

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»  
Институт гражданской защиты  
Кафедра инженерной защиты окружающей среды

ПРАКТИКУМ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ЗАДАЧ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПОЧВОВЕДЕНИЕ»



Ижевск, 2020

УДК 631.4(075.8)

ББК 40.3я73-5

П691

*Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом УдГУ*

**Рецензент:** кандидат биологических наук, доцент кафедры лесоводства и лесных культур  
ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия»  
**Сунцова Надежда Юрьевна**

**П691 Практикум по выполнению лабораторных работ и задач по дисциплине  
«Почвоведение» / Сост.: Е.А. Борисова, Е.А. Загребин. – Ижевск: Издательский центр  
«Удмуртский университет», 2020. – 104 с.**

В практикуме приведены особенности обработки и агрохимического анализа почв методами определения подвижных или доступных для растений форм микроэлементов. Практикум включает теоретический материал, лабораторные работы и задачи для самостоятельного решения.

Практикум предназначен для студентов бакалавриата, специальность 20.03.02 «Природообустройство и водопользование».

УДК 631.4(075.8)

ББК 40.3я73-5

©Е.А. Борисова, сост., 2020

© Е.А. Загребин, сост., 2020

©ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ВЗЯТИЕ ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦОВ И ПОДГОТОВКА ИХ К АНАЛИЗУ .....	5
1.1. Отбор почвенных образцов .....	6
<i>Лабораторная работа № 1. Отбор почвенных образцов и подготовка их к анализу .....</i>	<i>6</i>
2. ВОДА В ПОЧВЕ .....	9
2.1. Формы состояния почвенной влаги .....	10
<i>Лабораторная работа № 2. Определение содержания гигроскопической влаги .....</i>	<i>12</i>
2.2. Экологическое значение воды в почве .....	13
3. ПОЧВЕННАЯ КИСЛОТНОСТЬ И ЩЕЛОЧНОСТЬ .....	19
3.1 Анализ кислотности почвы .....	21
3.1.1. Определение обменной кислотности .....	21
<i>Лабораторная работа №3. Определение pH солевой вытяжки .....</i>	<i>22</i>
<i>Лабораторная работа № 4. Анализ обменной кислотности и подвижного алюминия по А.В.Соколову .....</i>	<i>24</i>
3.1.2. Определение гидролитической кислотности (Н) .....	25
<i>Лабораторная работа № 5. Анализ гидролитической кислотности по Каппену (с титрованием) .....</i>	<i>26</i>
<i>Лабораторная работа № 6. Анализ гидролитической кислотности по Каппену pH-метрическим методом .....</i>	<i>28</i>
3.2. Анализ щелочности почвы .....	30
<i>Лабораторная работа № 7. Определение суммы поглощенных оснований (s) по Каппену-Гильковицу .....</i>	<i>30</i>
<i>Лабораторная работа № 8. Вычисление степени насыщенности почвы основаниями (V) ..</i>	<i>31</i>
3.3. Экологическое значение кислотности и щелочности почв .....	32
4. ГУМУС ПОЧВ КАК КОМПЛЕКС СПЕЦИФИЧЕСКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ .. 38	
4.1. Методы изучения гумуса .....	43
<i>Лабораторная работа № 9. Анализ гумуса по И.В.Тюрину в модификации В.Н.Симакова</i>	<i>44</i>
4.2. Экологическое значение органических веществ в почве .....	46
5. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ .....	53
5.1. Содержание химических элементов в почвах .....	53
5.2. Формы химических элементов в почвах .....	54
5.3. Методы определения подвижных соединений калия и фосфора в почве .....	56
<i>Лабораторная работа № 10. Определение содержания в почве подвижных соединений фосфора и калия по методу А.Т.Кирсанова .....</i>	<i>57</i>
<i>Лабораторная работа № 11. Анализ подвижного фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) .....</i>	<i>58</i>

<i>Лабораторная работа № 12.</i> Ускоренный (визуальный) метод определения подвижного фосфора в почве .....	60
<i>Лабораторная работа № 13.</i> Определение подвижных форм фосфора по Ф.В. Чиркову....	61
<i>Лабораторная работа № 14.</i> Анализ обменного калия (K <sub>2</sub> O) .....	61
<i>Лабораторная работа № 15.</i> Ускоренное (визуальное) определение подвижного калия в почве по методике ВИУА .....	64
5.4. Изменения химического состава почв в процессах генезиса .....	65
6. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ И СКЕЛЕТНЫЙ СОСТАВ ПОЧВ .....	67
6.1. Понятия и классификация .....	67
<i>Лабораторная работа № 16.</i> Анализ механического состава почвы по Н.А. Качинскому ..	69
<i>Лабораторная работа № 17.</i> Ориентировочный метод определения механического состава .....	75
6.2. Генетическое и экологическое значение гранулометрического состава.....	76
<i>Лабораторная работа № 18.</i> Определение скелета почвы.....	81
6.3. Генетическое и экологическое значение скелетности почв .....	82
7. МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ПОЧВ .....	85
7.1. Растения - индикаторы плодородия почв .....	85
7.2. Растения - индикаторы водного режима почв.....	86
7.3. Растения - индикаторы глубины залегания грунтовых вод.....	86
7.4. Растения - индикаторы кислотности почв.....	87
<i>Лабораторная работа № 19.</i> Биоиндикация почв ключевых участков .....	90
7.5. Индикация состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенотипов белого клевера .....	91
<i>Лабораторная работа № 20.</i> Оценка состояния окружающей среды и уровня антропогенного воздействия.....	92
7.6. Биодиагностика почвенных микро- и макроэлементов .....	93
<i>Лабораторная работа № 21.</i> Определение признаков избытка химических элементов в почве.....	95
ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ.....	96
Список литературы .....	101

## ВВЕДЕНИЕ

Данный практикум направлен на формирование навыков и практических знаний у студентов направления подготовки «Природообустройство и водопользование», а также на формирование у студентов, изучающих дисциплину «Почвоведение» навыков по проведению лабораторных и полевых агрохимических анализов почвы, разработке организационно-технической документации.

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю) – это знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности. В результате освоения дисциплины «Почвоведение» обучающийся должен:

**Знать:** основные закономерности природных процессов образования и разрушения почвы, их механизмы, принципы протекания; пути и направления потоков вещества в почве как фрагментов глобального круговорота – природного и с учетом антропогенного вмешательства.

**Уметь:** пользоваться литературными и фондовыми источниками, планировать природоохранные и защитные мероприятия в отношении почвы, формулировать, прогнозировать, обосновывать расчеты и прогнозы состояния почвенного плодородия.

**Владеть:** опытом и навыками оценки состояния качества почв, разработки систем почвоохранного землепользования и схем восстановления свойств нарушенных почв.

При работе с пособием рекомендуется предварительно изучить теоретические материалы по теме и методики расчета, а затем приступить к выполнению лабораторной работы.

Задачи для самостоятельного выполнения предусматривают закрепление теоретических знаний, полученных студентом во время занятий. Их назначение – углубить знания студентов по отдельным вопросам, систематизировать полученные знания, выявить умение проверить свои знания в работе с конкретными материалами.

# 1. ВЗЯТИЕ ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦОВ И ПОДГОТОВКА ИХ К АНАЛИЗУ

## 1.1. Отбор почвенных образцов

Для агрохимической характеристики почв из ее верхних гумусовых горизонтов ( $A_n$  на пашне и  $A_1$  на не вспаханной почве) отбираются смешанные почвенные образцы. В зависимости от типа угодья и особенностей почвенного покрова один смешанный образец может характеризовать свойства элементарного почвенного участка площадью от 0,01-0,1 га до 5-10 га.

### *Лабораторная работа № 1. Отбор почвенных образцов и подготовка их к анализу*

Цель работы: изучить методику взятия смешанных почвенных образцов и предварительно подготовить их к дальнейшим анализам.

Техника взятия смешанных почвенных образцов может быть различной, однако в наиболее простом варианте она сводится к следующему (Рис. 1). В центре исследуемого участка делается прикопка и из неё на всю глубину гумусового (на пашне - пахотного) горизонта лопатой берется около 1 кг почвы. Глубина дернового горизонта может быть от 5-10 см в лесу, до 20-25 см в поле и до 26-30 см - на приусадебных участках. Почву помещают на расчищенную площадку около прикопки и добавляют к ней ещё четыре аналогичные пробы, взятые крестообразно со всех четырех сторон от прикопки на расстоянии 8-10 м. Вся отобранная почва (около 5 кг) тщательно перемешивается и из нее отбирается образец весом 0,5 кг. Его помещают в полиэтиленовый мешочек вместе с этикеткой, на которой указывается номер образца, место взятия (адрес), название почвы, почвенный горизонт и его глубина, фамилия исследователя и дата отбора.

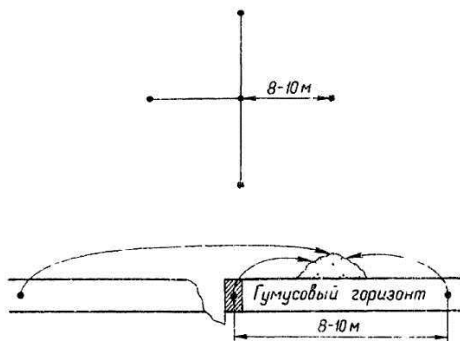


Рис.1. Схема отбора смешанного почвенного образца

Номер образца записывается и на мешочке. Надпись, сделанная обычной пастой, хорошо сохраняется, если дать ей несколько минут подсохнуть. При массовом отборе почвенных проб место взятия отмечается на карте или схеме и делается соответствующая запись в журнале отбора почвенных образцов.

Почвенные образцы, отобранные для агрохимического анализа, должны быть немедленно доведены до воздушно-сухого состояния на подстилке из полиэтиленовой плёнки. К этой операции следует приступать не более чем через сутки после взятия образцов, иначе в полиэтиленовых мешочках почва сильно отсыревает вплоть до исчезновения записи на этикетке. Хранение сырых образцов не допускается, так как под влиянием микробиологических процессов изменяются свойства почвы. Не рекомендуется сушить почву на бумаге с текстом или рисунками, а также на любых поверхностях, покрытых краской. Нежелательно также действие на почву прямых солнечных лучей. Большинство анализов проводят с воздушно – сухими образцами, растертыми и просеянными через сито с отверстиями в 1 мм. Агрегатный анализ необходимо проводить в не растертых образцах. Для просушки образец рассыпают тонким слоем на большом листе плотной бумаги, пинцетом удаляют из почвы все посторонние примеси (растительные остатки, кусочка дерева, мелкие камешки и др.) и, прикрыв сверху другим листом бумаги, оставляют в неизменном состоянии. Помещение для сушки образцов должно быть сухим и защищенным от доступа аммиака, паров кислот и других газов. Высушенный образец делят по диагоналям на четыре части. Две противоположные части берут для растирания, а другие сохраняют в не измененном состоянии. Почву растирают в фарфоровой ступке пестиком, пока диаметр комочков не будет превышать 1-2 мм, и просеивают через сито.

Растирание и просеивание повторяют до тех пор, пока на сите не останутся лишь твердые частицы крупнее 1 мм (скелет почвы). Просеянную через сито почву помещают в банку с притертой крышкой или в коробку. Весь скелет почвы завертывают в бумагу и помещают в ту же банку или коробку. Если необходимо определить количество скелета, нужно взвесить на технических весах почву, предназначенную для растирания, а затем взвесить скелет почвы и вычислить его количество в процентах к навеске почвы.

Для определения гумуса почву подвергают особой подготовке, которая заключается в тщательном удалении всех корешков и дополнительном растирании. Для этого почву, просеянную через сито с отверстиями в 1 мм, высыпают на бумагу, разравнивают тонким слоем и делят на ряд квадратиков площадью около 4: 4 см. Из каждого квадратика берут небольшое количество почвы, составляя среднюю пробу около 5 г. Отобранный образец вновь расстилают тонким слоем на листе бумаги и пинцетом тщательно (с помощью лупы) отбирают крупные корешки. Мелкие корешки отбирают стеклянной палочкой,

наэлектризованной кусочком шерстяной ткани; для этого многократно проводят над слоем почвы на высоте 3-5 см. Все корешки притягиваются палочкой. Эту операцию нужно проводить осторожно, так как на слишком близком расстоянии к палочке могут притягиваться и прилипнуть не только корешки, но и мелкие частицы.

В процессе отбора корешков почву несколько раз перемешивают и вновь рассыпают тонким слоем. Чистоту отбора корешков следует проверить с лупой. По окончании отбора корешков почву растирают в фарфоровой или агатовой ступке и просеивают через сито с отверстиями 0,25 мм. Оставшуюся на сите почву вновь растирают в ступке и просеивают, повторяя эту операцию до полного просеивания всей пробы. Оставлять часть пробы непросеянной нельзя, так как это может исказить показатели содержания гумуса в почве. Подготовленную таким образом пробу следует хранить в маленьком пакете из плотной бумаги или в банчке с притертой пробкой.

Лесные подстилки и образцы торфа благодаря высокой влагоемкости содержат большое количество воды и требуют высушивания в течение нескольких суток. Для этой цели образцы раскладывают тонким слоем на большом листе в хорошо вентилируемых помещениях, ежедневно многократно перемешивая. По окончании просушивания образцы измельчают сначала растиранием в фарфоровых ступках, затем на мельнице и просеивают через сито с отверстиями диаметром 2-3 мм. Затем берут средний образец в 50-200 г, вновь измельчают и просеивают через сито с отверстиями диаметром 1 мм. Частицы, оставшиеся на сите, снова растирают и просеивают до тех пор, пока не будет просеян весь образец. Готовые образцы хранят так же, как и образцы почв.

#### Контрольные вопросы по разделу

1. Какова глубина дернового горизонта в лесу? В поле? На приусадебных участках?
2. Почему образцы почвы, отобранные для агрохимического анализа, должны быть немедленно доведены до воздушно-сухого состояния?
3. Как хранят подготовленный для анализа образец почвы?
4. Чем отличается подготовка к анализу почвенных образцов, взятых с поля и образцов лесной подстилки?



## 2. ВОДА В ПОЧВЕ

Воде принадлежит важнейшая роль во многих процессах, протекающих в почвах. Это выветривание и образование новых минералов, гумусообразование и бесчисленное множество химических и физико-химических реакций в почвенных растворах, тепло регулирование и т. д.

Наземные растения системой своих побегов постоянно расходуют воду на испарение и транспирацию. Эта вода извлекается корнями растений из почвы. Растения потребляют значительное количество воды на жизненные процессы, рост, образование тканей. Физиологи определяют расход воды транспирационными коэффициентами, которые представляют количество воды в граммах, необходимое на синтез 1 г сухого вещества. Эти коэффициенты неодинаковы для различных растений (таблица 1). Для сельскохозяйственных растений они изменяются в пределах 300-700, но иногда могут опускаться до 100 и возрастать до 2000.

*Таблица 1*

Средний расход воды на образование 1 г сухого вещества

Растения	Расход, г	Растения	Расход, г
Рис	680	Клевер	640
Рожь	630	Картофель	640
Овес	580	Подсолнечник	600
Пшеница	540	Арбуз	580
Ячмень	520	Хлопчатник	570
Люцерна	840	Кукуруза	370
Фасоль	700	Просо	300

Расход воды на транспирацию зависит от обеспеченности растения питательными веществами, агрофизического состояния почвы, влажности воздуха и содержания воды в почве. Практически единственный источник снабжения растений водой – почвенная влага.

## 2.1. Формы состояния почвенной влаги

Вода в почве имеет разные физические свойства в зависимости от взаимного расположения и взаимодействия молекул воды между собой и с другими фазами почвы (твердой, газовой, жидкой). Части воды, обладающие одинаковыми свойствами, получили название форм почвенной воды.

*Твердая вода (лед)* является одним из источников жидкой и парообразной воды. Понятие воды в форме льда зависит от климатических условий и может иметь сезонный или многолетний характер. Чаще всего многолетняя влага приурочена к вечной мерзлоте.

*Химически связанная вода* включает конституционную и кристаллизационную влагу.

*Конституционная вода* входит в состав минералов ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , глинистых и др.), органических и органо-минеральных соединений в виде групп OH.

*Кристаллизационная вода* содержится в кристаллогидратах различных солей: гипс –  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , мирабилит –  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , битофит –  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , гидрофилит –  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  и т.д.

*Парообразная вода* содержится в почвенном воздухе в виде водяного пара. Почвенный воздух практически всегда близок к насыщению парами воды, и незначительное понижение температуры приводит к конденсации влаги. Система «парообразная вода – жидкая вода» постоянно находится в движении, пары воды передвигаются в почвах и грунтах от участков с более высокой температурой к более холодным участкам. Во многих случаях переход парообразной воды в жидкую становится важнейшим источником снабжения растений. Это характерно, например, для заасфальтированных жилых улиц и площадей с древесными растениями. В условиях умеренного климата типична следующая закономерность: в теплые периоды года парообразная вода атмосферы мигрирует в холодные слои почвы почвообразующих пород с возможной её конденсацией и, наоборот, в зимнее время происходит обратный процесс – миграция пара из глубоких слоев и его конденсация в верхних почвенных горизонтах.

*Свободная вода* наблюдается в двух формах: капиллярная и гравитационная.

*Капиллярная вода* находится в капиллярах или на стыках (точках соприкосновения) почвенных частиц. Удерживается в почве силами менискового сцепления. Это основная форма влаги, используемая растениями. Она может находиться в разобленном, или неподвижном состоянии (влага разрыва капилляров) или в капиллярно – подвижном, когда все капилляры заполнены. Капиллярная влага является продуктивной формой влаги в почвах. Она подразделяется на капиллярно – подвешенную и капиллярно – подпертую, др.

*Капиллярно – подвешенная вода* заполняет капиллярные поры при увлажнении почв сверху (после дождя или полива). При этом под промоченным слоем всегда имеется сухой, т.е. гигроскопическая связь увлажненного горизонта с постоянным или временным горизонтом подпочвенных вод отсутствует. Вода, находящаяся в промоченном слое, как бы «висит», не стекая, в почвенной толще над сухим слоем. Поэтому она и получила название подвешенной

*Капиллярно – подпертая вода* образуется в почвах при подъеме воды снизу от горизонта грунтовых вод по капиллярам на некоторую высоту, т.е. это вода, которая содержится в слое почвы непосредственно над водоносным горизонтом и гидравлически с ним связана – подпирается водами этого горизонта. Капиллярно – подпертая вода встречается в почвенно-грунтовой толще любого гранулометрического состава. Слой почвы или грунта, содержащий капиллярно – подпертую воду непосредственно над водоносным горизонтом, называют капиллярной каймой. В почвах тяжелого механического состава она обычно больше (от 2 до 6 м), чем в почвах песчаных (40-60 см). Содержание воды в кайме уменьшается снизу вверх. Изменение влажности в песчаных почвах при этом происходит более резко. Мощность капиллярной каймы при равновесном состоянии воды в ней характеризует водоподъемную способность почвы. Выход капиллярной каймы на поверхность или в активно испаряющие почвенные горизонты в условиях сухого климата приводит к накоплению легкорастворимых солей.

*Гравитационная вода* – Свободная форма воды в почве, передвигающаяся под действием сил тяжести. Занимает крупные поры в почве. Принимает участие в формировании уровня грунтовых вод. Гравитационная вода – явление временное. Длительное её присутствие в почве вызывает процесс заболачивания. Гравитационную воду делят на просачивающуюся гравитационную и воду водоносных горизонтов (подпертая гравитационная вода).

*Физически связанная (сорбированная) вода* представлена двумя формами: прочносвязанная и рыхлосвязанная влага.

*Физически рыхлосвязанная (пленочная) вода* представляет собой многомолекулярную пленку вокруг почвенных частиц, в углах их стыка и внутри тончайших пор. Эта вода находится как бы в вязко-жидкой форме и ограничено доступна для растений. Осмотическое давление внутриклеточного сока позволяет корневым волоскам всасывать пленочную воду. Но подвижность этой влаги крайне низкая, и поэтому растения расходуют запас влаги быстрее, чем он восстанавливается. При снижении влажности почвы до уровня

рыхлосвязанной воды растения начинают увядать и не в состоянии синтезировать органическое вещество.

*Физически прочносвязанная (гигроскопическая) вода* адсорбируется из водяных паров почвенного воздуха твердыми частицами почвы, главным образом илистой фракцией. Она прочно удерживается силами электростатического притяжения и для растений недоступна. Содержание этой воды в почвах зависит от механического состава. В глинистых почвах количество гигроскопической воды достигает 5-6%, а в песчаных и супесчаных её содержание не превышает 1-2% от массы почвы.

### ***Лабораторная работа № 2. Определение содержания гигроскопической влаги***

Цель работы: определить содержание гигроскопической влаги в почвенных образцах.

Парообразная вода, поглощенная почвой из воздуха и прочно удерживаемая на поверхности твердых частиц, называется – гигроскопичной. Она находится в равновесии с парообразной влагой атмосферы и характеризует влажность воздушно-сухой почвы.

Гигроскопическая влага - это вода, содержащаяся в воздушно-сухой почве. Удаляется гигроскопичная влага при длительном высушивании почвы при 100-105°C. Количество ее, может быть различным в зависимости от механического состава, содержания органического вещества, минералогического состава и влажности воздуха. В минеральных почвах гигровлага составляет обычно около 2-4%, а в оторфованных - до 10% и более. Показатель гигроскопичности используется при пересчете результатов анализа на абсолютно сухую почву. Чем выше степень дисперсности (раздробленности) почвы и, следовательно, больше суммарная поверхность частиц, а так же выше содержание гумуса и глинистых минералов, тем больше гигроскопической влаги удерживает почва.

