественном состоянии. Такая плотность называется равновесной. Каждому типу почв соответствует своя равновесная плотность (РП). Эта величина – важнейшая характеристика условий роста и развития растений. Для большинства растений оптимальна плотность (ОП) 1,00-1,25  $\text{г/см}^3$ . Отклонение от этих значений приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Сравнение ОП с РП помогает определить необходимость и направленность механического воздействия на почву (рыхление, уплотнение) или полного исключения такого воздействия. У оструктуренных гумусированных почв РП не выходит за пределы ОП, а у бесструктурных малогумусных – значительно превышает её.

Знание плотности почвы необходимо для вычисления её пористости (порозности, скважности), а так же запасов, содержащихся в почве веществ. Учитывая последнее обстоятельство, плотность почвы определяли на занятии 1.

**Плотность твёрдой фазы почвы** (старые названия: удельная масса, удельный вес) – масса сухого вещества почвы в единице объёма её твёрдой фазы (без пор). Её определяют делением массы твёрдой фазы почвы на массу воды в том же объёме при  $4^\circ\text{C}$  и выражают в  $\text{г/см}^3$ . Различные типы почв и даже отдельные почвенные горизонты имеют разную плотность твёрдой фазы. Она в минеральных почвах колеблется в пределах 2,4-2,8, а в органогенных торфяных почвах – 1,4-1,8  $\text{г/см}^3$ . Знание плотности твёрдой фазы необходимо для расчёта пористости почвы.

**Материалы и оборудование:** технoхимические весы, мерная колба на 100 мл, дистиллированная вода, электроплитка.

**Ход определения плотности твёрдой фазы почвы.** На технoхимических весах взвесить 10 г воздушно-сухой почвы с точностью до 0,01 г. Затем мерную колбу на 100 мл наполнить точно до метки дистиллированной водой и взвесить с точностью до 0,01 г. После взвешивания из колбы отлить две трети объёма воды, вставить в горлышко воронку и осторожно всыпать через неё в колбу навеску почвы. Смыть дистиллированной водой частицы почвы в колбу, но так что бы воды в ней стало не более половины объёма. Прокипятить содержимое колбы на электрической плитке 10 мин, не допуская разбрызгивания. После кипячения колбу охлаждают до комнатной температу-

ры, доливают дистиллированной водой до метки, вытирают и взвешивают вторично.

**Вычисление результатов определения плотности твёрдой фазы почвы** проводят по формуле:

$$d = \frac{B}{A + B - c}, \text{ где}$$

$d$  – плотность твёрдой фазы почвы;

$B$  – навеска сухой почвы, г;

$A$  – масса мерной колбы с водой, г;

$c$  – масса мерной колбы с водой и почвой, г.

### **РАСЧЁТ ПОРИСТОСТИ И ПОРИСТОСТИ АЭРАЦИИ**

**Пористость почвы** (*порозность, скважность*) – суммарный объём всех пор между частицами её твёрдой фазы. Выражается в процентах от общего объёма почвы. Пористость минеральных почв 25-80, а торфяных – 80-90 %. В зависимости от величины пор выделяют капиллярную и некапиллярную пористость. *Капиллярная пористость* равна объёму капиллярных промежутков почвы, *некапиллярная* – объёму крупных пор (промежутков между почвенными агрегатами). Капиллярные и некапиллярные поры в сумме составляет *общую пористость* почвы.

$$P = 100 \cdot \left(1 - \frac{d_v}{d}\right), \text{ где}$$

$P$  – общая пористость, %;  $d_v$  – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;  
 $d$  – плотность твёрдой фазы почвы, г/см<sup>3</sup>; 100 – для пересчёта в проценты.

Наивысшая качественная оценка этого показателя соответствует 55-65 %. Он определяется структурностью, гранулометрическим и минералогическим составом почвы. Между плотностью и пористостью существует обратная зависимость. Общая пористость определяет такие важные свойства почвы, как водо- и воздухопроницаемость, влаго- и воздухоёмкость, газообмен (аэрация) между почвой и атмосферой.

Некапиллярные поры обычно заняты почвенным воздухом. Это поры аэрации. Вода в них находится под действием гравитационных сил и не задерживается, легко стекая вглубь. В капиллярных порах размещается вода, удерживаемая менисковыми силами. Поры, в которых находятся капиллярная вода, почвенный воздух, микроорганизмы и корни растений, называют *активными*. К *неактивным* относят поры, занимаемые связанной водой. В агрономическом отношении важно, чтобы почва имела наибольший объём капиллярных пор и при этом – пористость аэрации (некапиллярную) не менее 20 % от общей пористости.

**Пористость аэрации** вычисляют по формуле:

$$P_{aep} = P - a \cdot d_v, \text{ где}$$

$P_{aep}$  – пористость аэрации, %;  $P$  – общая пористость, %;  
 $a$  – гигроскопическая влажность почвы, %;  $d_v$  – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>.

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБЩИХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ

1). Записать величину плотности почвы, определённую на занятии 1, в таблицу 40 и дать ей агроэкологическую оценку, используя данные табл. 41, 42.

40. Генетическая и агроэкологическая оценка плотности почвы

Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>		Оценка величины плотности почвы
фактическая	оптимальная	

41. Оценка плотности почвы (по Н.А. Качинскому)

Плотность почв, г/см <sup>3</sup>	Оценка плотности почвы суглинистого и глинистого гранулометрического состава
< 1	Почва вспушена или богата органическим веществом
1,0 – 1,1	Типичные величины для культурной свежеспаханной пашни
1,2	Пашня уплотнена
1,3 – 1,4	Пашня сильно уплотнена
1,4 – 1,6	Типичная величина для подпахотных горизонтов различных почв
1,6 – 1,8	Сильно уплотнённые иллювиальные горизонты почв

42. Оптимальная плотность пахотного слоя почв для полевых культур  
(по А.Г. Бондареву, В.В. Медведеву)

Почвы	Гранулометрический состав почвы	Культуры	Оптимальная плотность, г/см <sup>3</sup>	
			среднее значение	интервал
Дерново-подзолистые	Тяжело- и среднесуглинистый	Зерновые	1,29	1,10-1,40
		Кукуруза	1,15	1,10-1,20
		Картофель	1,11	1,10-1,20
	Легкосуглинистый и супесчаный	Зерновые	1,27	1,25-1,35
Кукуруза		1,22	1,10-1,45	
Серые лесные почвы и черноземы лесостепи	Тяжело- и среднесуглинистый	Зерновые	1,21	1,05-1,30
		Сахарная свекла	1,14	1,00-1,26
	Легкосуглинистый	Зерновые	1,23	1,10-1,40
Черноземы степи и каштановые почвы	Тяжело- и легкосуглинистый	Зерновые	1,19	1,05-1,30
		Кукуруза	1,19	1,05-1,30

Проникновение корней большинства растений в уплотненные горизонты с плотностью 1,4-1,6 г/см<sup>3</sup> затруднено, их развитие угнетается. При более высоких значениях плотности рост корневой системы невозможен.

2). Записать величины пористости и пористости аэрации изучаемой почвы, в таблицу 43 и дать им агроэкологическую оценку, используя данные таблицы 44.

43. Агроэкологическая оценка пористости исследуемой почвы

Пористость, %		Оценка величин пористости почвы
общая	аэрации	

44. Оценка пористости почв (по Н.А. Качинскому)

Пористость общая, %	Оценка
> 70	Почва вспушена
65 – 55	Культурный пахотный слой
55 – 50	Удовлетворительная для пахотного слоя
< 50	Неудовлетворительная для пахотного слоя
40 – 25	Характерна для уплотнённых иллювиальных горизонтов

Пористость культурной песчаной почвы 45-50 %.

**ЗАДАНИЯ**

**ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ**

**Теоретический материал.**

Выучить по конспекту лекций и рекомендуемой литературе тему: «Структура почвы».

**К лабораторно-практическому занятию 15.**

Законспектировать и знать ход определения водопрочности структурных агрегатов почвы и её агроэкологической оценки.

## **ОСНОВНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Что такое структура и структурность почвы?
2. Назовите типы почвенной структуры.
3. На сколько групп делят почвенную структуру по размеру?
4. Какой размер у агрегатов почвы, относящихся к группе микроструктуры?
5. Какой размер у агрегатов почвы, относящихся к группе макроструктуры?
6. Какой размер у агрегатов почвы, относящихся к группе мезоструктуры?
7. Что такое структурная почва?
8. Как называют отношение массы агрономически ценных комковато-зернистых агрегатов размером 0,25-10 мм к массе остальных структурных агрегатов почвы?
9. Дайте сравнительную агроэкологическую оценку структурных и бесструктурных почв.
10. Перечислите и охарактеризуйте факторы образования почвенной структуры.
11. Перечислите и охарактеризуйте факторы разрушения почвенной структуры.