При определении количества тех или иных составных частей почвы (гумуса, количества обменных оснований и т. д.) необходимо всегда учитывать количество гигроскопической влаги и все вычисления производить на сухую почву, т. е. почву, не содержащую гигроскопической влаги. Только при этом условии будут получены сравнимые результаты.

#### *Приборы, реактивы*

Весы аналитические, термостат, боксы металлические, эксикатор.

### Ход анализа

Навеску почвы 3-5 г, взятую на аналитических весах с точностью до 0,0001 г, поместить в тщательно вымытый, высушенный и взвешенный металлический бюкс. Бюкс с почвой поставить в термостат, просушить в течение 4 часов при температуре 105°С, охладить в эксикаторе и взвесить на аналитических весах. Содержание гигроскопической влаги рассчитать по формуле:

$$\Gamma_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{a \cdot 100}{b}, \% \quad (1)$$

где  $a$  - вес испарившейся воды;

$b$  - вес абсолютно сухой почвы;

100 - коэффициент пересчета на проценты.

Коэффициент гигроскопичности для пересчета результатов анализа воздушно-сухой почвы на абсолютно сухую вычислить по формуле:

$$K_{\Gamma} = \frac{100 + \Gamma_{\text{H}_2\text{O}}}{100} \quad (2)$$

## **2.2. Экологическое значение воды в почве**

Растения чувствительны как к недостатку влаги в почвах, так и к её избытку. При недостатке влаги падает тургорное давление клеток, теряется их эластичность, резко снижается динамика всех биохимических процессов, сокращается поглощение углекислоты через устьица, в биомассе накапливаются вещества – ингибиторы – все это приводит к падению биологической продуктивности или к полной гибели растений.

При избытке влаги у растений нарушается кислородный обмен, а в почвах накапливаются ядовитые закисные соединения. Для большинства сельскохозяйственных растений содержание воздуха в почве, обеспечивающее хорошие условия для роста и развития, а также надлежащий газообмен между почвой и атмосферой, равно 20-40 % от порозности. Это обеспечивается уровнем влажности почвы, равной 60-80 % от наименьшей (полевой) влагоемкости.

Растения по-разному приспосабливаются к недостатку или избытку влаги в почвах. При недостатке воды засухоустойчивые растения имеют повышенную сосущую силу корней, а также развивают мощную глубокопроникающую корневую систему. Уменьшение потери воды происходит благодаря закрытию устьиц, кутикулярной защите и уменьшения транспирирующей поверхности. Многие растения обладают способностью запасать воду.

А.А. Роде отмечал, что содержащаяся в почвах продуктивная влага в пределах от наименьшей влагоемкости (НВ) до влажности завядания (ВЗ) неравноценна для их роста и развития. Наибольшей доступностью отличается вода, находящаяся в пределах от наименьшей влагоемкости до влажности разрыва капилляров. Этот интервал для большинства растений характеризуется оптимальными условиями водообеспеченности. От влажности разрыва капилляров до влажности завядания наблюдается замедление роста. Интересна и другая экологическая особенность оптимума влажности: чем выше влажность почвы, тем меньше воды надо для создания органического вещества. При низкой влажности больше воды расходуется на создание биомассы, чем при высокой влажности. При ВЗ эффективность использования влаги равна нулю, т.к. она вся расходуется на транспирацию.

Общая оценка доступности различных форм воды для растений показана в таблице 2.

Таблица 2

Формы воды в почвах, их доступность и способ перемещения к корням.

Доступность воды растениям	Подвижность и способ передвижения к корням
<b>Продуктивная влага</b>	
От полной влагоемкости (ПВ) до наименьшей влагоемкости (НВ)	
Легкодоступная гравитационная и избыточная при недостатке воздуха	Передвигается к корням свободно в жидком виде, может вытекать из почвы под влиянием силы тяжести
От наименьшей влагоемкости (НВ) до влажности разрыва капилляров (ВРК)	
Среднедоступная почвенная влага	Среднеподвижная, не течет, прочно удерживается почвой. Поступает к корням в основном по капиллярам и ленкам в жидком виде, может и в виде пара
От влажности разрыва капилляров (ВРК) до влажности завядания (ВЗ)	
Труднодоступная почвенная влага	Трудноподвижная, поступает к корням в форме пара, возможен и пленочный механизм передвижения воды
<b>Непродуктивная влага</b>	
От влажности завядания (ВЗ) до максимальной гигроскопичности (МГ)	
Недоступная или труднодоступная почвенная влага	Слабоподвижная, передвигается только в виде пара, частично поглощается корнями с большой сосущей силой
От максимальной гигроскопичности (МГ) до воды, связанной в кристаллических решетках минералов	
Недоступная растениям влага	Малоподвижная в виде пара и неподвижная влага

Растения, приспособленные к избытку влаги, могут образовывать внутренние воздухоносные ткани в корнях (кукуруза, рис). Приспособление к плохой аэрации заключается в развитии неглубокой системы в верхнем слое почвы, который лучше снабжается воздухом.

Важнейшей экологической характеристикой почвы является влажность устойчивого завядания или влажность завядания. Она характеризуется коэффициентом завядания. Его величина зависит от количества в почвах коллоидов и глинистых минералов. Почвы, богатые гумусом и тяжелые по механическому составу, отличаются более высокими значениями влажности, при которых растения начинают завядать, чем почвы песчаные и супесчаные (Таблица 3).

Таблица 3

Влажность устойчивого завядания для различных почв и растений

Растения	Влажность завядания, % от массы почвы	
	Чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый	Подзолистая супесчаная почва
Огурцы	16,5	3,87
Лен	15,16	4,08
Пшеница	14,2	2,52
Солерос	14,13	3,98

Для почвоведения характерны такие парадоксы: сухая почва, находящаяся в комнате, содержит влагу. Например, в образце чернозема весом 1 кг количество воды достигает 50-60 г (5-6% гигроскопической воды). Её можно определить высушиванием в термостате. А влажная почва слитого чернозема, содержащая 1 кг 200 г воды, физиологически является сухой, так как эта вода прочно связана и недоступна для растений.

Различные растения начинают завядать при различной влажности, т.е. влажность завядания зависит не только от свойств почвы, но и от вида растений. Всасывающая способность корней определяет уровень нижней границы доступной влаги. Растения – ксерофиты начинают завядать при более низких значениях влажности почвы.

Фруктовые растения дополнительно поглощали из суглинистой и глинистой почвы 16-24 %, а из песчаной – 40 % того запаса, при котором устойчиво увядали все листья подсолнечника.

Засухоустойчивые растения позволяют возделывать их при весьма ограниченных запасах почвенной влаги. Например, виноград проявляет признаки массового завядания только при влажности, соответствующей максимальной гигроскопичности.

Влажность завядания зависит от плотности почвы. При уплотнении почвенного профиля резко сокращается содержание водо- и воздухопроводящих пор, в которые могли бы проникать корни растений. В то же время увеличивается количество мелких неактивных пор, содержащих непродуктивную влагу, удерживаемую почвой с давлением более 16 атмосфер. В связи с этим влажность завядания неодинакова на рыхлых и плотных почвах. При плотности 1,50-1,55 г/см<sup>3</sup> ВЗ на 28-30 % больше по сравнению с плотностью 1,11-1,44 г/см<sup>3</sup>.

Влажность завядания служит нижней границей продуктивной влаги. Её определяют непосредственно, фиксируя влажность почвы, при которой растения начинают завядать. Используют также величины максимальной гигроскопичности:

$$ВЗ = k * МГ, \quad (3)$$

где  $МГ$  – максимальная гигроскопичность;

$k$  – коэффициент завядания, зависящий от растения и типа почвы. В среднем  $k = 1,50$  для тяжелых почв и  $1,25$  – для легких.

Неодинаковое отношение растений к влажности завядания иллюстрирует таблица 4.

Таблица 4

Коэффициенты завядания различных сельскохозяйственных культур

1,0-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	1,6-1,8
Виноград	Сорго	Груша	Подсолнечник
Маш (фасоль золотистая)	Яблоня лесная	Вишня	Смородина
Сорго	Яблоня	Черешня	Чай
	Айва	Слива	Огурцы
	Суданская трава	Алыча	Картофель
	Донник	Лен	Овес
	Люцерна	Пшеница	Кукуруза
	Житняк	Ячмень	Гречиха
		Просо	Соя
			Мята перечная

Избыток влаги в почве, когда влажность превышает НВ, так же неблагоприятен для растений, как и недостаток влаги. В затопленных почвах не содержится воздух. Растворенный в воде кислород, поступающий из атмосферы, быстро потребляется верхним и очень тонким слоем почвы. В самой же почве образуется метан, сероводород, углекислый газ



и другие, ядовитые для растений соединения. Растения до некоторой степени могут приспосабливаться к недостатку кислорода.

Водные и воздушные свойства почвы тесно связаны с ее плотностью и механическим составом. При тяжелом механическом составе и повышенной плотности объем воздуха в почве резко сокращается за счет увеличения количества труднодоступной для растений влаги.

Неодинакова длительность выживания различных растений в условиях переувлажнения или затопления. В таблице 5 отражена устойчивость различных растений к затоплению.

Таблица 5

Относительная устойчивость растений к затоплению

Неустойчивые	Слабоустойчивые	Устойчивые
Люцерна	Яблоня	Канареечник
Фасоль	Костер	Овсяница высокая
Клевер	Хлопчатник	Груша
Донник белый	Овсяница луговая	Рис
Овес	Ежа сборная	Клевер гибридный
Персик	Слива	
Картофель	Рожь	
Томат	Пшеница	

Экологический оптимум влажности почвы для нормального роста и развития неодинаков у разных групп растений. Например, для чайного куста оптимальная влажность составляет 80-90 % от НВ. При влажности менее 80 % начинается замедление роста. Оптимальная влажность для зерновых и корнеплодов составляет 60-80 % от полевой влагоемкости пойменных торфяных почв. А маш для оптимального роста требует только 50 % от НВ. Обобщающие данные по оптимальной влажности для различных растений приведены в таблице 6.

Таблица 6

Оптимум влажности почвы для различных растений

Содержание воды в почве, % от полевой влагоемкости				
Более 100	100-80	80-70	70-60	Менее 60
Рис	Мандарин Фейхоа Чай Мята перечная Огурцы	Картофель Гречиха Смородина Горох Капуста	Свекла Люцерна Пшеница Рожь Ячмень	Тамарик Люцерна Маш

		Клевер Овес Кукуруза Соя Конопля	Хлопчатник Подсолнечник Виноград	
--	--	--	--	--

Контрольные вопросы по разделу

1. Что такое «транспирационный коэффициент»? Для чего он определяется?
2. Перечислите формы состояния почвенной влаги.
3. От чего зависит содержание гигроскопической влаги в почве?
4. Как растения приспосабливаются к недостатку влаги в почве? К избытку?
5. Что такое «влажность завядания»? В чем заключается ее экологическая значимость?
6. Как связаны водные и воздушные свойства почвы?
7. Объясните своими словами особенность оптимума влажности: чем выше влажность почвы, тем меньше воды надо для создания органического вещества.

### 3. ПОЧВЕННАЯ КИСЛОТНОСТЬ И ЩЕЛОЧНОСТЬ

Реакция среды имеет значение для направленности почвенных процессов и уровня почвенного плодородия. Кислотные условия зависят от типов почв, их подтиповых, родовых различий и могут колебаться в широких пределах. Черноземы, коричневые почвы, сероземы характеризуются нейтральными условиями. Щелочная реакция наблюдается у солонцов и солонцеватых почв. Кислые реакции типичны для почв влажных лесов (подзолистые, серые и бурые лесные, красноземы, желтоземы и др.). Кислотность почвы обусловлена наличием в ней кислот и физиологически кислых солей. Источником их являются различные биохимические реакции, происходящие в почве, а также внесение физиологически кислых удобрений. Избыточная кислотность угнетающе действует на растения и почвенные микроорганизмы, что приводит к снижению плодородия почвы.

О степени кислотности почвы обычно судят по концентрации в ней свободных ионов водорода ( $H^+$ ), поскольку с любым анионом он может образовать кислоту. Различают актуальную и потенциальную кислотность.

*Актуальная кислотность почв* – это концентрация ионов  $H^+$  в почвенном растворе в граммах – эквивалентах (моль) на 1 литр, выражаемая величинами pH, где  $pH = -\lg [H^+]$ .

Чистая вода неэлектропроводна, но тем не менее при 25 °C из одного моля воды диссоциирует на ионы  $0,0000001$  или  $1 \cdot 10^{-7}$  моль воды. Так как число ионов в чистой воде  $H^+ = OH^-$ , то диссоциацию воды характеризуют ионным произведением:

$$K = [H^+] \cdot [OH^-] = [1 \cdot 10^{-7}] \cdot [1 \cdot 10^{-7}] = 10^{-14}$$

Коэффициент  $K$  – константа показывает, что эта величина не изменяется при любых изменениях количества ионов  $H^+$  и  $OH^-$ . Допустим, что при добавлении щелочи концентрация ионов  $OH^-$  стала равна  $10^{-4}$ , значит, концентрация ионов  $H^+$  будет  $10^{-10}$ . Другой случай: добавили кислоту. Концентрация ионов стала  $10^{-4}$ , значит, концентрация ионов  $OH^-$  будет  $10^{-10}$ . Это ионное произведение воды, его сомножители принято обозначать показателем pH, причем отрицательным логарифмом (степень, в которую возводится 10, записывается с обратным знаком). Пишут:  $pH = 6$ . Это значит, что в растворе концентрация  $[H^+] = 10^{-6}$  моль/л и, следовательно, концентрация  $[OH^-] = 10^{-8}$  моль/л, т.е. ионов  $OH^-$  в 100 раз меньше, чем ионов  $H^+$ . Среда кислая. При  $pH = 9$  концентрация ионов водорода в растворе  $10^{-9}$ , а гидроксид-ионов –  $10^{-5}$ , т.е. их в 10000 раз больше, чем ионов  $H^+$ . Среда щелочная. Таким образом, за цифрами показателя pH необходимо научиться видеть и учитывать количество ионов  $H^+$  и дополнительное к нему, согласно с ионному произведению воды, количество ионов  $OH^-$ , представляемое в грамм-эквивалент (моль) на 1 литр.

Жизнь животных и растений может протекать при pH от 2,5-3 до 10-10,5. За пределами этих концентраций ионов водорода проявление жизни крайне ограничено. Этот же, даже несколько больший размах pH встречается и в почвах.

Величина pH является наиболее устойчивым генетическим показателем конкретной почвы. Варьирование pH в границах типичных значений составляет 5-10 %. Всякое изменение реакции среды приводит к резкой смене характера почвообразования. Ряд почвенных процессов имеет строгую приуроченность к определенным пределам водородного показателя. Это солонцовый процесс, оподзоливание, пептизация и коагуляция коллоидов, ферралитизация, микробиологические явления и т.д. Антропогенетические изменения pH происходят при окультуривании или деградации почв. Для всех почв величина их pH считается существенным диагностическим критерием.

*Потенциальная кислотность* – это количество обменных ионов  $H^+$  и  $Al^{3+}$  в составе почвенного поглощающего комплекса (ППК), выражаемое в миллиграмм – эквивалентах на 100 граммов почвы (м.-эkv./100г).

В водной среде происходят реакции:

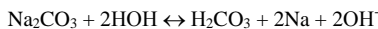


В результате реакций обмена поглощенные ионы  $H^+$  и  $Al^{3+}$  определяют концентрацию ионов  $H^+$  в почвенном растворе или его pH, т.е. потенциальная кислотность есть скрытая в ППК кислотность.

Потенциальная кислотность разделяется на обменную и гидролитическую.

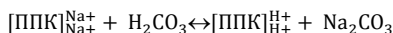
Различают также актуальную и потенциальную щелочность.

*Актуальная щелочность почв* обусловлена присутствием в почве гидролитически щелочных солей:  $Na_2CO_3$ ,  $NaHCO_3$ ,  $Ca(HCO_3)_2$ ,  $MgCO_3$ ,  $Mg(HCO_3)_2$  и др.



Эти соли увеличивают концентрацию ионов  $OH^-$  в почвенном растворе, pH становится щелочной.

*Потенциальная щелочность* характерна для почв солонцеватых, содержащих обменный натрий:



Следовательно, потенциальная щелочность – не что иное, как солонцеватость почв.

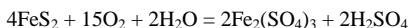
Значение солей, встречающихся в почвах, в формировании реакции почвенной среды иллюстрирует таблица 7.

Таблица 7

Реакция (рН) растворов соединений, встречающихся в почвах

Соединения	рН	Соединения	рН
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	12-13	CaSO <sub>4</sub>	7,0
CaCO <sub>3</sub> без CO <sub>2</sub>	10,2	H <sub>2</sub> O	6,7-7,1
CaCO <sub>3</sub> + CO <sub>2</sub>	8,5	NaSO <sub>4</sub> , NaCl	6,5-6,8
MgCO <sub>3</sub> ,	11,5	NH <sub>4</sub> Cl	4,7
Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	6,1-8,4	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3,9-5,7
NaHCO <sub>3</sub>	8,5-9,5	KAl(Si <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , AlCl <sub>3</sub>	2-4

Сильно кислую реакцию среды (рН 2-4) могут создавать при окислении различные сульфиды, которые содержатся в засоленных приморских болотах или в отвалах угольных карьеров и шахт:



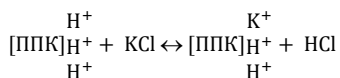
В создании определенной реакции среды велика роль органических остатков. Лесная подстилка подзолистых и серых лесных почв имеет обычно рН 3,5-5,0. Гумусовые же вещества, образующиеся в этой подстилке, более кислы – 3,0-3,5. Особенно кислы продукты разложения мхов – рН 2,5-3,0. При разложении растительного опада в лесных биогеоценозах образуются и свободные органические кислоты типа уксусной, щавелевой, лимонной и др.

Антропогенные подкисления почв вызываются кислыми продуктами фабричных и заводских отходов, попадающих в атмосферу: хлор и соляная кислота, сероводород и сернистый ангидрид, окислы азота, соединения алюминия, углекислота. Западноевропейские и скандинавские исследователи отмечают рН атмосферных осадков 4,0 – 2,0.

### 3.1 Анализ кислотности почвы

#### 3.1.1. Определение обменной кислотности

Обменная кислотность обусловлена наличием в почвенном поглощающем комплексе (ППК) ионов водорода (H<sup>+</sup>), которые могут быть вытеснены раствором нейтральной соли. В качестве такого раствора используется 1 н, KCl. Обменная реакция между катионами калия и водорода происходит на поверхности почвенных коллоидов по следующей схеме:



Реакция идет до установления равновесия. При этом в раствор переходят не все ионы водорода. Величину обменной кислотности устанавливают по количеству образовавшейся в растворе соляной кислоты, которую определяют потенциометрически в единицах pH или титрованием слабым раствором щелочи в мг-экв на 100 г почвы. Суммарную величину обменной кислотности, обусловленную как водородом, так и алюминием, определяют методом Дайкухара. Группировка почв по обменной кислотности представлена в таблице 8.

При определении обменной кислотности путем титрования, кроме ионов (H<sup>+</sup>), учитывается еще и содержание ионов алюминия (Al<sup>3+</sup>), наличие которых в почве также способствует увеличению ее кислотности, пользуются методом Соколова.

Таблица 8

Группировка почв по обменной кислотности почв (pH)

Реакция среды	Величина pH
Сильнокислая	< 4,5
Среднекислая	4,5-5,0
Слабокислая	5,0-5,5
Близкая к нейтральной	5,5-6,0
Нейтральная	6,0-7,0
Щелочная	>7,0

### **Лабораторная работа №3. Определение pH солевой вытяжки**

Цель работы: определить величину pH солевой вытяжки почвы.

#### Приборы и реактивы

1. Ионмер (pH-метр),
2. Весы технические,
3. Стаканчики на 50-100 мл,
4. 1 н. раствор KCl.

### Ход анализа

10 г почвы поместить в стаканчик, прилить 25 мл 1 н. раствора KCL, взболтать и оставить на сутки. На следующий день раствор снова взболтать и определить величину pH на pH-метре, опуская электроды прямо в суспензию. При массовых анализах всполаскивать электроды водой после каждого определения не обязательно (навеска для анализа торфа и лесной подстилки - 1 г.).

74,66 хлористого калия растворить в воде и довести объем в мерной колбе до 1 л. Добавлением 0,1 н. растворов HCL или NaOH установить pH раствора 5,6-5,8 (обычно 5-10капель 0,1 н. HCL). Раствор проявляет буферность, поэтому готовить его следует, как минимум, за сутки до проведения анализа и перед применением обязательно проверить величину pH.

Примечание. При полном агрохимическом анализе почвы наряду с определением pH солевой вытяжки иногда определяют pH водной вытяжки (актуальную кислотность). Анализ производится в точном соответствии с определением pH солевой вытяжки, только вместо 1 н. KCL используется дистиллированная вода.

### Определение pH на иономере ЭВ-74

1. Включить прибор в сеть и прогреть его около 1 часа, нажав на кнопки "АНИОНЫ-КАТИОНЫ", "1-19" и "t". Переключатель регулирования температуры (на задней стенке прибора) должен быть в положении "АВТ".