## **ЗАНЯТИЕ 15**

### **ИЗУЧЕНИЕ ВОДОПРОЧНОСТИ СТРУКТУРНЫХ АГРЕГАТОВ ПОЧВЫ И ЕЁ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА**

#### План занятия

1. Контроль выполнения заданий для самостоятельной внеаудиторной работы студентов к занятию 15.
2. Определение водопрочности структурных агрегатов почвы.
3. Агроэкологическая оценка водопрочности структурных агрегатов почвы.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПРОЧНОСТИ СТРУКТУРНЫХ АГРЕГАТОВ ПОЧВЫ**

#### Методические указания

Почва является полидисперсным и пористым телом. Её твёрдая часть состоит из частиц различного размера – механических элементов. Они могут находиться в раздельно-частичном (бесструктурном) состоянии или в виде структурных отдельностей (агрегатов). Эти агрегаты или комочки различной величины, формы, порозности, механической прочности и водопрочности на которые способна распадаться почва называют *почвенной структурой*. Способность почвы распадаться на структурные агрегаты называют *структурностью*.

По размеру агрегатов выделяют следующие группы и подгруппы структуры:

- микроструктура (тонкая – менее 0,01, грубая – 0,01-0,25 мм);
- макроструктура (мелкокомковатая – 0,25-1, среднекомковатая – 1-3, крупнокомковатая – 3-10 мм);
- глыбистая структура (мелкоглыбистая – 10-100, крупноглыбистая – более 100 см).

Агроэкологическую оценку почвенной структуры дают по её влиянию на плодородие. *Структурная почва более чем на 55 % состоит из агрономически ценных комковато-зернистых агрегатов размером 0,25-10 мм.*

Качественным показателем структурных агрегатов являются *водопрочность* – способность противостоять разрушающему действию воды. Она обуславливает устойчивость и долговечность почвенной структуры, т. к.

непрочные комочки под влиянием воды или механических воздействий разрушаются, почва из структурной превращается в бесструктурную, а при подсыхании на её поверхности образуется корка, которая вредит посевам.

**Принцип метода** определения водопрочности структурных агрегатов почвы по П.И. Андрианову основан на учёте агрегатов, распавшихся в воде за определенный промежуток времени.

**Материалы и оборудование:** 2-3 набора почвенных сит с диаметром отверстий 10, 3, 1, 0,25 мм, 18 низких сосудов, например, чашек Петри, обычная фильтровальная бумага, ножницы, 6 пинцетов, 6 луп.

**Ход определения.** Пробу воздушно-сухой почвы просеивают через набор сит с диаметром отверстий 10, 3, 1, 0,25 мм и в дальнейшем изучают каждую фракцию 10-3; 3-1 и 1-0,25 мм, определяя затем среднюю величину водопрочности почвенной структуры.

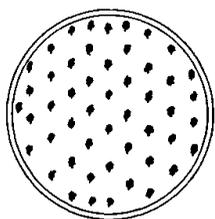


Рис. 3. Расположение структурных агрегатов в чашке Петри

На дно каждого из трёх низких сосудов помещают по одному листку аккуратно вырезанной по форме дна фильтровальной бумаги с нанесёнными на него простыми карандашом параллельными линиями через 1 см. На этих линиях с интервалом около 1 см раскладывают по 50 структурных агрегатов почвы отдельно каждой фракции (рис. 3).

В сосуд приливают воду до полного увлажнения листа фильтровальной бумаги и через 3 минуты, когда произойдет капиллярное насыщение агрегатов, в него осторожно по стенке доливают воду комнатной температуры так, чтобы она покрыла агрегаты слоем 0,5 см.

Десять раз через каждую минуту подсчитывают полностью расплывшиеся агрегаты и результаты наблюдений записывают в тетрадь в форме таблицы 45.

45. Количество структурных агрегатов почвы, распавшихся в воде

Название фракции структурных агрегатов, их размер, мм	Время нахождения в воде (мин.)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Крупнокомковатая, 10-3										
Среднекомковатая, 3-1										
Мелкокомковатая, 1-0,25										

Так как агрегаты находятся в воде разное время, то для характеристики степени водопрочности структуры в расчёты вводят поправочные коэффициенты Н.А. Качинского, которые в зависимости от продолжительности воздействия воды равны:

1 мин.	2 мин.	3 мин.	4 мин.	5 мин.	6 мин.	7 мин.	8 мин.	9 мин.	10 мин.
5	15	25	35	45	55	65	75	85	95

Водопрочность структурных агрегатов, не распавшихся в течение 10 минут, принимают за 100 %.

Устойчивость структурных агрегатов конкретной фракции к разрушающему действию воды ( $Y_n$ ) определяют по формуле:

$$Y_n = \frac{(P_1 K_1 + \dots + P_{10} K_{10})}{A}, \text{ где}$$

$P_1; P_2; \dots P_{10}$  – количество агрегатов данной фракции, распавшихся в соответствующую минуту;

$K_1; K_2; \dots K_{10}$  – поправочные коэффициенты для соответствующих минут;

$A$  – общее количество агрегатов данной фракции, взятых для изучения.