2. Поместить электроды в буфер "3,56", нажать на кнопку "pX" и установить стрелку ручкой "КАЛИБРОВКА" на 3,56 сначала по шкале "1-19", затем – "1-4".

3. Нажать кнопку "t" и, промыв электроды, погрузить их в буфер "6,86". Нажать на кнопку "pX". Ручкой "КРУТИЗНА" установить стрелку на 6,86 сначала по шкале "1-19", затем – "4-9".

4. Операцию настройки по буферным растворам повторить несколько раз, добиваясь абсолютно точных показаний прибора.

5. После настройки прибора приступить к определению pH исследуемых растворов, промывая электроды дистиллированной водой и слегка осушая их фильтровальной бумагой, после каждого определения.

6. При длительной работе периодически проверять настройку прибора по буферным растворам "3,56" и "6,86".

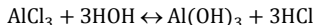
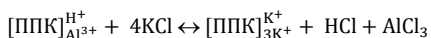
Примечание. Прибор должен быть заземлен.

*Лабораторная работа № 4. Анализ обменной кислотности и подвижного алюминия по А.В. Соколову*

Цель работы: определить величину обменной кислотности почвы и содержание подвижного алюминия почвы.

Как уже отмечалось, обменная кислотность обусловлена в основном содержанием в почве ионов водорода ( $H^+$ ). Однако в определенных условиях большое влияние на нее оказывает присутствие ионов алюминия ( $Al^{3+}$ ). Негативное действие подвижного алюминия обычно отмечается на кислых почвах ( $pH < 5,0-5,3$ ). При содержании ионов ( $Al^{3+}$ ) около 3-4 мг на 100 г почвы культурные растения начинают страдать от его избытка, а при концентрации в 7-8 мг/100 г почвы - погибают.

Ионы ( $Al^{3+}$ ), так же как и ионы ( $H^+$ ), вытесняются из почвы раствором нейтральной соли – 1 н. KCl. При вытеснении калием с поверхности почвенных коллоидов ионов ( $Al^{3+}$ ) образуются хлориды алюминия, которые в водной среде обуславливают кислую реакцию в результате образования молекул соляной кислоты. Таким образом, полная формула обменной кислотности почвы выглядит следующим образом:



Величину обменной кислотности в мг-экв. на 100 г почвы и содержание подвижного алюминия в мг/100 г почвы определяют путем титрования образующейся в растворе соляной кислоты 0,02 н, раствором NaOH.

Приборы и реактивы:

1. Весы технические, плитка электрическая, колбы на 150-200 мл., мерный цилиндр на 100 мл., колбочки на 100-150 мл., пипетки на 50 и 25 мл., микробюретки на 5 мл.;

2. 1 н. раствор KCl: 74,56 г KCl растворить в воде, довести объем до 1 л и установить pH 5,6-5,8;

3. 0,02 н. раствор NaOH: 0,8 г NaOH растворить в воде и довести объем до 1 л (200 мл титрованного 0,1 н. NaOH поместить в мерную колбу на 1 л и довести водой до метки).

4. 3,5%-й раствор NaF: 3,5 г NaF растворить в воде и довести объем до 100 мл. В присутствии фенолфталеина раствор должен давать бледно-розовую окраску. Устанавливают ее добавлением NaOH или HCl (обычно 5-10 капель 0,1 н. NaOH).



### Ход анализа

1. 40 г почвы поместить в колбу, прилить 100 мл 1 н. раствора KCl, взболтать в течение часа на ротаторе и отфильтровать. Часовое взбалтывание на ротаторе можно заменить 3 минутным с последующим отстаиванием в течение суток. В данном варианте можно работать с отстоем, не фильтруя вытяжку, что способствует большей чистоте анализа.

2. В две колбочки поместить по 25 мл фильтрата или отстоя и прокипятить на плитке в течение 5 минут для удаления CO<sub>2</sub>.

3. В одну из колбочек сразу же добавить 2-3 капли фенолфталеина и оттитровать горячую вытяжку 0,02 н. NaOH до бледно-розовой окраски. Результат данного титрования используется для вычисления обменной кислотности по формуле:

$$OK = a * 0,02 * 10 * 1,75 \quad (4)$$

где *OK* - обменная кислотность почвы, мг-экв на 100 г почвы;

*a* - количество мл 0,02 н. NaOH, пошедшее на титрование;

*10* - коэффициент пересчета на 100 г почвы (25 мл вытяжки соответствуют 10 г почвы);

*1,75* - поправка на неполноту вытеснения ионов H<sup>+</sup>.

4. В оставшуюся колбочку добавить 1 мл 3,5%-го раствора NaF (для осаждения ионов Al<sup>3+</sup>), охладить и оттитровать 0,02 н. NaOH в присутствии фенолфталеина. Количество 0,02 н. NaOH, пошедшее на данное титрование, соответствует наличию в растворе ионов H<sup>+</sup> поскольку ионы Al<sup>3+</sup> были осаждены фтористым натрием.

Содержание подвижного алюминия вычисляется по разности количества 0,02 н. NaOH, которое пошло на титрование в первом и втором случае (с Al<sup>3+</sup> и без Al<sup>3+</sup>):

$$Al^{3+} = (a - b) * 10 * 0,18 \quad (5)$$

где *Al<sup>3+</sup>* - содержание Al<sup>3+</sup> в мг/100 г почвы;

*a* - количество мл 0,02 н. NaOH, пошедшее на первое (горячее) титрование;

*b* - количество мл 0,02 н. NaOH, пошедшее на второе (холодное) титрование;

*10* - коэффициент пересчета на 100 г почвы;

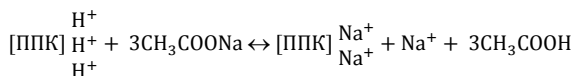
*0,18* - коэффициент пересчета алюминия в мг (1 мл 0,02 н. NaOH соответствует 0,18 мл Al<sup>3+</sup>).

### **3.1.2. Определение гидролитической кислотности (Н)**

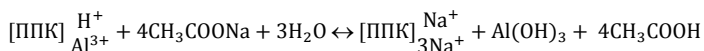
Принципиальной разницы между обменной и гидролитической кислотности нет. Гидролитическая кислотность больше обменной, последняя является частью гидролитической кислотности. Только в красноземах и латеритных почвах обменная

кислотность больше гидролитической, так как эти почвы поглощают молекулы уксусной кислоты с образованием нерастворимых уксуснокислых солей железа и алюминия.

Гидролитическая кислотность обусловлена наличием в почве (ППК) ионов водорода, которые могут быть вытеснены действием гидролитически щелочной соли. В качестве такой вытяжки обычно используется 1 н. раствор уксуснокислого натрия. Действие его на почву по сравнению с 1 н. KCl гораздо сильнее, так как уксусная кислота – слабогидролизуемая соль, практически связывает все водородные ионы и происходит практически полное вытеснение протонов из почвенного поглощающего комплекса, поэтому в вытяжку 1 н. CH<sub>3</sub>COONa переходят все находящиеся в почвенном растворе и на поверхности коллоидов ионы водорода. Реакция вытеснения происходит по следующей схеме:



Полная формула определения гидролитической кислотности с учетом вытеснения из ППК подвижного алюминия выглядит следующим образом:



Величину гидролитической кислотности (Н) определяют по количеству образовавшейся в растворе уксусной кислоты. Сделать это можно двумя путями:

1. Титрованием 0,1 н. раствором NaOH.
2. Потенциометрически.

В настоящее время предпочтение отдается второму методу по причине его более высокой производительности и экономии реактивов.

#### ***Лабораторная работа № 5. Анализ гидролитической кислотности по Каппену (с титрованием)***

Цель работы: определить величину показателя гидролитической кислотности при помощи титрования.

##### Приборы и реактивы:

1. Весы технические, стаканы на 100-150 мл, колбы на 100-150 мл, фильтры диаметром 10-11 см, мерные цилиндры на 50 мл, пипетки на 25 мл, бюретки на 25 мл;
2. 1 н. раствор CH<sub>3</sub>COONa: 136,6 г уксуснокислого натрия растворить в воде и довести объем до 1 л. Установить pH раствора 8,2-8,4 добавлением 0,1 н. растворов HCl или NaOH.

3. 0,1 н. раствор NaOH: 4,0 г едкого натрия растворить в воде и довести объем до 1 л. Установить титр раствора по фиксаляу 0,1 н. HCl.

4. Фенолфталеин 1%-й спиртовый раствор: 1 г фенолфталеина растворить в этиловом спирте и довести объем до 100 мл.

#### Ход анализа

20 г почвы поместить в колбу или стаканчик, прилить 50 мл 1 н. CH<sub>3</sub>COONa, взболтать и оставить на сутки. На другой день снова слегка взболтать и отфильтровать. 25 мл фильтрата поместить в колбочку, добавить 2-3 капли фенолфталеина и оттитровать 0,1 н. раствором NaOH до бледно-розовой окраски, не исчезающей в течение минуты.

Величину *H* вычислить по формуле:

$$H = \frac{a \cdot K \cdot 100 \cdot 0,1 \cdot 1,75 \cdot k}{P}, \quad (6)$$

где *H* - гидролитическая кислотность, мг-экв, на 100 г почвы;

*a* - количество раствора 0,1 н. NaOH, пошедшее на титрование;

*K* - поправка к титру 0,1 н. NaOH (см. приложение);

100 - коэффициент пересчета на 100 г почвы;

0,1 - коэффициент перевода в мг-экв.;

1,75 - поправочный коэффициент на полноту вытеснения ионов H<sup>+</sup>;

*k* - коэффициент гигроскопичности;

*P* - навеска почвы в г., соответствующая объему титруемого фильтрата.

#### Титрованные растворы. Определение поправки к титру 0,1 н. NaOH

Поправка к титру приготовленного при растворении навески реактива 0,1 н. раствора NaOH устанавливается обычно по идеальному (фиксальному) раствору 0,1 н. HCl. Его получают путем разбавления в литровой мерной колбе строго определенного количества (фиксала) концентрированной соляной кислоты, запаянной в стеклянную ампулу.

#### Порядок определения

1. 25 мл идеального раствора 0,1 н. HCl поместить в колбочку и оттитровать приготовленным 0,1 н. раствором NaOH в присутствии фенолфталеина. Если на титрование пошло ровно 25 мл 0,1 н. NaOH, то никакой поправки делать не нужно (*k* = 1,0). В противном случае возникает необходимость расчета точной концентрации раствора NaOH и поправки к титру.

2. Концентрация раствора NaOH рассчитывается по уравнению:

$$a * 0,1 \text{ н.} = b * x \quad (7)$$

где  $a$  - количество мл 0,1 н. HCl, взятого для титрования;

$b$  - количество мл раствора NaOH, пошедшего на титрование;

$x$  - концентрация (нормальность) раствора.

При  $a = 25$  мл идеального 0,1 н. раствора:

$$x = \frac{25 * 0,1}{b} \quad (8)$$

Пример 1. На титрование 25 мл точного 0,1 н. HCl пошло 25,8 мл раствора NaOH.

$$x = \frac{25 * 0,1}{25,8} = 0,09689 \text{ н.}$$

Это свидетельствует о том, что раствор NaOH несколько слабее требуемой концентрации 0,1 н. В таком случае вводится поправка к титру (отношение нормальной концентрации к стандартной), которая в данном случае будет равна  $K_{\text{NaOH}} = 0,09689 \text{ н.} : 0,1 \text{ н.} = 0,9689$ . Пошедшее на титрование при проведении анализов количество 0,09689 н. NaOH нужно умножить на эту цифру, иначе результаты получатся завышенными.

Пример 2. На титрование 25 мл идеального 0,1 н. HCl пошло 24,3 мл раствора NaOH.

$$x = \frac{25 * 0,1}{24,3} = 0,10288 \text{ н.}$$

Раствор NaOH получился более концентрированным, чем 0,1 н. Поправка к титру  $K_{\text{NaOH}} = 1,0288$  и количество мл NaOH, пошедшее на титрование при проведении анализов, нужно умножить на 1,0288, чтобы результаты не получились заниженными.

Титрованный 0,1 н. раствор NaOH можно использовать для приготовления титрованных растворов кислот, в частности 0,1 н. HCl, с расчетом поправки к титру  $K_{\text{HCl}}$ . Поправка к титру 0,1 н. HCl, приготовленного из фиксанала равна 1,00. Однако, если раствор готовится из обычной соляной кислоты, уточнение его нормальности и вычисление поправки к титру обязательно.

### ***Лабораторная работа № 6. Анализ гидролитической кислотности по Каппену рН-метрическим методом***

Цель работы: определить величину показателя гидролитической кислотности рН-метрическим методом.

### Приборы и реактивы

1. Ионмер (рН-метр) (как работать с прибором - см. выше), весы технические, стаканчики на 50-100 мл;

2. 1 н.раствор  $\text{CH}_3\text{COONa}$  (136,6 г  $\text{CH}_3\text{COONa}$  растворить в воде и довести водой до 1 л. Установить рН раствора в пределах 8,3-8,4, добавляя по каплям 10%-й раствор  $\text{NaOH}$  или 10%-й  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Раствор хранить не более 3 дней);

3. Буферные растворы для настройки рН-метра: 3,56; 6,86; 9,18.

### Ход анализа

10 г почвы поместить в стаканчик, прилить 25 мл 1 н. раствора  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , взболтать в течение 1 минуты и оставить на сутки. На другой день раствор снова взболтать и определить величину рН на рН-метре с точностью до сотых долей. Электроды при переносе из одной почвенной суспензии в другую можно не обмывать.

Величину гидролитической кислотности (Н) в мг-экв. на 100 г почвы найти по таблице 9.

Таблица 9

Перевод рН ацетатной вытяжки в единицы гидролитической кислотности

рН	рН (сотые доли)									
	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
	Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы									
6,0	17,3	16,9	16,6	16,2	15,8	15,5	15,2	14,9	14,5	14,2
6,1	13,9	13,6	13,3	13,1	12,8	12,5	12,2	12,0	11,7	11,5
6,2	11,2	11,0	10,8	10,5	10,3	10,1	9,84	9,64	9,44	9,23
6,3	9,04	8,83	8,65	8,45	8,28	8,11	7,92	7,76	7,59	7,41
6,4	7,28	7,11	6,97	6,81	6,69	6,53	6,38	6,25	6,11	5,98
6,5	5,85	5,73	5,61	5,48	5,37	5,25	5,14	5,03	4,92	4,82
6,6	4,71	4,61	4,52	4,42	4,32	4,23	4,14	4,05	3,96	3,82
6,7	3,79	3,71	3,63	3,56	3,48	3,40	3,33	3,26	3,19	3,13
6,8	3,05	2,99	2,92	2,86	2,80	2,74	2,68	2,62	2,57	2,52
6,9	2,46	2,41	2,35	2,31	2,25	2,21	2,16	2,11	2,07	0,22
7,0	1,98	1,94	1,90	1,86	1,82	1,78	1,74	1,70	1,67	1,63
7,1	1,60	1,56	1,53	1,50	1,46	1,43	1,40	1,37	1,34	1,31
7,2	1,28	1,26	1,23	1,20	1,18	1,15	1,13	1,10	1,08	1,06
7,3	1,03	1,01	0,99	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85
7,4	0,83	0,81	0,80	0,78	0,76	0,76	0,73	0,72	0,70	0,68
7,5	0,67	0,66	0,64	0,63	0,61	0,60	0,59	0,58	0,56	0,55
7,6	0,54	0,53	0,52	0,51	0,49	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44
7,7	0,43	0,43	0,42	0,41	0,40	0,39	0,38	0,37	0,37	0,36
7,8	0,35	0,34	0,33	0,33	0,32	0,31	0,31	0,30	0,29	0,29
7,9	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23

8,0	0,23									
-----	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Таблица 10

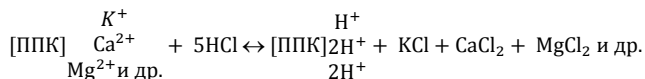
Группировка почв по гидролитической кислотности (Н), мг-экв на 100 г почвы

Кислотность почв	Показатель гидролитической кислотности, мг-экв на 100 г почвы
Высокая	> 5
Средняя	2-5
Низкая	< 2

### 3.2. Анализ щелочности почвы

#### *Лабораторная работа № 7. Определение суммы поглощенных оснований (s) по Каппену-Гильковицу*

Сумма поглощенных оснований - это общее количество поглощенных почвой (ППК) металлических катионов, выраженное в мг-экв/100 г почвы. Чем больше этот показатель, тем выше плодородие почвы, поскольку многие катионы металлов ( $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  и др.) являются важнейшими элементами минерального питания. Определение суммы поглощенных оснований сводится к вытеснению их из ППК слабым раствором соляной кислоты.



Соляная кислота берется с избытком. Величину суммы поглощенных оснований определяют по остатку непрореагировавшей HCl, который устанавливают путем титрования 0,1 н. раствором NaOH.

Данный метод дает лишь очень приблизительные результаты, так как при однократном настаивании почвы с кислотой обменные основания не вытесняются полностью, кроме того, часть кислоты расходуется на побочные реакции с твердой частью почвы.

#### Приборы и реактивы

1. Весы технические, плитка электрическая, колбочки на 100-150 мл, стаканы на 100-150 мл, мерные цилиндры на 50 мл, пипетки на 35 мл, бюретки на 25 мл, фильтры диаметром 10-11 см;

2. 0,1 н. раствор HCl (8,2 мл конц. HCl поместить в литровую мерную колбу и довести водой до метки. Установить титр раствора по точно приготовленному раствору 0,1 н. NaOH);
3. 0,1 н. раствор NaOH (см. выше)
4. Фенолфталеин (см. выше)

Ход анализа

10 г почвы поместить в стакан или колбу, прилить 50 мл 0,1 н. HCl, взболтать и оставить на сутки. На другой день основа взболтать и отфильтровать. 25 мл фильтрата поместить в колбочку, поставить на плитку, довести до кипения и прокипятить 5 минут для удаления CO<sub>2</sub>. Слегка охладив колбочку, добавить в нее 2-3 капли фенолфталеина и оттитровать 0,1 н. NaOH до бледно-розовой окраски, не исчезающей в течение минуты. Результат рассчитать по формуле:

$$S = \frac{(a \cdot K_1 - b \cdot K_2) \cdot 100 \cdot 0,1 \cdot k}{P} \quad (9)$$

где  $S$  - величина суммы поглощенных оснований в мг/экв. на 100 г почвы,

$a$  - количество мл фильтрата, взятое для титрования;  $b$  - количество мл 0,1 н. NaOH, пошедшее на титрование;

$K_1$  и  $K_2$  - поправки к титрам 0,1 н. HCl и 0,1 н. NaOH соответственно;

100 - коэффициент пересчета на 100 г почвы;

0,1 - коэффициент перевода в мг-экв;

$k$  - коэффициент гигроскопичности;

$P$  - навеска почвы в граммах, соответствующая количеству взятого для титрования фильтрата.

*Таблица 11*

Группировка почв по сумме поглощенных оснований ( $s$ ), мг-экв на 100 г почвы

Сумма поглощенных оснований почв	Показатель, мг-экв на 100 г почвы
Низкая	<15
Средняя	15-30
Высокая	>30

**Лабораторная работа № 8. Вычисление степени насыщенности почвы основаниями (V)**

Цель работы: определить степень насыщенности почвы основаниями.

Почвы, не насыщенные основаниями, содержат поглощенные ионы металлов и водорода.

Степень насыщенности основаниями - это отношение содержания в ней катионов металлов ( $S$ ) ко всей емкости поглощения, выраженное в процентах. Емкость поглощения почвы складывается из суммы поглощенных оснований ( $s$ ) и гидролитической кислотности ( $H$ ). Поэтому величина степени насыщенности основаниями ( $V$ ) вычисляется по формуле:

$$V = \frac{S}{s+H} * 100 \% \quad (10)$$

Чем выше данный показатель, тем лучше почва. У дерново-подзолистых почв степень насыщенности основаниями обычно находится в пределах 50-80%, а в серых лесных, дерново-карбонатных почвах и черноземах может достигать 90-99%.

Потребность почв в известковании определяют на основании механического их состава, обменной кислотности, выраженной в рН, и составу культур севооборота.

Наиболее нуждаются в известковании тяжелосуглинистые и глинистые почвы, имеющие рН солевой вытяжки меньше 4,5 и степень насыщенности меньше 55 %.

При рН от 4,5 до 5,5 и степени насыщенности от 55 до 70 % суглинистые и глинистые почвы в меньшей степени нуждаются в известии.

Если рН солевой вытяжки более 5,5, а степень насыщенности выше 70-75 %, почвы не нуждаются в известии.

Тяжелые по механическому составу кислые почвы легко переносят повышенные дозы известии. На легких, не насыщенных основаниями почвах целесообразнее применять более низкие дозы известии. При степени насыщенности более 60 % легкие по механическому составу почвы не известкуют.

Группировка почв по степени насыщенности основаниями (v), %

Низкая	< 70
Средняя	70- 90
Высокая	> 90

### 3.3. Экологическое значение кислотности и щелочности почв

Влияние реакции среды (рН) на основные свойства почв, растения и микроорганизмы.

*рН 4,0-5,0. Резкокислая реакция среды.* Часто встречается во влажном климате и характерна для подзолистых и болотных почв, желтоземно - и красноземно-подзолистых и других почв. Все они сильно промыты от известии, соединений калия, бора, серы, цинка, кобальта, йода. Доступность растениям фосфатов понижена. Железо, алюминий и марганец подвижны и оказывают на многие растения (кроме чая) токсическое воздействие. Деятельность бактерий подавлена, наблюдается повышенная активность грибов. Многие сельскохозяйственные растения нуждаются в изменении реакции среды, но известкование нужно применять очень осторожно. На таких почвах оно может вызвать разрушение



органических веществ, которыми эти почвы, как правило, бедны, и даже ухудшить их физические свойства. Физические свойства почв нередко весьма благоприятны: их коллоиды коагулированы подвижными  $Al^{3+}$  и  $Fe^{3+}$ . В подобных почвах нет периода весенней спелости, их можно обрабатывать в любое время года. Почвы с таким рН наиболее рационально использовать под кислотолюбивые и кислотовыносливые растения.

*рН 5,0-6,0. Сильнокислая реакция среды.* Характерна для почв влажного климата (подзолистые, дерново-подзолистые, бурые лесные ненасыщенные, желтоземы и красноземы). Состояние фосфатов, соединений железа, алюминия, марганца, кальция, калия, бора, кобальта, йода аналогично резкокислым условиям. Понижена бактериальная деятельность, активизирована грибная. Для почв с таким рН при суглинистом и особенно глинистом гранулометрическом составе характерны плохие физические свойства – склонность к уплотнению. Весной эти почвы не созревают, а постепенно высыхают. Благоприятные условия обработки бывают только в очень узком диапазоне влажности: то почва сырая и дает пласты, далее легко ссыхающиеся в глыбы, то сухая, и пашня глыбистая. Объясняется это тем, что весной образующаяся углекислота при этом рН не вытесняет  $Ca^{2+}$ , а соединения алюминия и железа также еще не образуют достаточного количества ионов. На севере эти почвы исправляются известкованием.

*рН 6,0-6,5. Слабокислая реакция среды.* Встречается в почвах влажного климата (выщелоченные черноземы, серые и бурые лесные, насыщенные желтоземы и красноземы). Фосфаты находятся в доступном состоянии, токсичность алюминия и марганца понижена или отсутствует. Дефицит серы, кальция, калия, бора, кобальта, йода невысокий. Условия минерального и азотного питания близки к оптимальным. Характерны достаточно благоприятные физические условия при некоторой склонности к уплотнению, повышенный уровень жизнедеятельности микроорганизмов и нитрификационной активности. У этих почв хорошо выражен период спелости, связанный с обесструктурированием пересыщенной влагой почвы за зиму и вновь образованием структуры весной при прогревании почвы. Процесс созревания таких почв связан с возобновлением микробиологической активности, выделением  $CO_2$ , вытеснением кальция водородом угольной кислоты. Появление  $Ca^{2+}$  в свободном состоянии вызывает коагуляцию коллоидов и восстановление утраченной за зиму структуры. Так как созревание почвы происходит без большой потери влаги, то срок оптимальной обработки после созревания почвы достаточно велик.

*рН 6,5-7,5. Нейтральная реакция среды.* Типична для черноземных почв. Благоприятные физические условия, прекрасная оструктуренность, интенсивная микробиологическая деятельность, оптимальные условия фосфорного, азотного и минерального питания, высокий

уровень плодородия. Обрабатывать весной необходимо при спелости почвы, которая наступает быстрее, чем у слабокислых почв.

*pH 7,5-8,5(8,7). Слабощелочные условия.* Наблюдаются в южных черноземах, в карбонатных почвах, в автоморфных почвах сухих и полупустынных степей. Фосфаты, железо, цинк и марганец могут быть в дефиците. Легко возникает антагонизм между обеспеченностью фосфором, цинком и медью. При систематическом применении Фосфора возникает цинковая и медная недостаточность. Возможен хлороз растений, чаще в относительно более влажных условиях. Физические свойства – от отличных (карбонатные черноземы) до неудовлетворительных (солонцеватые почвы). Весеннее созревание почвы идет быстро. Микробиологическая деятельность, нитрификационная способность, условия азотного питания, доступность многих зольных элементов хорошие.

*pH 8,5(8,7)-10,0. Сильнощелочные условия.* При pH выше 8,9 в горизонте A<sub>1</sub> почвы следует отнести в группу резкощелочных. Основу этой группы составляют почвы с повышенной щелочной реакцией материнской породы. Такое повышенное pH характерно для материнских пород многих черноземов и каштановых почв. В этом случае щелочность, не отражаясь существенно на полевых культурах, неблагоприятна для деревьев, особенно яблони и черешни.

*pH 10-12. Резкощелочные условия.* Встречаются местами в аридном климате. Такими могут быть многие солонцы, содовые солончаки. Доступность фосфатов понижена, железо и марганец в дефиците, возможен избыток бора. Характеризуются крайне неблагоприятными физическими условиями, обесструктуренностью и подавленной деятельностью микроорганизмов. Требуют высоких доз гипсования, без которого к сельскохозяйственному использованию непригодны.

Наиболее благоприятной для большинства растений в физиологическом отношении является реакция почвенного раствора, близкая к нейтральной, слабокислой или слабощелочной. Повышенная кислотность и щелочность отрицательно влияет на рост и развитие растений, действуя негативно физиологически и через снабжение растений питательными веществами. При pH менее 3 и выше 9 повреждается, протоплазма клеток в корнях большинства растений. В щелочных условиях при pH выше 8,5 (8,7) возможен дефицит нитратов и фосфатов, избыток легкорастворимых солей, недостаток двухвалентных форм железа и марганца, дефицит меди и цинка.

В кислых почвах также мало нитратов из-за подавленной нитрификационной способности, наблюдается связывание фосфатов в не доступные растениям трехвалентные формы железа и алюминия, ощущается недостаток кальция, магния, калия, серы. Кроме этого, избыток подвижных соединений алюминия и марганца оказывает на растения токсическое действие. Микроскопическое исследование растений, выращенных при высоких концентрациях алюминия,

показало ненормально большое число клеток с двумя ядрами в меристематической зоне кончика корня (Блэк). Это указывает на подавление деления клеток. Избыток алюминия подавляет поглощение растениями фосфора, кальция, калия, железа, натрия и бора, так как снижается проницаемость протоплазмы корневых клеток. Марганец в кислой почве ведет себя подобно алюминию.

Реакция растений на различную кислотность почвы хорошо иллюстрирует таблица 12. Четко видно, что угнетающее воздействие кислых условий неодинаково сказывается на различных культурах. Однако существуют растения ацидофилы. Например, чайный куст, тунг, клевер, люпин нуждаются для своего развития в кислых условиях и не выносят избытка кальция.

Таблица 12

Урожай культур в севообороте при различных значениях pH (Блэк)

Культура	pH и относительный средний урожай, %				
	4,7	5,0	5,7	6,6	7,5
Кукуруза	34	73	83	100	85
Пшеница	68	76	89	100	99
Овес	77	93	99	98	100
Ячмень	0	23	80	95	100
Люцерна	2	9	42	100	100
Донник	0	2	49	89	100
Клевер красный	12	21	53	98	100
Клевер розовый	16	27	72	100	95
Соя	63	79	80	100	93
Тимофеевка	31	47	66	100	95

Большой группе растений предпочтительны нейтральные или слабощелочные почвы. Это наши ведущие зерновые культуры – пшеница, ячмень. Хорошо растет на щелочных известковых почвах виноград. Из трав, развивающихся только в нейтральных и щелочных условиях, можно назвать донник, люцерну, житняк, суданскую траву. Некоторые растения могут развиваться при широком диапазоне реакции среды: кукуруза, рис, табак.

В таблице 13 дана сводка требовательности растений к реакции почвенной среды.

Исследование реакции почвенной среды особенно важно для плодовых насаждений. Нормальной реакцией считается pH от 6,0 до 8,0, несколько хуже - 8,3-8,5. На кислых почвах при pH ниже 5 для семечковых пород и при pH ниже 6 для косточковых пород необходимо известкование.

Абрикос не выносит кислой реакции, но он малочувствителен к щелочной реакции глубоких горизонтов. Груша и яблоня, хорошо развиваясь на слабокислых почвах, совершенно не выносят

повышенной щелочности даже в глубоких горизонтах. Оценка реакции среды почв для плодовых насаждений приведена в таблице 14.

Таблица 13

Значение рН почвы, оптимальные для растений и микроорганизмов

Растения	рН	Растения	рН
Пшеница	6,6-7,5-8,5	Катофель	5,3-8,0
Ячмень	6,1-7,2	Лен	5,0-6,0
Рожь	5,5-7,2	Табак	4,9-8,0
Овес	5,0-7,5	Хлопчатник	7,0-8,5
Просо	7,0-8,5	Соя	5,5-6,5
Кукуруза	6,0-8,5	Батат	5,5-7,0
Рис	6,0-8,7	Фасоль	7,0-8,0
Суданская трава	7,5-8,7	Горох	6,0-7,5
Люцерна	7,0-8,3	Конопля	6,0-8,0
Клевер	6,0-6,5	Табак	6,5-8,0
Овсяница обыкновенная	7,5-8,5	Морковь	6,5-8,0
Донник	7,0-8,7	Брусника	6,0-6,0
Житняк	7,0-8,5	Клюква	4,5-5,5
Костер безостый	7,0-8,5	Папайя	6,3-7,0
Виноград	7,0-8,7	Чайный куст	4,8-6,3
Яблоня	6,5-7,5	Тунг	4,5-6,5
Абрикос	7,0-8,5	Грибы	3,5-6,0
Слива	6,5-8,0	Азотобактер	6,8
Вишня	6,5-8,5	Нитрификаторы	6,0-8,0
Сахарная свекла	6,5-7,5	Денитрификаторы	7,0-8,0

Таблица 14

Оценка реакции среды почв для плодовых насаждений

3,5 – 4,5	Пригодны под плодовые насаждения только после известкования
4,5 – 6,0	Пригодны под плодовые насаждения, желательно известкование для косточковых пород
6,0 – 8,0	Пригодны под сады без мелиорации
8,0 – 8,5 (8,7)	Хорошие почвы для косточковых и удовлетворительные для семечковых пород
Более 8,5 (8,7)	Под сады не пригодны. Возможна посадка абрикоса и вишни после гипсования

При оценке экологической значимости величин рН определенное значение имеют методологические подходы. При этом необходимо учитывать следующее:

- определение рН в растворе водной вытяжки дает приближенное представление о кислотности или щелочности почв, так как на реакцию среды влияет потенциальная кислотность или щелочность почвы;

- определения рН в солевой вытяжке с КСl отражает подлинную реакцию среды только в кислых почвах. В нейтральных и щелочных почвах, как правило, показывается

более повышенная концентрация иона  $H^+$ , чем это имеет место при анализе экологического состояния растений;

• наиболее полно фактическое состояние почвы отражает определение рН не в вытяжках из почвы, а в ее суспензиях при соотношении почва: вода 1: 5. Особенно это важно для почв с рН более 7,5. Суспензионный эффект, природа которого до сих пор не полностью выяснена, приближает определяемые величины к истинным значениям рН, которые хорошо коррелируют с состоянием тех или иных растений.

Контрольные вопросы по разделу

1. От чего зависят кислотные условия почв?
2. Какие почвы характеризуются нейтральной реакцией среды? Щелочной? Кислой?
3. В чем отличие актуальной кислотности и щелочности почв от потенциальной?
4. Как влияет на реакцию почвенной среды разложение растительного опада?
5. Что такое «антропогенное подкисление почв»? Чем оно вызывается?
6. В каких почвах показатель обменной кислотности выше гидролитической?
7. Дайте определение понятию «сумма поглощенных оснований».
8. Как влияет на живые организмы изменение реакции почвенной среды?

#### 4. ГУМУС ПОЧВ КАК КОМПЛЕКС СПЕЦИФИЧЕСКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Гумус, или гумусовые вещества, - это особая группа химических соединений, свойственная почвенному покрову Земли, т. е. специфичная только для почвенных образований. Гумус образуется из веществ растительных, животных и микробных остатков во взаимодействии с комплексом компонентов окружающей среды.

Теория гумусообразования в мировом почвоведении разработана благодаря трудам В.В. Докучаева, П.А. Костычева, И.В. Тюрина, М.М. Кононовой, С.А. Ваксмана, Л.Н. Александровой, Д.С. Орлова и других исследователей. Раскрыта его огромная планетарная роль в биосферных явлениях как величайшего аккумулятора солнечной энергии на земном шаре. Гумус определяют как интегральный показатель плодородия почв. Органическое вещество почв по своим функциям разнообразно и сложно, с ним связано формирование почвенного плодородия, рост и развитие растений. Но, чтобы стать условием жизни связанных с почвой организмов, гумус сам, прежде всего, должен являться производным живого вещества.

Главные продукты гумификации, от которых непосредственно зависит формирование разных свойств почв и типов почвообразования, представлены гуминовыми и фульвокислотами.

К сожалению, несмотря на выдающиеся достижения химии, сейчас нельзя вывести определенную химическую формулу гуминовой кислоты или фульвокислоты, так как это группы химических соединений переменного состава. Однако они состоят из одинаковых структурных элементов, количество которых в молекулах варьирует:

1. Ароматическое ядро у гуминовых кислот или ароматические участки у фульвокислот.

2. Азот и фосфорсодержащие компоненты. При разложении гумусовых кислот обнаружено большое разнообразие составляющих их аминокислот, в том числе и ароматических. Установлено, что все потенциальные запасы азота сосредоточены в органическом веществе. В нем же содержится и 50% запасов фосфора.

3. Различные функциональные группы соединений: карбоксильные, фенольные, спиртовые, метоксильные и др. Водород функциональных групп способен к реакциям замещения. Именно благодаря функциональным группам гумусовые кислоты могут обменно поглощать из окружающей среды катионы и образовывать коллоидные комплексы.

4. Углеродные цепи.

Молекулы гумусовых кислот имеют как бы рыхлое, губчатое строение, со множеством внутренних пор, отличаются гидрофильностью и высокими сорбционными свойствами. Их элементный состав приведен в таблице 15.

Таблица 15

Элементный состав гумусовых веществ, % на сухую беззольную навеску

Кислоты	С	Н	О	N
Гуминовые	52–62	3-5,5	30-33	3,5-5,0
Фульвокислоты	44-49	3,5-5,5	44-49	2,0-4,0

Гумификация совершается в определенных условиях окружающей среды. В связи с разнообразием этих условий конечные продукты гумификации также неодинаковы. Обычно, отмечая разнообразие условий среды, подчеркиваются следующие факторы гумификации: масса растительных остатков, химический состав гумифицирующихся веществ, режим влажности и аэрация почв, реакция среды и окислительно-восстановительные условия, интенсивность деятельности микроорганизмов, гранулометрический состав и другие особенности минеральной части почв.

Одни и те же условия могут иногда оказывать противоположное влияние на процесс гумификации. Например, обогащение почв кальцием при благоприятных условиях активизирует микрофлору и ускоряет процессы трансформации растительных остатков, но одновременно повышает устойчивость органических соединений за счет их взаимодействия с кальцием, что может снизить темп гумификации.

Органические вещества почвы проходят сложный путь преобразования от простого к сложному и от сложного к простому. Ежегодно в верхних слоях коры выветривания протекает синтез свежих гумусовых веществ. Начало этого обусловлено поступлением в почву органических остатков растительного и животного происхождения. В почвоведении данное явление считается одним из элементарных почвенных процессов, который свойственен всем типам почвообразования.

Установлена биохимическая сущность гумификации как специфического почвенного процесса превращения целлюлозы, белков, лигнина и других химических соединений растительных остатков в различные компоненты почвенного гумуса. Гумификацию можно рассматривать как процесс превращения органических остатков, протекающий под влиянием как биохимических, так и чисто химических агентов и ведущий к формированию наиболее стабильной в конкретных экологических условиях системы специфических (собственно гумусовых) и неспецифических органических соединений.

Существуют разные подходы к трактовке и созданию научных теорий происхождения гумуса.

Микробиологическая концепция образования почвенного гумуса зародилась в прошлом веке трудами С.П. Костычева. Впоследствии ее развивали почвенные микробиологи - С.Н. Виноградский, Д.М. Новогрудский и др. Эта теория до последнего времени не получила своего

широкого признания. Суть ее в том, что почвенные микроорганизмы среди продуктов внутриклеточного микробного синтеза продуцируют соединения, сходные по строению с гуминовыми кислотами – темноцветные хромопротеиды – пигменты меланоидного типа. Особенно это касается меланопротеидов грибов, содержащие азот в гетероциклах. Таким образом, согласно этой теории, синтез меланопротеидов сравнивается с внутриклеточным образованием микроорганизмами гуминовых кислот. Эти вещества благодаря своей устойчивости к микробному разложению могут накапливаться в почвах и прямо или путем включения в качестве основы гумусовых веществ способствовать созданию почвенного гумуса.

Наиболее распространены схемы гумификации, предложенные М.М. Кононовой и Л.Н. Александровой. М.М. Кононова считает, что специфической реакцией гумификации является конденсация ароматических соединений фенольного типа с аминокислотами и протеинами. Источники структурных единиц – продукты распада лигнинов, танинов, фенольные соединения продуктов метаболизма микроорганизмов, аминокислоты и пептиды частичного распада и синтеза белковых соединений.

Л.Н. Александрова подчеркивает длительность и многообразие отдельных звеньев гумификации. На первой стадии ведущим оказывается процесс кислотообразования в результате биохимического окисления продуктов разложения органических остатков. При этом происходит фракционирование системы образующихся гумусовых кислот по степени растворимости на группы гуминовых кислот и фульвокислот. В почве формируется сложная система свободных гуминовых кислот их органо-минеральных производных.

Одновременно образуется и азотная часть гуминовых кислот. На второй стадии гумификации в гуминовых кислотах постепенно возрастает степень ароматизации вследствие частичного отщепления алифатических цепей, дезаминирования и внутримолекулярных перегруппировок. Эта стадия очень длительная, осложняющаяся постоянным поступлением вновь образующихся гумусовых веществ. Третья стадия трансформации гумусовых веществ – их постепенная минерализация.

Конденсационная теория М.М. Кононовой не исключает участия высокомолекулярных фрагментов в процессе гумификации. Гипотеза Л. Н. Александровой в свою очередь не исключает реакций конденсации в процессе гумификации. Таким образом, можно полагать, что оба эти пути гумификации возможны и реально существуют в природе.

В общем виде взаимосвязь между процессами минерализации и гумификации, между основными источниками гумусовых веществ и самими гумусовыми веществами можно представить как постоянно идущий распад, доходящий до разных степеней и одновременно постоянно идущий синтез, начинающийся с любого этапа разложения.



Д.С. Орлов предложил кинетическую теорию гумификации, подчиняющуюся уравнению:

$$H = f(Q, I, t) \quad (11)$$

где  $H$  – степень гумификации;

$Q$  – общий объем поступающих в почву растительных остатков;

$I$  – интенсивность их трансформации, зависящая от скоростей отдельных стадий процесса и пропорциональной биохимической активности почв;

$t$  – время воздействия почвы на поступившие остатки.

Глубину гумификации можно связать с общим уровнем биохимической (или биологической) активности почв.

Теория фрагментарного обновления гумусовых веществ А.Д. Фокина основана на том, что продукты разложения органических веществ могут не формировать целиком гумусовую молекулу, а включаться путем конденсации сначала в периферические фрагменты уже сформированных молекул, а затем в циклические структуры.

Согласно этой теории, результатом биохимической трансформации растительных остатков и гумусовых веществ является формирование системы специфических (гумусовых) и неспецифических органических соединений, термодинамически наиболее устойчивых в данных условиях. При этом одно из наиболее общих свойств этой системы – её динамичность. Внутригодичное изменение системы гумусовых веществ подчиняется определенной цикличности, которая приводит её (систему) в одно и то же время к вполне определенному стабильному состоянию.

Анализируя характер гумификации, обычно в первую очередь отмечают интенсивность гумусообразования, содержание в гумусе азота, соотношение гуминовых и фульвокислот, ненасыщенность и насыщенность гумуса щелочными, щелочноземельными элементами и железо-алюминиевыми комплексами.

Гуминовые кислоты (ГК) идентифицируются своей нерастворимостью в кислотах и легкой растворимостью в растворах щелочей, из которых они осаждаются при подкислении. ГК имеют интенсивный бурый (бурые лесные почвы) или черный (черноземы, дерновые почвы) цвет, который и придает почвам темную окраску даже при невысоком содержании гумуса. В сухом состоянии ГК нерастворимы в воде. Однако свежесаженные, только что образованные ГК медленно растворяются в воде. Эта способность играет важную роль в передвижении гумуса в черноземах и в формировании мощного гумусового профиля в почвах под травянистыми биоценозами.

ГК интенсивно поглощают кальций и выпадают в осадок в виде гуматов кальция. Эта соль устойчива к растворению и имеет нейтральную реакцию. Поэтому такой большой

стабильностью и характеризуются гумусовые профили черноземов. Вместе с тем ГК активно взаимодействуют с катионами железа и алюминия, образуя устойчивые комплексные соединения. Эти соединения обладают кислой реакцией, так как не все кислотные группы связываются с полуторными окислами. Органоминеральные комплексы ГК устойчивы к микробиологическому разложению, и это способствует накоплению гумуса в почвах. Ненасыщенные фракции ГК способны разлагать минералы, но ненасыщенность этих веществ – явление редкое в природе. С минералами монтмориллонитовой группы ГК образуют прочные комплексы черного цвета, придающие антрацитовый цвет большой группе слитоземов, хотя общее количество гумуса в этих почвах очень невелико.