Среднеарифметическую величину водопрочности всех макроструктурных агрегатов образца почвы, взятого для изучения, определяют по следующей формуле:

$$Y = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3}{3}$$

Полученные результаты записать в тетрадь в форме таблицы 46.

46. Водопрочность структурных агрегатов почвы

Название фракции структурных агрегатов, их размер, мм	Результаты определения
Крупнокомковатая, 10-3	
Среднекомковатая, 3-1	
Мелкокомковатая, 1-0,25	
<i>Макроструктура 10-0,25</i>	

## **АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДОПРОЧНОСТИ СТРУКТУРНЫХ АГРЕГАТОВ ПОЧВЫ**

Провести сравнительную оценку водопрочности каждой фракции агрономически ценных макроструктурных агрегатов почвы и расположить их по этому показателю в убывающий ряд.

### **ЗАДАНИЯ** **ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ**

#### **Теоретический материал.**

Выучить по конспекту лекций и рекомендуемой литературе темы: «Ферментативная активность почв», «Аллелопатические свойства почв», «Магнитные свойства и радиоактивность почв», «Плодородие почв».

#### **К лабораторно-практическому занятию 16.**

Законспектировать и знать ход итоговой генетической и агроэкологической оценки изучаемых почв.

### **ОСНОВНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Как называют катализаторы химических реакций белковой природы, отличающи-

еся специфичностью действия в отношении катализа определенных химических реакций в почве?

2. Перечислите классы почвенных ферментов.
3. Какой горизонт пахотных почв отличается высокой активностью почвенных ферментов?
4. Как называют процесс химического ингибирующего взаимовлияния растений и почвенных микроорганизмов в результате выделения ими физиологически активных органических соединений или при разложении их отмерших организмов?
5. Как называют ингибиторы биохимических процессов в почве, продуцируемые микроорганизмами и действующие на другие микроорганизмы?
6. Как называют ингибиторы биохимических процессов в почве, продуцируемые микроорганизмами и ингибирующие биохимические процессы растений?
7. Как называют ингибиторы биохимических процессов в почве, продуцируемые высшими растениями и действующие на микроорганизмы?
8. Как называют ингибиторы биохимических процессов в почве, образуемые высшими растениями и действующие на высшие растения?
9. Что такое плодородие почвы?
10. Перечислите и охарактеризуйте виды почвенного плодородия.
11. Каким видом плодородия следует управлять?
12. Как называют количественные показатели структурной и функциональной частей почвы, при которых могут быть максимально реализованы потенциальные возможности выращиваемых культур в виде получения наивысшей урожайности при хорошем качестве продукции?

## **ЗАНЯТИЯ 16-18**

### **ИТОГОВАЯ АГРОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИЗУЧАЕМЫХ ПОЧВ**

#### План занятия

1. Контроль выполнения заданий для самостоятельной внеаудиторной работы студентов к занятию 16.
2. Проведение итоговой агрогенетической характеристики и агроэкологической оценки изучаемых почв.

#### Методические указания

Результаты анализов и наблюдений, проведённых на лабораторных занятиях 1-15, записать в тетрадь в форме таблицы 47.

Оценить почвы по данным, приведённым в таблице 47, и записать своё экспертное заключение в тетрадь в следующей последовательности.

1. Генетические особенности почв разных типов в одинаковых экосистемах.
2. Генетические особенности почв одного типа в разных экосистемах.
3. Потенциальная обеспеченность биогенными химическими элементами почв разных типов в одинаковых экосистемах.
4. Потенциальная обеспеченность биогенными химическими элементами почв одного типа в разных экосистемах.
5. Обеспеченность доступными для растений формами азота, фосфора и калия почв разных типов в одинаковых экосистемах.
6. Обеспеченность доступными для растений формами азота, фосфора и калия почв одного типа в разных экосистемах.

7. Физико-химические свойства почв разных типов в одинаковых экосистемах.
8. Физико-химические свойства почв одного типа в разных экосистемах.



ДЛЯ ЗАМЕТОК



УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

**ПРОСЯННИКОВ  
ЕВГЕНИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ**

## **ПОЧВОВЕДЕНИЕ**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
С ЗАДАНИЯМИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

**ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ  
660100 «АГРОХИМИЯ И АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ»,  
СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 320400 «АГРОЭКОЛОГИЯ»**

Редактор Лебедева Е.М.

---

Подписано к печати 12.03.2013 г. Формат 60 84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага писчая.  
Усл. п. л. 4.76. Тираж 300 экз. Изд. № 737.

---

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии  
243365, Брянская область Выгоничский район с. Кокино, Брянская ГСХА