Емкость обмена для ГК составляет 400–500 мг-экв. на 100 г сухого вещества, при этом главным обменным катионом является кальций. При насыщении ГК обменным натрием образуются золи гуматов натрия, интенсивно подвижные в таких почвах, как солонцы.

Фульвокислоты (ФК) гумуса отличаются растворимостью в кислотах и щелочах, а также частично в воде. ФК, растворяясь в воде, могут давать очень концентрированные кислые растворы. Их цвет – от соломенно-желтого до оранжевого.

Значительна поглотительная способность ФК. Их катионная емкость обмена составляет 600–800 мг- экв. на 100 г сухого вещества ФК.

С катионами калия, натрия, аммония, кальция и магния ФК образуют водорастворимые соли. В зависимости от условий с полуторными окислами ФК образуют соединения, которые или находятся в растворе, или выпадают в осадок. Чем больше на единицу полуторных окислов приходится ФК и чем больше разбавлен раствор, тем больше подвижность соединений. Такие условия наблюдаются в верхней части подзолистых почв в элювиальном горизонте  $A_2$ . При возрастании концентрации и при значительном преобладании в растворах соединений железа и алюминия наблюдается осаждение компонентов. Это характерно для иллювиальных горизонтов почв.

ФК в ненасыщенном состоянии отличаются значительной агрессивностью по отношению к силикатной и алюмосиликатной частям почв, разрушая минералы химически. С этим свойством связано их активное участие в подзолообразовательном процессе. При нейтрализации фульвокислот двухвалентными и трехвалентными катионами, что характерно для буроземообразования, их агрессивность резко падает, и подзолистые явления не проявляются.

Гумины - самая устойчивая часть гумусовых веществ, не извлекаемая из почв щелочными растворами даже при нагревании. Для них характерна прочная связь с минеральной частью почвы. Вернее говорить не об органических соединениях, а об особых органоминеральных комплексах, вероятно, практически не поддающихся процессам микробиологической

минерализации и имеющих длительную сохранность в почвах и постпочвенных образованиях (четвертичные глины и суглинки).

Географические закономерности гумусообразования впервые разработаны И.В. Тюриным. Мощность гумусового горизонта, содержание и запасы гумуса имеют зональный характер распределения. Максимальное гумусонакопление проявляется в типичных черноземах лесостепи. К северу и югу показатели гумусового состояния снижаются.

#### 4.1. Методы изучения гумуса

В состав гумуса входят 3 группы органических соединений:

1. вещества исходных органических остатков (белки, углеводы, лигнин, жиры и т. д.)
2. промежуточные продукты их превращения (аминокислоты, оксикислоты, фенолы, моносахариды и т. д.)
3. гумусовые вещества.

Последние составляют главную и специфическую часть гумуса.

Все методы изучения гумуса почвы можно разбить на 3 группы:

- 1) методы определения общего количества органического вещества в почве,
- 2) методы определения отдельных элементов, входящих в состав гумуса,
- 3) методы определения отдельных групп гумусовых веществ.

Прямых методов определения общего количества гумуса в почве нет.

Косвенным приемом определения общего количества гумуса является вычисление содержания его по количеству углерода в почве. Предполагая, что среднее содержание углерода в гумусе равно 58%, общее количество его в почве можно вычислить путем умножения процентного содержания углерода в почве на коэффициент 1,724. Этот коэффициент является условным и дает лишь приблизительное представление об общем количестве гумуса, приближающемся к истинному лишь в почвах, богатых гуминовыми кислотами. Из отдельных элементов, входящих в состав органического вещества почвы, можно определить С, N и H.

Все методы определения гумуса по углероду делятся на прямые и косвенные. Прямые методы основаны на учете  $\text{CO}_2$ , выделяющегося при сжигании органического вещества почвы путем прокаливании (сухое сжигание) или окисления гумуса смесью хромовой и серной кислотой (мокрое сжигание). Прямые методы наиболее точны, но требуют для анализа много времени. Из прямых методов определения гумуса мокрым сжиганием наиболее распространенным является метод Кюппа.

Косвенные методы определения гумуса основаны на учете кислорода, необходимого для его окисления, и исходят из предположения, что при окислении весь

кислород расходуется только на окисление углерода. Применяя титрованный раствор окислителя, можно по расходу последнего вычислить количество углерода в почве. Этот метод дает точное количество углерода лишь в том случае, если в гумусе отношение по массе Н:О равно 1:8 и весь кислород окислителя расходуется на окисление углерода. Для большинства северных почв этот метод дает несколько преувеличенные результаты, так как отношение Н : О в гумусе этих почв больше 8. В южных почвах, где степень внутренней окисленности гумуса выше, получаются пониженные результаты.

Из косвенных методов определения гумуса наибольшим распространением пользуется метод И. В. Тюрина, сущность которого заключается в окислении гумуса титрованным раствором хромовой кислоты и титрометрическом определении неизрасходованного остатка последней. По количеству израсходованного окислителя вычисляется количество углерода в почве, а по содержанию последнего – процентное содержание гумуса.

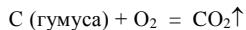
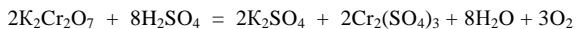
### ***Лабораторная работа № 9. Анализ гумуса по И.В.Тюрину в модификации***

**В.Н. Симакова**

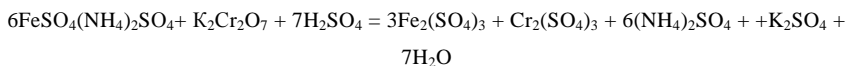
*Цель работы:* определить величину содержания гумуса в почве по методике И.В.Тюрина.

Гумус составляет около 90% от общего содержания органического вещества почвы. Поэтому его определение сводится к анализу всего находящегося в почве органического вещества, а чтобы уменьшить ошибку все органические остатки из навески почвы тщательно удаляются.

Органическое вещество почвы определяют путем окисления его раствором двуххромовокислого калия в серной кислоте, разбавленной 1 : 1. При нагревании этой смеси выделяется чистый кислород, который и окисляет все органические соединения почвы до углекислого газа.



Содержание в почве органического вещества (гумуса) определяется по остатку непрореагировавшего окислителя, который берется с избытком. Этот остаток устанавливают путем титрования его восстановителем, в качестве которого используется соль Мора – аммоний-железо (2) серноокислый –  $FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$ . Происходит следующая реакция:



Окончание реакции определяется по изменению окраски индикатора - фенилантраниловой кислоты, которая в кислой среде имеет бурую окраску, а в восстановленной - зеленую.

#### Приборы и реактивы

1. Весы аналитические, плитка электрическая, ступка фарфоровая, сито 0,25 мм, эбонитовая палочка, колба на 150-200 мл, бюретка с краником на 50-100 мл, бюретка на 25 мл;

2. 0,4 н. раствор  $K_2Cr_2O_7$  в  $H_2SO_4$  (20 г соли  $K_2Cr_2O_7$  растворить в воде, довести объем до 500 мл в мерной колбе. Поместить раствор в фарфоровую кружку и осторожно прилить 500 мл конц. серной кислоты);

3. 0,2 н. раствор соли Мора (80 г соли Мора растворить в 800-900 мл воды, прилить туда 20 мл конц. серной кислоты и довести объем до 1 л).

4. Фенилантраниловая кислота:

- Приготовить 0,2%-й раствор  $Na_2CO_3$ , для чего 0,2 г  $Na_2CO_3$  растворить в воде и довести объем до 100 мл;

- 0,2 г фенилантраниловой кислоты поместить в фарфоровую чашку, добавить несколько капель 0,2%-го  $Na_2CO_3$  и размешать до тестообразного состояния. Раствором 0,2%-го  $Na_2CO_3$  смыть содержимое чашки в склянку.

#### Ход анализа

1. Из нерастертого образца почвы взять 1-2 г, поместить в фарфоровую ступку и, слегка раздавливая комочки, отобрать пинцетом корешки растений и другие органические остатки. При этом желательно пользоваться лупой. После тщательного растирания почву просеять (на лист бумаги) через сито с диаметром отверстий 0,25 мм. Над тонким слоем просеянной почвы провести несколько раз (на высоте 0,5-1 см) наэлектризованной эбонитовой палочкой, каждый раз удаляя приставшие к ней органические частички. Из обработанного таким образом образца почвы взять навеску с точностью до 0,001 г. Величина навески зависит от содержания гумуса и может составлять от 0,05 до 0,5 г.

2. Навеску почвы поместить на дно конической колбы емкостью 150-200 мл и прилить из бюретки 10 мл хромовой смеси.

3. Закрыть колбу маленькой воронкой (обратный холодильник), поставить на плитку, довести до кипения и кипятить (не очень сильно) в течение 5 минут.

4. Слегка охладив колбу, смыть водой капли конденсата с воронки и стенок колбы, следя за тем, чтобы не заполнить ее более половины.

5. Добавить в колбу 5-6 капель фенилантралиновой кислоты и оттитровать 0,2 н. раствором соли Мора до зеленой окраски.

Содержание гумуса рассчитать по формуле:

$$A = \frac{(a-b) \cdot 0,0010362 \cdot 100 \cdot k}{c} \quad (12)$$

где  $A$  - содержание гумуса в почве, %;

$a$  - количество мл соли Мора, пошедшее на холостое титрование, когда вместо почвы берется прокаленный песок;

$b$  - количество мл соли Мора, пошедшее на рабочее титрование (с почвой);

0,0010362 - коэффициент пересчета соли Мора на гумус;

100 - коэффициент пересчета на проценты;

$k$  - коэффициент гигроскопичности;

$C$  - навеска почвы в граммах.

#### Группировка почв по содержанию гумуса, %

Очень низкое	<1
Низкое	1-3
Среднее	3-5
Повышенное	5-8
Высокое	>8

#### 4.2. Экологическое значение органических веществ в почве

Органические вещества почвы многообразны по своей роли в формировании почвенного плодородия, в росте и развитии растений. Постоянная динамика гумуса, ежегодный синтез органического вещества, процессы его разложения и трансформации, связывание в гумусе элементов питания, их консервации, наоборот, непрерывное их высвобождение и поступление в почвенные растворы – все это отдельные черты сложной и многообразной жизни гумусовых веществ почвы.

Гумус – понятие не только химическое и биологическое, но и экологическое. Гумусовые горизонты формируются как результат непрерывной смены поколений растений. В то же время гумусовые горизонты – необходимая основа и средство получения растениями элементов питания и создания оптимальной экологической обстановки в почвенном профиле. Различные сообщества растений, например травянистые и деревянистые, резко отличаются по требованиям к условиям внешней среды. Резко различны и условия гумификации, определяющие экологический оптимум для этих растений. Лесная подстилка (горизонт  $A_0$ ), промывной водный режим, фульватный тип гумуса – такова экологическая основа существования леса. А для трав – гумификация по гуминовому тину, формирование

темнокрашенной гумусовой толщи, аккумуляция в ней элементов питания, – и все это в условиях относительного недостатка влаги.

Следовательно, в процессе эволюции жизни при почвообразовании возникло сложное и целесообразное единство растений и почвенных условий, а в более узком смысле – растений и гумуса, с которыми неразрывно связаны многие свойства и явления в почвах.

Природно-экологическая значимость органического вещества почв определяется следующим:

1. Минерализация органических веществ – первостепенный источник поступления в почвы доступных растениям элементов-биофилов в концентрациях, близких к экологическим потребностям организмов. При минерализации сложные органические соединения при участии различных групп микроорганизмов превращаются простые химические вещества – воду, углекислый газ, соли различных анионов и катионов. В процессе минерализации участвует большая часть органических остатков: до 80–90%. Продукты минерализации попадают в почвенные растворы и в значительной степени становятся объектом питания растений, т. е. вновь включаются в биологический круговорот. Минерализации подвергаются и гумусовые вещества, но значительно медленнее, что обеспечивает регулярность и стабильность минерального азотного и фосфорного питания живых организмов почвы.

2. Гумусовые вещества почв следует рассматривать как консервант солнечной энергии, которая была накоплена благодаря процессам фотосинтеза зелеными растениями в бесчисленном множестве неспецифических органических соединений, а затем трансформирована в вещества почвенного гумуса. Постепенное ее высвобождение осуществляет энергетическое обеспечение многих почвенных процессов, включая плодородие почв. Следовательно, почвенный гумус имеет конкретную калорийную энергетическую значимость.

3. Гумусовые вещества обладают физиологической активностью. Фульвокислоты и гумат натрия, выделенные из разных почв, действуют неодинаково. Стимулирующая роль гуматов широко используется в практике выращивания черенков саженцев кустарниковых культур. В присутствии гуматов они намного быстрее дают рост корней. Гуминовые удобрения уже давно имеют спрос у огородников и садоводов.

Однако характерна неодинаковая требовательность различных растений к гуматам (таблица 16).

Таблица 16

Группы сельскохозяйственных растений по реакции на гуминовые кислоты (Христева, 1953)

Уровень реакции	Растения
Очень сильно реагирующие	Томаты, картофель, свекла
Хорошо реагирующие	Пшеница, ячмень, овес, просо, кукуруза, рис, житняк, люцерна
Слабореагирующие	Горох, фасоль, чечевица, арахис, хлопчатник, кунжут
Почти не реагирующие	Подсолнечник, клещевика, кенаф, тыква

4. Гумус оптимизирует физическое состояние почв. При оценке экологической роли гумуса всегда подчеркивается его положительное значение в связи с образованием агрономически ценной структуры, которая в конечном итоге создает для растений благоприятные водновоздушные свойства. Главную структурообразующую роль выполняют гуматы кальция и железа. Это очень водоустойчивые структурообразователи с высокими клеящими свойствами. Они обеспечивают формирование в почвах зернистой и пористой структуры, устойчивой к разрушающему действию воды.

Гумусовые вещества оптимизируют для растений многие физические характеристики почвы. Чем выше содержание в почвах органических веществ, тем шире диапазон физической спелости, т. е. почвы, могут обрабатываться в более широком интервале влажности. Многогумусные почвы легко обрабатываются, менее податливы к уплотнению. Никогда не встречаются слитые почвы с высоким содержанием органического вещества.

Почвенный гумус отличается типичными характеристиками гидрофильных коллоидов. Он увеличивает водоудерживающую способность почв, так как способен поглощать значительное количество воды.

5. Гумусовое состояние почв – важнейший показатель количественной оценки плодородия. Это вызвано тем, что гумус выступает как интегральный показатель плодородия, объединяющий в себе ряд свойств почв. С гумусовыми веществами связаны многие условия жизни растений, которые отражаются в свойствах почвенного профиля: мощность и богатство гумусового профиля, пригодность к сельскохозяйственному использованию, реакция среды, физическое состояние почвенной массы, ее биохимическая активность и т. д. Поэтому, оценивая гумус почв, мы оцениваем сразу многие почвенные характеристики. Разный качественно-количественный состав органического вещества характеризует гумусовое состояние почвы (таблица 17).

В.В. Докучаев писал, что мощность и особенно содержание перегноя в почвах является выражением общего комплекса всех почвообразователей, в том числе и подпочвы. Единство этих показателей подтверждается их высокой связью с урожайностью, наблюдаемой для разных почв.



Таблица 17

Характеристика гумусного состояния почв (Гришина, Орлов, 1978)

Показатели	Уровень, характер проявления	Градации показателя
Мощность подстилки (для лесных почв), см	очень мощная мощная средней мощности маломощная	>10 5-10 2-5 <5
Отношение запасов органического вещества в подстилке и в минеральном профиле	Распределение: эктоморфное мезоморфное эндоморфное	>1 около 1 <1
Содержание гумуса в гумусовых (поверхностных) горизонтах, %	очень высокое высокое среднее низкое очень низкое	>10 6-10 4-6 2-4 <2
Запас гумуса в слое 0-100 см, т/га	Очень высокий Высокий Средний Низкий Очень низкий	>200 (>600) 150-200 (400-600) 100-150 (200-400) 50-100 (100-200) <50 (100)
Профильное распределение гумуса в почвенной толще	Резко убывающее Постепенно убывающее Равномерное Нарастающее	- - - -
Обогащенность гумуса азотом, по отношению C:N	Очень высокая Высокая Средняя Низкая Очень низкая	<5 5-8 8-11 11-14 >14
Степень гумификации органического вещества, $(C_{гк}:C_{общ}) * 100\%$	Очень высокая Высокая Средняя Слабая Очень слабая	>40 30-40 20-30 10-20 <10
Тип гумуса, $C_{гк}:C_{фк}$	Гуматный Фульватно-гуматный Гуматно-фульватный Фульватный	>2 1-2 0,5-1 <0,5
Содержание «свободных» гуминовых кислот, % к сумме ГК	Очень высокое Высокое Среднее Низкое Очень низкое	>80 60-80 40-60 20-40 <20
Содержание гуминовых кислот, связанных с $Ca^{2+}$ , % к сумме ГК	Очень высокое Высокое Среднее Низкое Очень низкое	>80 60-80 40-60 20-40 <20
Содержание прочносвязанных гуминовых кислот, % к сумме ГК	Высокое Среднее Низкое	>20 10-20 <10

Оптическая плотность гуминовых кислот, $E_{465}^{0,001\%ГК}$	Очень высокое	>0,20
	Высокое	0,10-0,20
	Среднее	0,06-0,10
	Низкое	0,03-0,06
	Очень низкое	<0,03

Мощность гумусовых горизонтов и их гумус вернее рассматривать в едином целом, неразрывно связывающем их друг с другом. Величина А+АВ представляет объем основной корнеобитаемой массы почвы, в которой происходит гумусонакопление. Содержание и запасы гумуса отражают качественные свойства корнеобитаемого слоя. В целом же мощность гумусовых горизонтов и запасы в них гумуса составляют количественное и качественное единство, характеризующее плодородие почвы.

6. Влияние гумусового содержания на плодородие почв неоднозначно. Не для всех растений соблюдается закономерность: большее содержание гумуса отвечает высокому уровню плодородия. Некоторые культуры безразличны к гумусовому содержанию почвы. Это картофель, гречиха, арбуз. Они прекрасно произрастают как на многогумусных почвах, так и на низкогумусных. А у виноградной лозы и табака на почвах с высоким содержанием органического вещества резко снижается качество урожая. Виноградники на почвах, богатых гумусом, дают продукцию с высокой кислотностью и низкой сахаристостью, а табак неудовлетворительно ароматизирован. Богатые почвы обычно считаются неудовлетворительными для этих растений.

Экологический оптимум содержания гумуса в почвах для разных растений варьирует (таблица 18).

Таблица 18

Группировка сельскохозяйственных растений по отношению к содержанию органического вещества в почвах

Очень требовательные	Требовательные	Умеренно требовательные	Малотребовательные	Безразличные	Богатство гумусом снижает качество продукции
Зерновые культуры					
	Пшеница, Ячмень, кукуруза	Овес, просо, рис	Рожь, сорго	Гречиха	Гречиха
Зерновые бобовые культуры					
Горох	Горох, подсолнечник, клевер, клевер, арахис	Фасоль, арахис	Соя, нут		

Сахароносные и крахмалоносные культуры					
	Сахарная свекла, картофель	Картофель	Сахарный тростник, батат, ямс		
Прядильные культуры					
Конопля		Лен	Хлопчатник, лен	Хлопчатник	
Бахчевые культуры					
		Дыня, тыква	Дыня, тыква	Арбуз	
Табак, махорка					
Махорка	Махорка				Табак
Кормовые культуры					
		Вика, костер безостый, суданская трава	Лядвенец рогатый, вика тимофеевка луговая, овсяница луговая, житняк, ежа сборная, костер безостый, люцерна, клевер, эспарцет, донник	Лядвенец рогатый, тимофеевка, овсяница, житняк, ежа сборная, клевер, эспарцет, донник	
Орехоплодные культуры					
		Грецкий орех	Грецкий орех, фундук	Фундук	
Виноград, чай, субтропические плодовые					
		Апельсин, мандарин, инжир, хурма	Виноград, чай, апельсин, мандарин, гранат		Виноград чай
Овощные культуры					
Томат, огурец, морковь	Томат, огурец, морковь, салат, свекла, пастернак, петрушка				
Плодовые культуры					
		Яблоня, груша, черешня, слива, вишня, абрикос, айва	Абрикос, айва		

Контрольные вопросы по разделу

1. Дайте определение понятию «органическое вещество почвы (гумус)».
2. Перечислите структурные элементы гумуса.
3. Перечислите основные факторы гумификации почв.
4. Опишите одну (любую) существующую концепцию образования гумуса.
5. В каких почвах проявляется максимальное гумусонакопление? Почему?
6. Почему метод И.В. Тюрина по определению гумуса в почве считается косвенным методом?
7. Опишите экологическое значение органического вещества (гумуса) в почве.
8. Почему утверждение «чем больше гумуса, тем выше плодородие» неверно?

## 5. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ

Химия почв - особый раздел почвоведения. Его задача - изучение содержания химических элементов в почвах и химических процессов, протекающих в почвенной массе. В почве химические явления всегда связаны с биологией, биохимией, физикой, с коллоидными физико-химическими процессами.

### 5.1. Содержание химических элементов в почвах

Почва состоит из минеральных, органических и органоминеральных веществ. Источником минеральных соединений почвы являются горные породы, из которых складывается твердая оболочка земной коры - литосфера. Органические вещества поступают в почву в результате деятельности живых организмов, ее населяющих. Взаимодействие минеральных и органических веществ создает сложный комплекс органоминеральных соединений почв. Минеральная часть составляет 80 - 90% и более массы почв и только в органогенных почвах снижается до 10% и менее.

В составе почв обнаружены почти все известные химические элементы. Средние цифры, показывающие содержание отдельных элементов в литосфере и почвах, называют кларками. Изучение почв с геохимической точки зрения было впервые начато академиком В.И. Вернадским.

Содержание отдельных химических элементов в литосфере и почве колеблется в широких пределах (таблица. 19).

Таблица 19

Содержание (в весовых процентах) химических элементов в литосфере и почвах

(по А.П. Виноградову)

Элемент	Литосфера	Почва	Элемент	Литосфера	Почва
O	47,2	49,0	Mg	2,10	0,63
Si	27,6	33,0	C	0,10	2,00
Al	8,80	7,13	S	0,09	0,085
Fe	5,10	3,80	P	0,08	0,08
Ca	3,60	1,37	Cl	0,045	0,01
Na	2,64	0,63	Mn	0,09	0,085
K	2,60	1,36	N	0,01	0,10

Литосфера состоит почти наполовину из кислорода (47,2%), более чем на четверть из кремния (27,6%), далее идут алюминий (8,8%), железо (5,1%), кальций, натрий, калий, магний (до 2 - 3% каждого). Восемь названных элементов составляют более 99% общей массы

литосферы. Такие важнейшие для питания растений элементы, как углерод, азот, сера, фосфор, занимают десятые и сотые доли процента. Еще меньше в земной коре микроэлементов.

Поскольку минеральная часть почвы в значительной степени обусловлена химическим составом горных пород литосферы, имеется сходство почвы с литосферой по относительному содержанию отдельных химических элементов. Как в литосфере, так и в почве на первом месте стоит кислород, на втором - кремний, затем алюминий, железо и т. д.

Однако в почве по сравнению с литосферой в 20 раз больше углерода и в 10 раз больше азота. Накопление этих элементов в почве связано с жизнедеятельностью организмов.

В почвоведении состав почв принято выражать в условных гипотетических оксидах химических элементов:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  и т. д. Это практически отражает всю почвенную массу.

## 5.2. Формы химических элементов в почвах

*Кислород* входит в состав первичных и вторичных минералов, является элементом органических веществ и воды.

*Кремний*. Наиболее распространенное соединение кремния - кварц ( $\text{SiO}_2$ ). Он относится к веществам, очень инертным химически и биологически. Кремний входит в состав силикатов и алюмосиликатов как первичных, так и вторичных минералов. Анионы орто- ( $\text{SiO}_4$ )<sup>4-</sup> и мета- ( $\text{SiO}_3$ )<sup>2-</sup> кремниевых кислот могут находиться в состоянии зелей или гелей и быть активными компонентами почвенных коллоидов.

*Алюминий* находится в почвах в составе первичных и вторичных минералов в форме органоминеральных комплексов и в поглощенном состоянии (в кислых почвах). При разрушении первичных и вторичных минералов, содержащих алюминий, освобождается его гидроокись, значительная часть которой при выветривании остается на месте (как малоподвижная) и лишь частично переходит в раствор в виде золя. Коллоидная гидроокись алюминия, взаимодействуя с органическими кислотами, образует подвижные комплексные соединения, в форме которых может перемещаться по профилю почвы.

*Железо* в почвах встречается в составе первичных и вторичных минералов-силикатов, в виде гидроокисей и окисей, простых солей, в поглощенном состоянии, а также в составе органоминеральных комплексов. Гидроокись железа, как и гидроокись алюминия, может образовывать с органическими кислотами подвижные формы комплексных соединений, способных перемещаться по профилю почвы.

*Азот*. Основная масса азота почв сосредоточена в органическом веществе. Количество азота находится в прямой зависимости от содержания в почве органического вещества, и прежде всего гумуса. В большинстве почв этот элемент составляет 1/12–1/20 гумуса.

Накопление азота в почве обусловлено биологической аккумуляцией его из атмосферы. В почвообразующих породах азота очень мало. Азот доступен растениям главным образом в форме ионов аммония и нитрат - ионов, которые образуются при разложении азотсодержащих органических веществ. Ион  $\text{NH}_4^+$  легко поглощается почвой с частичным переходом в необменное (фиксированное) состояние. Ион  $\text{NO}_3^-$  не поглощается почвой ни химически, ни физико-химически, находится преимущественно в почвенном растворе и легко используется растениями.

*Фосфор.* Поглощаясь в больших количествах растениями, фосфор аккумулируется в верхних горизонтах почвы. Фосфор в почвах содержится в органических и минеральных соединениях. Органические представлены нуклеиновыми кислотами, нуклеопротеидами, сахарофосфатами и др., минеральные - солями кальция, магния, железа и алюминия ортофосфорной кислоты. Фосфор в почве входит в состав апатита, фосфорита и вивианита. Апатит встречается во многих магматических породах и составляет 95% соединений фосфора в земной коре.

*Калий.* Присутствует калий чаще в глинистых минералах тонкодисперсных фракций, особенно в гидрослюдах, а также в составе таких первичных минералов крупной фракции, как биотит, мусковит, калиевые полевые шпаты. Калий относится к числу органоенов, необходимых для развития растений; в ряде случаев калий может быть в дефиците.

*Натрий.* В почве натрия главным образом присутствует в составе первичных минералов, преимущественно в натрийсодержащих полевых шпатах. В засоленных почвах сухостепной и аридных зон в значительных количествах может присутствовать в виде хлоридов или входить в поглощающий комплекс. В почве дефицита этого элемента обычно не наблюдается; присутствие натрия в повышенных количествах в составе подвижных соединений обуславливает наличие у почв неблагоприятных физических и химических свойств.

*Титан* присутствует в почве в составе первичных устойчивых к выветриванию титансодержащих минералов (ильменита, рутила, сфена), в связи, с чем при выветривании наблюдается его относительное накопление.

*Сера* присутствует в почве главным образом в составе различных органических соединений как растительного, так и животного происхождения; в засоленных почвах при наличии значительных количеств сульфатов валовое содержание  $\text{SO}_3$  может возрастать. Повышенное содержание серы в виде подвижных соединений может наблюдаться при загрязнении почв промышленными отходами (выпадение с осадками газообразных выбросов соединений серы). В крупных фракциях почвы сера присутствует в составе сульфидов (пирит), гипса, вторичных соединений железа, образующихся при болотном процессе.

*Кальций и магний* находятся в кристаллической решетке минералов в обменно-поглощенном состоянии и в форме простых солей разной степени растворимости. Среди обменных катионов кальция в большинстве почв занимает первое место, а магний – второе. Карбонаты кальция и магния, а также бикарбонатные формы ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) всегда присутствуют в почвах степей, саванн и пустынь, во многом определяя направление почвообразования.

Наряду с перечисленными макроэлементами в почве в очень небольших количествах присутствуют рассеянные элементы и микроэлементы, чрезвычайно важные для жизнедеятельности растений. Валовое содержание этих элементов в основном связано с содержанием в почве первичных минералов, отчасти глинистых минералов и органического вещества.

Наблюдается следующая приуроченность важнейших микроэлементов и рассеянных элементов к первичным минералам: Ni, Co, Zn – авгит, биотит, ильменит, магнетит, роговая обманка; Cu – авгит, апатит, биотит, гранаты, калиевые полевые шпаты, плагиоклазы; V – авгит, биотит, ильменит, мусковит, роговая обманка, сфен; Pb – авгит, апатит, биотит, калиевые полевые шпаты, мусковит; Li – авгит, биотит, роговая обманка, турмалин; B – турмалин; Zr – циркон; редкоземельные элементы – энидот, монацит.

Носителями микроэлементов и рассеянных элементов в крупной фракции почв могут быть также зерна кварца и обломки содержащих кварц пород, так как в них нередко встречаются субмикроскопические вкрапления перечисленных первичных минералов.

### **5.3. Методы определения подвижных соединений калия и фосфора в почве**

Общие запасы калия в различных почвах колеблются в среднем от 1 до 3% в пересчете на  $\text{K}_2\text{O}$ . Количество поглощенного калия составляет от 0,004 до 0,06% (4-60 мг на 100 г), а водорастворимого лишь 0,0001-0,002% (0,1-2 мг на 100 г почвы). Наиболее доступной формой калия являются водорастворимые соединения его и поглощенный (обменный) калий. Поглощенный калий является основным источником калийного питания растения, и содержание его в почве служит показателем степени обеспеченности почвы усвояемым калием.

Общее количество фосфора в почвах колеблется от 0,01 до 0,2%. Большая часть органических и минеральных соединений фосфора, находящихся в почве, нерастворима в воде и недоступна для растений; содержание водорастворимых соединений фосфора в почве очень невелико (0,02-2 мг  $\text{P}_2\text{O}_5$  на 1 л раствора).

В практике сельского хозяйства под названием «подвижные соединения фосфора» понимают как те почвенные фосфаты, которые непосредственно являются усвояемыми



для растений, так и те, которые сравнительно быстро могут переходить в почвенный раствор. Для определения степени обеспеченности почвы подвижными формами калия и фосфора предложено несколько методов. Выбор метода определяется степенью карбонатности и насыщенности почв основаниями.

### ***Лабораторная работа № 10. Определение содержания в почве подвижных соединений фосфора и калия по методу А.Т.Кирсанова***

Цель работы: определить содержание подвижных соединений фосфора и калия в почве по методу А.Т. Кирсанова.

Подвижными или доступными для растений формами фосфора и калия считаются такие их соединения, которые переходят в вытяжку 0,2 н. раствора HCl при соотношении почвы к раствору 1 : 5, взбалтывании в течение 1 минуты и последующего 15-минутного отстаивания.

#### Приготовление вытяжки

5 г почвы поместить в колбочку, прилить 25 мл 0,2 н. HCl, взболтать в течение 1 минуты, дать отстояться 15 минут и отфильтровать.

#### Приготовление реактива А

(6,0±0,1) г молибденовокислого аммония и (0,15±0,01) г сурьмяновиннокислого калия растворить соответственно в 200 и 100 мл дистиллированной воды при слабом нагревании. Охлажденные растворы прилить к 500 мл раствора серной кислоты концентрации  $C(1/2 H_2SO_4)=5$  моль/дм<sup>3</sup> и довести объем водой до 1 л.

Раствор хранить в склянке из темного стекла.

#### Приготовление реактива В

(1,00±0,01) г аскорбиновой кислоты растворить в 170 мл реактива А и довести объем раствора водой до 1 л. Раствор готовить в день проведения анализа.

#### Определение содержания фосфора

К отобранным 2 см<sup>3</sup> вытяжки прилить по 38 см<sup>3</sup> реактива Б. Через 10 мин после прибавления реактива Б окрашенный раствор поместить в спектрофотометр. Фотометрирование проводить в кювете с толщиной просвечиваемого слоя 0,5-1,0 см относительно чистого 0,2 н. раствора HCl (так называемого раствора сравнения №1) при длине волны 710 нм.

#### Определение содержания калия

Калий определяют на пламенном фотометре, используя светофильтр с максимумом пропускания в области 766-770 нм.

## *Лабораторная работа № 11. Анализ подвижного фосфора ( $P_2O_5$ )*

Цель работы: определить содержание подвижного фосфора в почве при помощи фотоэлектроколориметра.

Содержание фосфатов в вытяжке 0,2 н. HCl определяется действием молибденовокислого аммония (МКА), который в присутствии фосфора дает синюю окраску - молибденовую синь ( $MoO_2 \cdot 4MoO_3$ )<sub>2</sub> H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> \* 4H<sub>2</sub>O. Реакция протекает только в присутствии олова.

### Приборы и реактивы

1. Фотоэлектроколориметр, весы технические, весы аналитические, колбы на 100-150 мл, стаканы на 100-150 мл, фильтры диаметром 10-11 см, мерные колбочки на 50 мл, пипетки на 1, 5, 10 мл, бюретка с краником на 50 мл, мерные цилиндры на 25 и 50 мл;

2. 0,2 н. раствор HCl. 16,4 мл конц. HCl поместить в мерную колбу на 1 л и довести водой до метки;

3. Молибденовокислый аммоний (МКА) в 10 н. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:

- 25 г соли  $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$  растворить 200 мл воды при температуре 60°C и охладить;

- В мерную колбу на 1 л налить около 500 мл воды, добавить 280 мл конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, охладить, залить туда 200 мл раствора МКА и довести водой до метки.

В склянке из оранжевого стекла раствор может храниться длительное время;

4. Двухлористое олово в 10%-й HCl, 2,5 г SnCl<sub>2</sub> \* 2H<sub>2</sub>O поместить в термостойкий стаканчик, прилить 24 мл конц. HCl и растворить при нагревании на плитке.

После охлаждения перенести содержимое стаканчика в мерную колбу на 100 мл и довести водой до метки. Образующаяся при хранении раствора муть не оказывает заметного влияния на его качество, однако лучше пользоваться свежеприготовленным раствором.

### Ход анализа

1. 2,5 мл вытяжки поместить в мерную колбочку на 50 мл и разбавить водой до 40-45 мл.

2. Прилить 2 мл 2,5%-го раствора МКА в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и перемешать.

3. Добавить 3 капли раствора SnCl<sub>2</sub> в HCl, довести до метки водой и перемешать путем переворачивания колбочки.

4. Интенсивность окраски раствора определить на фотоколориметре через 10 минут после перемешивания. Светофильтр красный (670 нм.), рабочая длина кюветы 10 мм. Установка нуля по контрольной (нулевой) колбе шкалы.

Окраска раствора сохраняется не более 30 минут.

### Подготовка шкалы

1. Стандартный раствор - 0,1 мг/мл  $P_2O_5$  0,1917 г. высушенного в эксикаторе в течение суток х. ч.  $KH_2PO_4$  растворить в воде и довести объем до 1 литра.

2. Рабочий раствор - 0,0025 мг/мл  $P_2O_5$ . 25 мл стандартного раствора поместить в мерную колбу на 1,0 л и довести водой до метки.

3. Растворы шкалы.

В мерные колбы на 50 мл прилить указанное в таблице 19 количество рабочего раствора и далее действовать по описанию хода анализа (пп. 1-4).

Таблица 20

№ колбы	0	1	2	3	4	5	6
Рабочий раствор (0,0025 мг/мл),	-	5	10	15	20	30	40
$P_2O_5$ мг/50мл	-	0,0125	0,025	0,0375	0,05	0,075	0,1
$P_2O_5$ мг/100 мл	-	0,0250	0,05	0,075	0,1	0,15	0,2
$P_2O_5$ мг/л	-	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0

### Построение калибровочного графика и расчет результатов

Калибровочный график строится в следующих координатах.

- По оси абсцисс - концентрация раствора в мг/л;
- По оси ординат - плотность окраски раствора (показатель ФЭК).

Содержание подвижного фосфора в почве вычисляется по формуле:

$$P_2O_5 = \frac{a \cdot b \cdot c \cdot 100}{1000} \quad (13)$$

где  $P_2O_5$  - содержание фосфора в мг/100 г почвы;

*a* - концентрация  $P_2O_5$  в мг/л, найдена по графику;

*b* - кратность разведения вытяжки в колбе (при 2,5 мл вытяжки в = 20, при 1 мл - 50);

*c* - отношение веса почвы к объему вытяжки (5);

100 - коэффициент пересчета на 100 г почвы;

1000 - коэффициент пересчета на 1 л.

### Порядок работ на фотоэлектроколориметре «КФК - 2»

Включить прибор в сеть.

Установить в дальнюю кассету кювету с раствором сравнения, а в ближнюю – с исследуемым раствором.

Ручкой слева установить необходимую длину волны в НМ.

Поставить кювету с раствором сравнения "под луч" - Закрыть крышку.

Установить диапазон чувствительности 1,2 или 3 по шкале того же цвета, что и длина волны.

Ручкой "грубо" и "точно" установить "0" по нижней шкале (стрелка вправо).

Поставить кювету с исследуемым раствором "под луч".

Снять отсчет по нижней шкале.

Таблица 21

Длины волн, цвета светофильтров и колориметрируемых растворов

Длина волны, нм	Цвет светофильтра	Цвет раствора
400-450	Фиолетовый	Желто-зеленый
450-480	Синий	Желтый
480-490	Зелено-синий	Оранжевый
490-500	Сине-зеленый	Красный
500-560	Зеленый	Пурпурный
560-575	Желто-зеленый	Фиолетовый
575-590	Желтый	Синий
590-625	Оранжевый	Зелено-синий
625-700	Красный	Сине-зеленый

### **Лабораторная работа № 12. Ускоренный (визуальный) метод определения подвижного фосфора в почве**

Цель работы: определить содержание подвижного фосфора в почве ускоренным методом.

Для более быстрого определения содержания подвижного фосфора в почве применяется визуальный метод сравнения окрашенных растворов со стандартной шкалой.

#### Приборы и реактивы

1. Стандартная шкала для определения фосфора.
2. Пробирки, градуированные на 5 и 10 мл.
3. Оловянная палочка.
4. Реактив А. Раствор молибденовокислого аммония в соляной кислоте, 10 г х.ч. МКА растворить в 100 мл горячей (около 100°С) воды. Горячий раствор отфильтровать, охладить, добавить к нему 200 мл конц. HCl и 100 мл воды. Хранить в посуде из темного стекла.
5. Реактив Б. К 100 мл реактива А добавить 400 мл воды (1 : 4).

#### Ход анализа

5 мл вытяжки 0,2 н. HCl поместить в пробирку, добавить 5 мл индикатора (реактив Б - раствор МКА), перемешать оловянной палочкой до постоянной синей окраски и сравнить со шкалой. Содержание в почве подвижного фосфора в мг/100 г почвы указано на пробирках шкалы.

### **Лабораторная работа № 13. Определение подвижных форм фосфора по Ф.В. Чиркову**

Цель работы: определить содержание подвижного фосфора в почве по методу Ф.В. Чиркова.

Методом Ф.В. Чиркова определяются подвижные формы фосфатов, переходящие в 0,5 н. раствор уксусной кислоты.

Метод пригоден как для кислых, так и для нейтральных почв (черноземы, хорошо окультуренные дерново-подзолистые, серые лесные и др.). Образование уксуснокислого кальция при взаимодействии кислоты с почвой создает буферность почвы, что и позволяет использовать этот метод более широко, чем метод А. Т. Кирсанова.

#### Приборы и реактивы

0,5 н. раствор  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , pH 2,5; 30 мл ледяной уксусной кислоты разбавляют водой и доводят до 1 л.

#### Ход анализа.

Навеску в 4 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с диаметром ячеек 1 мм, помещают в колбу и обрабатывают 100 мл 0,5 н. раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Колбу встряхивают в течение двух часов, после чего содержимое фильтруют через беззольный складчатый фильтр. Из фильтрата фосфор определяют на фотоэлектроколориметре.

Если почва бедна фосфором, т.е. на колориметрирование приходится брать более 20 мл вытяжки, то фильтрат перед колориметрированием выпаривают досуха в фарфоровой чашечке, сухой остаток растворяют в соляной или серной кислоте и переносят в мерную колбу горячей дистиллированной водой.

### **Лабораторная работа № 14. Анализ обменного калия ( $\text{K}_2\text{O}$ )**

Цель работы: определить содержание обменного калия в почве при помощи пламенного фотометра.

В вытяжках из почвы калий определяется обычно пламенно-фотометрическим методом. Для этого вполне достаточно небольшого количества фильтрата, оставшегося после

определения подвижного фосфора. Через специальный капилляр раствор впрыскивается в пламя газовой горелки пламенного фотометра. Содержание калия определяется по отклонению стрелки прибора в сравнении со шкалой. Порядок работы на пламенном фотометре зависит от его типа и указан в инструкции по эксплуатации прибора.

#### Приборы и реактивы

1. Пламенный фотометр.
2. Мерные колбы на 100 мл и 1 л.

#### Подготовка шкалы

1. Стандартный раствор - 500 мг/л  $K_2O$ , 0,7915 г х.ч. KCL поместить в мерную колбу на 1 л и довести 0,2 н. раствором HCL до метки

2. Растворы шкалы.

В мерные колбы на 100 мл поместить указанное в таблице 20 количество стандартного раствора ( $K_2O$  500 мг/л) и довести 0,2 н. HCl до метки.

*Таблица 22*

№ Колбы	Стандартный раствор, мл	Содержание $K_2O$ мг/л	Содержание $K_2O$ в почве, мг/100 г
1	0,4	2	1
2	0,8	4	2
3	1,6	8	4
4	2	10	5
5	4	20	10
6	8	40	20
7	16	80	40
8	20	100	50

Калибровочный график строится в следующих координатах.

- По оси абсцисс - содержание  $K_2O$  в почве в мг/100 г;
- По оси ординат - показатель стрелки фотометра.

#### Порядок работы на пламенном фотометре «ПАЖ - 2»

Перед включением прибора ручки управления должны быть в следующем положении:

- переключатель диапазонов ДИАП – в положении "0";
- ручка ГАЗ – в положении "закрыто";
- ручка ДИАФР – до упора по часовой стрелке;
- ручки ЧУВСТВ (грубо и точно) – до упора против часовой стрелки;
- ручки НУЛЬ (грубо и точно) – в среднее положение;
- ручка ШТОРКА задвинута до отказа;
- кнопки СМЕЩЕНИЕ ШКАЛЫ и ПОСТОЯННАЯ ВРЕМЕНИ отжаты.

1. Включить прибор в сеть (кнопка СЕТЬ).
2. Установить электрический нуль (через 30 мин после включения прибора):
  - нажать на кнопку "0" переключателя СМЕЩ. ШК.
  - ручками НУЛЬ установить стрелку фотометра на "0". Для меньшей амплитуды колебания стрелки можно нажать кнопки "20" или "10" переключателя ПОСТ. ВР.
3. Зажечь газовую горелку;
  - включить компрессор, нажав на белую кнопку пускателя; показатель давления воздуха на ротаметре прибора должен быть на цифре "80" (0,08 МПа);
  - дрессель регулировки подачи воздуха находится на правой боковой стенке прибора (под дверкой);
  - открыть вентиль подачи газа (на баллоне);
  - убрать кожух и защитное стекло с горелки. Зажечь спичку и, держа ее щипцами над горелкой, открыть ручку ГАЗ; отрегулировать пламя горелки, оно должно быть бесцветным с зеленоватыми конусами высотой 5-12 мм;
  - установить на горелку защитное стекло и светозащитный кожух.
4. Произвести установку фотометрического нуля:
  - поставить под капилляр распылителя стаканчик с 0,2 н. НСL;
  - открыть шторку (выдвинуть ручку ШТОРКА на себя до упора);
  - ручкой ДИАФР. установить стрелку фотометра на "0".

#### Калибровка шкалы (съемка образцовых растворов)

Поставить под капилляр стаканчик с наибольшей концентрацией раствора шкалы ( $K_2O$  - 100 мг/л). Переключая диапазоны (ручка ДИАП), ручкой ЧУВСТВ, установить стрелку фотометра на "100".

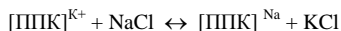
Для "утомления" прибора выдержать его в данном режиме 5-8 минут, после чего, промыв капилляр и распылитель дистиллированной водой произвести съемку шкалы от низких концентраций к высоким ( $K_2O$  от 2 мг/л до 100 мг/л).

При калибровке шкалы необходимо добиваться наибольшего соответствия показаний прибора (стрелки) и концентрации определяемого элемента в образцовых растворах (при концентрации 10 мг/л стрелка должна быть на отметке "10", 40 мг/л - 40 и т.д.). С этой целью нужно варьировать диапазоны измерения ручкой ДИАП, чтобы найти наиболее оптимальный.

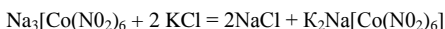
**Лабораторная работа № 15. Ускоренное (визуальное) определение подвижного калия в почве по методике ВИУА**

Цель работы: определить содержание подвижного калия в почве ускоренным методом.

Подвижный калий вытесняется из почвы раствором хлорного натрия в результате обменной реакции:



В вытяжке калий определяется с помощью кобальтнитрита натрия, который в присутствии калия образует жёлтый нерастворимый осадок - кобальтнитрит калия-натрия:



При этом количество выпавшего осадка пропорционально содержанию калия в вытяжке, что дает возможность для его количественного определения - по изменению окраски раствора.

Приборы и реактивы

1. Весы технические, ротатор, колбы на 100-150 мл, стаканы на 100-150 мл, фильтры диаметром 10-11 см, мерные цилиндры на 20 мл, пробирки с притертой пробкой и градуировкой на 5 мл, стандартная шкала, термометр;

2. 1 н. раствор NaCl:

1) 58,5 г соли NaCl растворить в 600-700 мл вода в мерной колбе на 1 л.

2) 10 г окиси магния поместить в фарфоровую ступку и растереть с небольшим количеством воды.

3) смыть водой содержимое ступки в мерную колбу и довести до метки.

2. Кобальтнитрит натрия.

Для проверки чистоты реактива 0,2 г сухого кобальтнитрита поместить в пробирку, прилить 5 мл отфильтрованного раствора 1 н. NaCl и перемешать. После 30 - минутного отстаивания окраска полученного раствора должна совпадать с раствором пробирки № 1 шкалы.

Ход анализа

1. 10 г почвы поместить в колбочку, прилить 20 мл 1 н. раствора NaCl, взболтать в течение 5 минут и отфильтровать.

2. В пробирку поместить 0,2 г сухого кобальтнитрита натрия прилить 5 мл фильтрата, взболтать до полного растворения и дать отстояться 30 минут.

3. Содержимое пробирки взболтать и сравнить со стандартной шкалой на черном фоне. Осадок в пробирках шкалы должен быть во взвешенном состоянии, что достигается их постоянным взбалтыванием.



Содержание калия в почве определить по таблице 23 в зависимости от температуры растворов.

Таблица 23

Содержание  $K_2O$  в почве, в мг/100 г

	Температура, в $^{\circ}C$				
	7	16	22	25	30
1	0	0	0	0	0
2	2,0	2,5	3,5	4,0	,0
3	2,5	5,0	5,5	6,0	7,5
4	6,0	7,0	10,0	10,0	10,0
5	9,0	10,0	14,0	16,0	17,0
6	13,0	17,0	20,0	25,0	25,0
7	22,0	25,0	25,0	25,0	40,0
8	36,0	40,0	-	-	-

При содержании  $K_2O$  более 40 мг/100 г почвы вытяжку разбавляют отфильтрованным раствором 1 н.  $KCl$ .

Таблица 24

Группировка почв по содержанию подвижных форм фосфора и калия

Содержание в почве	$P_2O_5$	$K_2O$
	мг/100 г почвы	
Очень низкое	< 2,5	<4
Низкое	2,5-5	4-8
Среднее	5-10	8-12
Повышенное	10-15	12-17
Высокое	15-25	17-25
Очень высокое	> 25	> 25

#### 5.4. Изменения химического состава почв в процессах генезиса

В целом химический состав почвы наследуется от материнской горной породы, которая в процессе почвообразования преобразуется, обогащается химическими элементами органического вещества (С, О, Н, N, Р и др.), а также минеральными элементами-биофилами. Поэтому особой спецификой химического состава отличаются верхние гумусоаккумулятивные горизонты.

Химический состав почв оказывает чрезвычайно большое влияние на их плодородие как непосредственно, так и определяя те или иные свойства почвы, имеющие решающее значение в жизни растений. С одной стороны, это может быть дефицит тех или иных элементов питания растений, например фосфора, азота, калия, железа, некоторых микроэлементов; с другой – токсичный для растений избыток, как в случае засоления почв.

В процессе почвообразования происходят весьма существенные преобразования химического состава исходных почвообразующих пород, связанные с рядом почвенных процессов и антропогенным воздействием:

- 1) переход химических элементов из одних соединений в другие в связи с трансформацией первичных минералов во вторичные;
- 2) вынос химических элементов с почвенными растворами за пределы профиля почвы и коры выветривания при постоянном промывании почвы атмосферными осадками;
- 3) перераспределение химических элементов между генетическими горизонтами в процессах элювиально-иллювиальной дифференциации почвенного профиля;
- 4) накопление химических элементов за счет притока их с грунтовыми водами при образовании засоленных почв;
- 5) антропогенное загрязнение почв при поступлении элементов из атмосферы с осадками;
- 6) антропогенное загрязнение почв при использовании ядохимикатов и минеральных удобрений.

При оценке изменения валового состава почв в процессе почвообразования принято использовать молярные отношения кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ) к полуторным окислам ( $\text{R}_2\text{O}_3$ ) или отдельно к  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Потеря кремнезема и накопление окисей алюминия и железа хорошо иллюстрируются расчетом молярных отношений  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$  или  $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$  в илстой фракции почв и пород.

С.В. Зоин предложил следующее разделение коры выветривания по молярным отношениям  $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$  в илстой фракции:

*Аллитные* ( $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3 < 2,5$ ) с подразделением на аллитные ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  резко преобладает над  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), ферраллитные ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  преобладает над  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) и ферритные ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  преобладает над  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  не только в илстой фракции, но и в коре в целом);

*Сиаллитные* ( $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3 > 2,5$ ) с подразделением на сиаллитные и феррсиаллитные. Для последних характерно суженное отношение  $\text{SiO}_2 : \text{Fe}_2\text{O}_3$ .

#### Контрольные вопросы по разделу

1. Какие химические элементы составляют более 99% общей массы литосферы?
2. Содержание какого химического элемента в почве напрямую зависит от содержания в ней гумуса? Почему?
3. Какое значение для растений имеют калий и фосфор, содержащиеся в почве?
4. Какие почвенные горизонты обладают особой спецификой химического состава? Почему?
5. Как изменяется химический состав почв в связи с антропогенным воздействием?

## 6. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ И СКЕЛЕТНЫЙ СОСТАВ ПОЧВ

### 6.1. Понятия и классификация

Твердая фаза почвы состоит из механических элементов различного происхождения. *Механические элементы* – это разнообразные по величине обломки минералов и горных пород, органические вещества и органоминеральные соединения. Кристаллы льда и живое вещество к механическим элементам не относится.

Механические элементы в основном достаются почве в наследство от материнской породы. Но они не остаются неизменными в процессе почвообразования, так как в почве постоянно происходят разнообразные явления: дробление, растворение, гидролиз, осаждение, гумификация и др. Наблюдаются также процессы перемещения тонких механических элементов по профилю многих почв, обеднение ими верхних горизонтов и обогащение нижних.

Механические элементы неодинаковы по размеру. В России принята классификация, разработанная Н.А. Качинским:

<i>Название механических элементов</i>	<i>Диаметр элементов, мм</i>
Скелет почвы:	
• Камни	более 3
• Гравий	1-3
Мелкозем почвы:	
• Песок	1,0-0,05
• Пыль	0,001-0,05
• Ил	Менее 0,001
• Песок физический	Более 0,01
• Глина физическая	Менее 0,01

Почвы с содержанием скелетных механических элементов называют каменистыми. Они могут быть валунными, галечниковыми и щебнистыми. *Гранулометрический состав* – содержание в мелкоземной почве механических элементов (фракций) различной крупности. Почвы классифицируются по гранулометрическому составу в зависимости от содержания физического песка (частицы крупнее 0,01 мм) или физической глины (частицы менее 0,01 мм) (таблица 25).

Классификация почв Н.А. Качинского по механическому составу

Содержание физической глины, частиц <0,01 мм, %			Основное название почвы по механическому составу	Дополнительное название по преобладающей фракции
Подзолистый тип	Степной тип, красноземы и желтоземы	Солонцы и сильно солонцеватые почвы		
0-5	0-5	0-5	Песок рыхлый	Мелкозернистый, среднезернистый, крупнозернистый, мелкозернистый гравелистый, среднезернистый гравелистый, крупнозернистый гравелистый
5-10	5-10	5-10	Песок связный	Мелкозернистый, мелкозернистый крупнопылеватый, мелкозернистый иловато-песчаный, среднезернистый, среднезернистый гравелистый
10-20	10-20	10-15	Супесь	Крупнопылеватая, иловато-песчаная, пылеватопесчаная, гравелисто-песчаная
20-30	20-30	15-20	Суглинок легкий	Крупнопылеватый, иловато-песчаный, пылеватопесчаный, песчаный, гравелисто-песчаный
30-40	30-45	20-30	Суглинок средний	Пылеватопылеватый, иловатопылеватый, крупнопылеватопылеватый, иловатокрупнопылеватый, пылеватый, крупнопылеватый, песчано-иловатый, песчано-пылеватый, иловатопесчаный, пылеватопесчаный
40-50	45-60	30-40	Суглинок тяжелый	
50-65	60-75	40-50	Глина легкая	Пылеватая, крупнопылеватая, иловато-песчаная
65-80	75-85	50-65	Глина средняя	Пылеватопылеватая, иловатопылеватая, крупнопылеватопылеватая, иловатокрупнопылеватая
>80	>85	>65	Глина тяжелая	Пылеватопылеватая, иловатопылеватая

Примечания:

1. Если в почве есть гравий (1 - 3 мм), он причисляется к песку.
2. Глина легкая, суглинок тяжелый и средний пылеватый второй преобладающей фракцией имеют пыль.
3. Глина легкая, суглинок тяжелый и средний крупнопылеватый второй преобладающей фракцией имеют пыль.
4. Суглинок легкий и супесь крупнопылеватая второй преобладающей фракцией имеют песок.
5. В песке крупнопылеватом преобладает лёссовидная фракция (0,05 - 0,01 мм), второй фракцией является песчаная.
6. Песок мелкозернистый, среднезернистый и крупнозернистый преобладающей фракцией имеют песок соответствующей крупности, на втором месте – крупная пыль.
7. Песок мелкозернистый, среднезернистый и крупнозернистый - гравелистый преобладающей фракцией имеют песок соответствующей крупности, на втором месте – гравий.

В бытовой терминологии различают почвы глинистые, песчаные, суглинистые (глина, песок, суглинок). В научно-практических специальных исследованиях для более детального разделения почв по гранулометрическому составу используется содержание преобладающих фракций: песка (1-0,25 мм), пыли (0,25-0,001 мм) и ила (менее 0,001 мм). Так, могут выделяться черноземы среднеглинистые иловато-пылеватые или каштановые почвы суглинистые иловато-песчаные (иловато-пылеватые, пылеватые и т.п.). Детализированная классификация почв по гранулометрическому составу применяется редко.

### ***Лабораторная работа № 16. Анализ механического состава почвы по Н.А. Качинскому***

***Цель работы:*** определить механический состав почвы по методу Н.А. Качинского.

Отдельные частички пород и минералов, из которых состоит почва, называются механическими элементами. Это камни (размером более 3 мм), гравий (3 - 1 мм), песок (0,5 - 0,05 мм), пыль (0,05 - 0,001 мм), ил (0,001 - 0,0001 мм) и коллоиды (< 0,0001мм).

Механические элементы крупнее 0,01 мм называются фракцией физического песка, а механические элементы меньше 0,01 мм - фракцией физической глины.

Соотношение в почве фракции физического песка и физической глины определяет ее механический или гранулометрический состав. Таким образом, анализ механического состава практически сводится к определению этих двух фракций. Однако для полной

характеристики почвы необходимо иметь данные по всем видам содержащихся в ней механических элементов.

Принцип метода Н.А. Качинского основан на известном законе Стокса, по которому скорость осаждения твердых частиц в жидкости зависит от их размеров. Зная, с какой скоростью осаждаются механические элементы различного диаметра, можно брать пробы почвенной суспензии с определенной глубины (по истечении различных сроков после взмучивания) и определять содержание механических элементов.

#### Приборы и реактивы

1. Весы аналитические, сушильный шкаф, бюксы металлические, эксикатор, чашки фарфоровые диаметром 10 и 25 см, воронки диаметром 10 и 25 см, колбы конические на 750 мл, сито с отверстиями 0,25 мм, мерные цилиндры на 500 мл, пипетка Качинского, мешалка для взбалтывания суспензии в цилиндре, пипетки на 25, 10, 5 и 1 мл;

2. 10%-й раствор HCl. В мерную колбу на 1 л поместить около 500 мл дистиллированной воды, прилить 236,4 мл конц. HCl и довести водой до метки;

3. 0,2 н. раствор HCl. 16,4 мл конц. HCl довести водой до 1 л в мерной колбе;

4. 0,05 н. раствор HCl. 4,1 мл конц. HCl довести водой до 1 л;

5. 10%-й раствор NH<sub>4</sub>OH. 422,0 мл конц. аммиака разбавить водой до 1 литра;

6. 10%-й раствор CH<sub>3</sub>COOH. 97,1 мл конц. CH<sub>3</sub>COOH разбавить водой до 1 литра;

7. 4%-й раствор (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 4 г щавелевокислого аммония растворить в воде и довести водой до 100 мл;

8. 10%-й раствор HNO<sub>3</sub>. 115,0 мл конц. HNO<sub>3</sub> разбавить водой до 1 литра;

9. 5%-й раствор AgNO<sub>3</sub>. 5 г AgNO<sub>3</sub> растворить в воде и довести до 100 мл;

10. 1 н. раствор NaOH. 40 г NaOH растворить в воде и довести до 1 литра.

#### Ход анализа

1. Из воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с отверстиями 1 мм, взять на аналитических весах с точностью до 0,001 г две навески по 5 г и поместить их в фарфоровые чашечки. Одна навеска служит для приготовления анализируемой суспензии, другая - для определения потери при обработке HCl.

2. Действием на почву в одной из чашек 10%-м раствором HCl определить наличие карбонатов.

3. Если содержатся карбонаты, то для их разрушения почву в обеих чашках необходимо обработать небольшими порциями 0,2 н. раствора HCl до полного прекращения выделения CO<sub>2</sub>.

После разрушения карбонатов жидкость из чашек слить на воронки с плотным фильтром и обработать почву 0,05 н. раствором HCl для вытеснения из нее поглощенных  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{K}^{\text{g}^{2+}}$ , как указано в пункте 4.

Жидкость из чашки, в которой определяют потерю при обработке, слить на воронку с заранее взвешенным фильтром. Если же в почве карбонаты отсутствуют, ее сразу обрабатывают 0,05 н. HCl, как указано в пункте 4.

4. Прилить в чашки примерно до половины 0,05 н. HCl, перемешать почву стеклянной палочкой и слить суспензию на тот же фильтр, куда сливали жидкость после разрушения свободных карбонатов. Операцию повторяют 4-5 раз, чтобы, взмучивая почву с 0,05 н. HCl, перенести ее всю из чашек на фильтр.

5. Почву на фильтрах обработать 0,05 н. HCl до исчезновения реакции на кальций. Для определения этого нужно набрать в пробирку непосредственно из-под воронки около 3 мл фильтрата. Прилить к нему несколько капель 10%-го раствора  $\text{NH}_4\text{OH}$  до слабого запаха, подкислить 10%-й  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , добавить 3 мл 4%-го раствора щавелевокислого аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  и нагреть смесь до кипения. При наличии кальция появится белая муть или осадок щавелевокислого кальция ( $\text{CaC}_2\text{O}_4$ ). При отсутствии мути обработку почвы 0,05 н. HCl заканчивают.

6. Почву на фильтрах промыть от HCl дистиллированной водой до исчезновения реакции на хлор. Для определения конца промывания набрать в пробирку из-под воронки 3-5 мл фильтрата, подкислить его 10%-й  $\text{HNO}_3$  и прибавить несколько капель 5%-го  $\text{AgNO}_3$ . Отсутствие белой мути указывает на конец промывания.

При наличии белой мути промывание продолжают. Но если из воронки начнёт вытекать мутная жидкость (через фильтр проходят коллоиды почвы), то промывание прекращают, даже если хлор до конца не отмыт.

7. Почву со взвешенным фильтром после обработки HCl и водой перенести во взвешенный металлический бюкс, поставить его в сушильный шкаф и просушить при температуре  $105^\circ\text{C}$  в течение 2 часов. Охладить бюкс в эксикаторе и взвесить на аналитических весах с точностью до 0,0001 г, после чего определить потерю от обработки HCL.

8. Установить на колбу объемом 750 мл большую воронку, перенести на нее взвешенный фильтр с почвой и струей воды из промывалки смыть почву с фильтра в колбу. Фильтр отжать над фарфоровой чашкой и слить ее содержимое через сито с отверстиями 0,25 мм в ту же колбу на 750 мл,

9. Довести водой объем жидкости в колбе примерно до 250 мл, добавить туда 2-3 мл 1 н. раствора NaOH и оставить на 2 часа, встряхивая колбу через каждые 15 минут.

10. Закрывать колбу воронкой, поставить на плитку и прокипятить в течение часа (для разрушения почвенных агрегатов).

11. На мерный цилиндр емкостью 500 мл поставить большую воронку, установить на нее сито с диаметром отверстий 0,25 мм и, пропуская через сито, перенести содержимое колбы (после охлаждения) в мерный цилиндр. Почву на сите нужно слегка протирать пальцами, промывая водой из промывалки, и обязательно следить, чтобы воды в цилиндре не набралось более 500 мл.

12. Остаток с сита (частицы размером 1-0,25 мм) смыть в фарфоровую чашку большого диаметра, а из нее - во взвешенный металлический бюкс. Слив из бюкса воду над осадком, выпарить ее остатки на плитке, просушить в сушильном шкафу при температуре 105°C в течение 2 часов, охладить в эксикаторе и взвесить на аналитических весах.

13. Объем суспензии в цилиндре довести дистиллированной водой до 500 мл, после чего можно приступать к взятию проб. Берут их специальной пипеткой с глубины 7, 10 и 25 см через строго определенные промежутки времени после взбалтывания суспензии. Сроки взятия проб и глубина погружения пипетки указаны в таблице 26.

Таблица 26

Диаметр частиц, мм	Глубина погружения пипетки в суспензию для взятия проб, см	Время отстаивания при разных температурах, °С			
		10	15	20	30
1	2	3	4	5	6
0,05	25	149"	130"	115"	92"
0,01	10	24'52"	21'45"	19'14"	15'17"
0,005	10	1 ч.39'27"	1 ч.26'59"	1 ч.16'55"	1 ч.1'10"
0,001	7	29 ч.00'	25ч.22'	22 ч.26'	15 ч.50'

14. Взятие пробы. Суспензию в цилиндре тщательно перемешать специальной мешалкой в течение 1 минуты. Примерно за 30 сек. до конца отстаивания, указанного в таблице, цилиндр поставить под пипетку и опустить ее на заданную глубину. Брать пробу (засасывать суспензию) нужно по возможности быстро, начиная за 5-10 сек. до расчетного времени и заканчивая через такое же время после. После взятия пробы доливать водой цилиндр не нужно. Для взятия следующей пробы суспензию в цилиндре снова перемешивают и засекают время отстаивания.

15. Суспензию из пипетки слить во взвешенный металлический бюкс, выпарить его содержимое на плитке, просушить в сушильном шкафу (2 часа при 105°C), охладить в эксикаторе и взвесить на аналитических весах.



Расчет результатов анализа

1. Потери при обработке (пункт 7) вычислить по формуле:

$$X = \frac{(a-b)}{a} * 100, \quad (14)$$

где  $X$  - потеря при обработке, %;

$a$  - масса абсолютно сухой почвы, взятой при определении потери при обработке, г;

$b$  - масса сухой почвы после обработки ее раствором  $HCl$  и  $H_2O$  за вычетом массы фильтра, г.

2. Содержание крупного и среднего песка (1-0,25 мм) вычислить по формуле:

$$P = \frac{b*100*k}{c}, \quad (15)$$

где  $P$  - количество крупного и среднего песка, %;

$b$  - масса частиц, оставшихся на сите, г;

$C$  - навеска воздушно-сухой почвы, взятая для механического анализа, г;

$100$  - коэффициент пересчета на 100 г почвы;

$k$  - коэффициент гигроскопичности.

3. Последующие фракции механического состава вычислить с учетом массы взятых пипеткой проб суспензии. Чтобы яснее представить принцип расчета, приводится схема, на которой указано, в состав какой пробы входит та или иная фракция:

$$100\% \left\{ \begin{array}{l} \text{Потери при обработке почвы } HCl \text{ и } H_2O \\ \text{Крупный и средний песок - 1-0,25 мм - остаток на сите} \\ \text{Мелкий песок - 0,25-0,05 мм} \\ \text{Крупная пыль - 0,05 - 0,01 мм} \\ \text{Средняя пыль - 0,01 - 0,005 мм} \\ \text{Мелкая пыль - 0,005 - 0,001 мм} \\ \text{Ил < 0,001 мм} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \\ \\ \\ 3 \text{ проба} \\ 2 \text{ проба} \\ 1 \text{ проба} \end{array}$$

Из схемы видно, что в состав первой пробы входит крупная, средняя, мелкая пыль и ил, а второй - все фракции 1-й пробы, за исключением крупной пыли. Поэтому, зная содержание первой и второй проб, можно по разности вычислить содержание крупной пыли.

В третью пробу входят все фракции второй пробы, за исключением средней пыли, поэтому по разности между второй и третьей пробами можно вычислить содержание средней пыли. По разности между третьей и четвертой пробами вычисляют количество мелкой пыли. В четвертую пробу входят одни илестые частицы, поэтому масса ее соответствует содержанию илестой фракции.

Количество фракций мелкого песка вычислить по разности между суммой всех фракций (100%) и суммой среднего песка, первой пробы и потерей при обработке.

4. Содержание мелкого песка (0,25-0,05 мм) найти по формуле:

$$m = 100 - (p + n_1 + x), \quad (16)$$

где  $m$  - количество мелкого песка, %;

$p$  - количество крупного и среднего песка, %;

$n_1$  - количество частиц первой пробы, %;

$x$  - потеря при обработке почвы HCl и H<sub>2</sub>O, %.

Количество частиц первой пробы вычислить по формуле:

$$n_1 = \frac{K \cdot V \cdot 100 \cdot k}{V_1 \cdot C}, \quad (17)$$

где  $K$  - масса первой пробы, г;

$V$  - объем суспензии в цилиндре, мл;

$100$  - коэффициент пересчета на 100 г почвы;

$V_1$  - объем взятой пробы, мл;

$C$  - навеска почвы, взятая для механического анализа, г;

$k$  - коэффициент пересчета на сухую почву.

Так же рассчитать количество частиц в процентах второй, третьей и четвертой проб, подставляя вместо  $K$  соответствующую массу проб в граммах.

5. Содержание крупной пыли (0,05-0,01 мм):

$n_1 - n_2 =$  % крупной пыли,

где  $n_1$  - первая проба (в %);  $n_2$  - вторая проба (в %).

6. Содержание средней пыли (0,01-0,005 мм):

$n_2 - n_3 =$  % средней пыли,

где  $n_2$  - вторая проба (в %);  $n_3$  - третья проба (в %).

7. Содержание мелкой пыли (0,005-0,001 мм):

$n_3 - n_4 =$  % мелкой пыли,

где  $n_3$  - третья проба (в %);  $n_4$  - четвертая проба (в %).

8. Содержание ила (< 0,001 мм) равно количеству частиц четвертой пробы в процентах.

Полученные результаты записать по следующей форме (таблица 27).

При определении механического состава по данным анализа потерю при обработке почв, не насыщенных основаниями (не вскипающих от HCl), необходимо причислить к илистой фракции (к частицам размером < 0,001 мм). В карбонатных почвах потеря при обработке выделяется отдельной графой.

Результаты механического анализа

Генетический горизонт и глубина взятия образца, см	Гигроскопическая влажность, %	Потери при обработке НС1, %	Размер механических элементов (в мм) и их содержание, %						Название почвы по механическому составу
			1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<<0,001	

На основании полученных результатов определяют механический состав почвы по классификации Н.А. Качкинского (таблица 28).

Таблица 28

Название почвы	Содержание фракций, %	
	физической глины (<0,01)	физического песка (>0,01)
Песок	<10	>90
Супесь	10 - 20	80-90
Суглинок легкий	20-30	70-80
Суглинок средний	30-40	60-70
Суглинок тяжелый	40-50	50-60
Глина	> 50	< 50

### **Лабораторная работа №17. Ориентировочный метод определения механического состава**

**Цель работы:** определить механический состав почвы ускоренным методом.

Для ориентировочного определения механического состава берут небольшую щепотку почвы и растирают ее пальцем или ногтем на ладони. Если почва структурна и мелкие агрегаты не размельчаются ногтем, их нужно осторожно раздавить в фарфоровой ступке, так как пера стертые агрегаты можно принять за песчаные частицы.

Растертую почву рассматривают на ладони в лупу и определяют наличие или отсутствие песчаных частиц. Для окончательного решения вопроса о механическом составе небольшое количество растертой почвы насыпают в фарфоровую чашку и смачивают водой до тестообразного состояния. Воду нужно приливать постепенно, наблюдая за полным впитыванием каждой порции, тщательно размешивая ее с почвой до получения наиболее

вязкого теста из почвы (при избытке воды масса почвы становится жидкой и текучей). Из полученного теста скатывают шарик (диаметром 1,5-2 см), который затем раскатывают в шнур. Сопоставляя все результаты исследования определяют механический состав.

Результаты определения механического состава записывают в рабочую тетрадь с указанием номера образца и глубины залегания.

## **6.2. Генетическое и экологическое значение гранулометрического состава**

Гранулометрический состав – важнейшая характеристика почвы. От нее зависят очень многие свойства почвы и ее плодородие. Гранулометрический состав оказывает существенное влияние на водно-физические, физико-механические, воздушные, тепловые свойства, окислительно-восстановительные условия, поглонительную способность, накопление в почве гумуса, зольных элементов и азота.

Размеры частиц отражают различия в свойствах гранулометрических фракций, свойства которых напрямую зависят от удельной поверхности частиц и их химического и минералогического состава.

*Песчаная фракция (1–0,25 мм)* состоит из обломков разных горных пород и минералов, среди которых чаще всего преобладает кварц и полевые шпаты. Пески имеют очень высокую водопроницаемость, свободно фильтруют воду, не набухают, не пластичны. Эти их свойства повсеместно используются при заполнении различных выемок, например, канав и траншей, где недопустима усадка грунта.

*Фракция крупной пыли (0,25–0,001 мм)* по минералогическому составу мало отличается от песчаной, поэтому обладает многими свойствами песка: не пластична, очень слабо набухает, имеет низкую влагоемкость.

*Средняя пыль (0,01–0,005 мм)* в своем составе содержит много слюды. Слюды придают фракции некоторую пластичность и связанность. Средняя пыль уже более дисперсна, чем предыдущие крупные фракции. Например, 1г частиц этой фракции имеет удельную поверхность около 2000 см<sup>2</sup>. Поэтому средняя пыль лучше удерживает влагу и обладает слабой водопроницаемостью. Характерна неспособность частиц к коагуляции и структурообразованию. Почвы, в которых преобладает фракция средней пыли, легко расплываются, склонны к уплотнению и образованию сплошной корки.

*Тонкая пыль (0,005–0,001 мм)* характеризуется относительно высокой дисперсностью. Кусочки горных пород отсутствуют, характерно наличие минералов как первичных, так и вторичных. Заметно резкое уменьшение количества кварца. Появляются свойства, не присущие крупным фракциям: способность к коагуляции и структурообразованию. Фракция тонкой пыли уже может содержать органические вещества. В неструктурных почвах

присутствие этой фракции способствует развитию явлений набухания, усадки, низкой водопроницаемости, липкости, трещиноватости, плотного сложения.

Ил ( $< 0,001$  мм) состоит преимущественно из вторичных глинистых минералов, гумусовых и органо-минеральных веществ. Все коллоиды почвы входят в состав этой фракции. Илистые частицы обладают громадной поверхностной энергией, так 1г частиц имеет удельную поверхность около 20 000 см<sup>2</sup>. Илстую фракцию называют *плазмой почвы*. Это главный участник практически всех происходящих в почве процессов. Содержание ила предопределяет многие генетические характеристики почвы. Связь с илом характерна для запасов гумуса, поглощенных оснований, глубины появления карбонатов. В илистой фракции почв сосредоточен почти весь гумус. Здесь главным образом сконцентрированы азот и фосфор, а также многие жизненно необходимые для растений элементы. От количества ила, содержащегося в почвах, и его способности к агрегированию во многом зависят физические свойства почв, их влагоемкость и структурное состояние, водопроницаемость. Ил – главный поглотитель, абсорбент многих тонкодисперсных веществ, в том числе и загрязнителей окружающей среды, различных катионов, включая как элементы-биофилы, так и тяжелые металлы, и радиоактивные элементы. Физические и водно-физические свойства фракции ила зависят от состояния дисперсности частиц. Скоагулированные оструктуренные частицы ила придают почвам в высшей степени экологически оптимальные условия влаго- и воздухообеспеченности биологических объектов. Наоборот, бесструктурный дезагрегированный ил превращается в твердую сплошную массу, где нет места ни свободному воздуху, ни доступной живым организмам влаге. Это сплошная, вязкая, липкая, набухающая при увлажнении и сильно растрескивающаяся при высыхании глинистая масса.

Таким образом, гранулометрический состав играет существенную роль при регулировании водного режима почв и проведении оросительных и осушительных мелиораций. Велико его влияние на скорость просыхания почв, он определяет различное сопротивление почв воздействию почвообрабатывающих орудий в связи с неодинаковой липкостью и плотностью песчаных и глинистых почв. Песчаные и супесчаные почвы легко поддаются обработке и называются легкими, а тяжелосуглинистые и глинистые почвы – тяжелыми. Существенную роль играет гранулометрический состав в тепловых свойствах почв: легкие почвы относятся к более «теплым», т. е. быстрее оттаивают и прогреваются. Тяжелые почвы считаются «холодными».

Это имеет большое значение на северной границе распространения земледелия. Гранулометрический состав почв часто определяет ландшафтный облик громадных территорий в различных природных зонах земли: глинистые такыры и песчаные барханы в пустынях, сосновые боры на песках таежного пояса и т.д.

Высокая значимость гранулометрического состава в почвообразовании и в плодородии почв определяет постоянное внимание к его изучению, как ученых, так и практиков сельского хозяйства. Это важнейшее условие среды обитания растений. Его экологическая значимость, прежде всего, определяется тем, что с гранулометрическим составом связаны богатство или бедность почв. Обычно чем легче гранулометрический состав, тем меньше в почвах гумуса и элементов питания растений. По мере возрастания количества илистых частиц увеличивается и потенциальное плодородие. Однако потенциальное плодородие зависит не только от богатства почвы, но и от ее физического состояния. Так, очень тяжелые глинистые почвы хотя и могут содержать много гумуса и элементов питания, но снижают свое плодородие из-за ухудшения физических свойств. Это характерно для слитых почв черноземной полосы и долин рек, серых и бурых лесных почв, каштановых почв сухих степей. Негативное влияние высокого содержания глинистых частиц в почвах может быть компенсировано их хорошей оструктуренностью. Такие свойства типичны для черноземов, имеющих хорошую структуру при глинистом составе, для сероземов, обладающих карбонатной микроагрегатностью, для красных и желтых аллитных почв с железистой псевдопесчаной агрегатностью.

Впервые количественная оценка плодородия почв в зависимости от гранулометрического состава сделана Н.А. Качинским. Его материал дает общую ориентировочную оценку в целом для разных почвенных зон нашей страны (таблица 29). Данные приводятся для хлебных злаков с учетом запасов питательных веществ в почвах, водного, воздушного и теплового режима, степени и трудности окультуривания почв различного гранулометрического состава. При проведении кадастровых исследований в различных регионах страны обязательно учитываются местные условия. Например, в Ростовской области плодородие черноземов и каштановых почв различного гранулометрического состава несколько отличается от показателей, приводимых Н.А. Качинским (таблица 30). Оказывается, очень велико различие в уровне плодородия одного типа почвы в зависимости от гранулометрического состава.

Таблица 29

Оценка гранулометрического состава почв при бонитировке

Почва	Гранулометрический состав и его оценка по 10-бальной системе						
	Глинистый	Тяжелосуглинистый	Среднесуглинистый	Легкосуглинистый	Супесчаный	Песчаный мелкозернистый	Песчаный крупнозернистый
Подзолистые	6	7	10	8	6	4	2
Серые лесные	8	10	9	7	6	4	2
Черноземы	10	10	8	7	5	3	1
Каштановые	8	10	9	7	6	3	1
Желтоземы, красноземы	10	9	7	6	4	-	-
Подзолисто-желтоземные	8	9	10	9	6	4	2
Сероземы	8	10	9	7	5	3	2

Таблица 30

Степень влияния гранулометрического состава на эффективное плодородие почв для зерновых культур (Гаврилук, Вальков, Клименко)

Гранулометрический состав	Черноземы	Темно-каштановые почвы	Каштановые и светло-каштановые
Глинистый	0,9	0,8	0,7
Тяжелосуглинистый	1,0	1,0	0,9
Среднесуглинистый	0,8	0,9	1,0
Легкосуглинистый	0,7	0,7	0,8
Супесчаный	0,5	0,6	0,6
песчаный	0,3	0,3	0,3

Не все растения одинаково реагируют на гранулометрический состав почв (таблица 31). Несмотря на большую экологическую приспособленность к почвам различного гранулометрического состава, есть определенный оптимум для каждой группы культур, и это необходимо учитывать при разработке мероприятий по рациональному использованию земель.

Например, черешня и картофель неплохо плодоносят на тяжелосуглинистых черноземах. Однако наибольшая урожайность, лучшее развитие наблюдается на супесчаных и легкосуглинистых почвах. Есть целая группа растений-псаммофитов, предпочитающих песчаные местообитания: житняк сибирский, кумарчик песчаный, саксаул, овес песчаный, сосна и др. Многие растения, такие как кукуруза, слива, вишня, ель, дуб и другие, не выносят песчаных почв.

Таблица 31

Оптимальный гранулометрический состав почв для различных растений

Почвы			
Песчаные и супесчаные	Средне- и легкосуглинистые	Структурные тяжелосуглинистые	Малооструктурные и слитые тяжелосуглинистые и глинистые
Рожь	Сорго	Пшеница	Рис
Рожь	Овес	Ячмень	Кукуруза
Картофель	Просо	Кукуруза	Сахарный тростник
Маниок	Рожь	Рожь	Люцерна
Арахис	Гречиха	Соя	Фундук
Арбуз	Ячмень	Подсолнечник	Слива
Дыня	Соя	Кореандр	Вишня
Тыква	Подсолнечник	Клещевца	Гранат
Эспарцет	Кунжут	Нут	Хурма
Черешня	Фасоль	Фасоль	Пырей
Оливки	Горох	Лен	Люцерна
Люцерна желтая	Томат	Сахарная свекла	Донник
Житняк сибирский	Картофель	Сахарный тростник	Ель
Польнь песчаная	Маниок	Конопля	Дуб
Овес песчаный	Батат	Хлопчатник	Дикая яблоня
Кумарчик песчаный	Черешня	Вика	Дикая груша
Польнь красная	Яблоня	Клевер	
Прутняк	Груша	Слива	
Солодка	Чай	Абрикос	
Саксаул белый	Оливки	Вишня	
Саксаул черный	Виноград	грецкий орех	
Тамарикс	Грецкий орех	Гранат	
Песчаная акация	Лавр	Хурма	
Сосна	Мандарин	Фейхоа	
	Лимон	Лиственница	
	Айва	Дуб	
	Инжир	Клен	
	Табак	Ясень	
	Кедр		
	Дуб		
	Клен		



Особенно важно учитывать гранулометрический состав почв при выборе участков под многолетние насаждения, так как ошибки, допущенные при закладке садов и виноградников, обнаруживаются слишком поздно и чреватые значительными затратами труда и средств.

Исследования на Северном Кавказе и в других регионах (Неговелов, Вальков) позволили установить степень пригодности почв различного гранулометрического состава под плодовые насаждения. В разных почвенно-климатических условиях сады относятся к гранулометрическому составу почв неодинаково. Так, легкие и тяжелые почвы с промывным водным режимом в большей степени неблагоприятны для садов, чем аналогичные почвы в условиях периодически промывного водного режима черноземной зоны. Зависимость уровня плодородия от гранулометрического состава выражается кривой с наибольшим пиком в пределах суглинистых почв. Плодородие снижается по мере облегчения и утяжеления гранулометрического состава. Оптимальное содержание физической глины колеблется в широких пределах 30-65%.

Для виноградной лозы типична следующая закономерность: урожай и качество винограда на легких почвах всегда выше, чем на тяжелых. Однако хорошо оструктуренные почвы тяжелого гранулометрического состава несколько улучшают условия для развития винограда.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что виноградники на песчаных почвах дают высокий урожай очень хорошего качества. В ягодах накапливается больше сахара, происходит снижение кислотности. Особенно хороши легкие почвы для белых сортов винограда. А тяжелые почвы более благоприятны для винограда с темноокрашенными ягодами.

### ***Лабораторная работа №18. Определение скелета почвы***

*Цель работы:* определить количество скелетной части почвы.

Для определения количества скелета всю каменистую часть почвы, полученную при общей подготовке почвы к анализу, помещают в фарфоровую чашку, наливают в нее дистиллированной воды (на 2/3 объема) и кипятят в течение 1 ч. После кипячения каменистую часть переносят на сито с отверстиями в 1 мм, промывают водой, высушивают и взвешивают на технических весах. Зная массу почвы, взятой для общей подготовки к анализу, вычисляют количество скелета в процентах к воздушно-сухой почве. Если скелета много, его расчлениают на фракции путем просеивания через колонку сит с отверстиями 10, 5, 3 и 1 мм и, взвесив каждую фракцию, вычисляют количества их в процентах к воздушно-сухой почве.

### 6.3. Генетическое и экологическое значение скелетности почв

Скелетные (каменистые и щебнистые) почвы, как правило, свидетельствуют о молодости в развитии почвенного покрова территории, о сравнительно недавних процессах разрушения предшествующих почвенных масс в результате различных экзогенных процессов (эрозия, дефляция, оползни и т. д.), об отсутствии накопления мелкоземистых осадков. Более сухой и холодный климат, а также горный и пересеченный рельеф благоприятствуют развитию почвенного покрова со скелетными почвами.

Галечниковый скелет морского и речного происхождения может иметь как современный, так и древний возраст. Ледниковые валуны с очень большой натяжкой можно отнести к скелету почвы.

Скелетные почвы представлены зональными неполноразвитыми подтипами черноземов, серых и бурых лесных, коричневых почв, желтоземов и др. Наиболее часто скелетны интразональные рендзины, а также гидроморфные почвы горных долин и приморских террас. Скелет почвы может иметь различное происхождение: известняковый, мергелистый, гранитный, сланцевый, кварцитовый, галечниковый и т.д. Это придает почвам особую экологическую специфику. Например, кварцитовый, гранитный и галечниковый скелеты можно четко определять как балластные наполнения почвенной массы, а обломки мергеля и глинистых сланцев участвуют в биологическом круговороте химических элементов.

Увеличение количества скелета в почве приводит к уменьшению содержания мелкозема, снижает запас питательных веществ и продуктивной влаги. Возрастание скелета равносильно снижению мощности корнеобитаемого слоя и соответственно снижению плодородия. Особо следует подчеркнуть относительно большую сухость каменистых почв.

При характеристике каменистости почв учитывается:

1) Почва некаменистая – каменистого материала < 0,5%; почва в отношении обработки считается нормальной;

2) Почва слабокаменистая – каменистого материала 0,5–5,0%; при условии, что этот материал представлен мелким щебнем или галькой, почва обрабатывается нормально, но при этом будет наблюдаться ускоренный износ рабочих поверхностей орудий обработки, особенно лемехов;

3) Почва среднекаменистая – каменистого материала 5,0–10,0%; для нормальной обработки почвы необходимо вычесывание крупного каменистого материала;

4) Почва сильнокаменистая – каменистого материала > 10%; для возделывания однолетних культур требуются тяжелые мелиорации по выбору и удалению каменистого материала с поля.

Во всех случаях окатанный каменистый материал при обработке почвы менее вредоносен, нежели щебнистый.

В названиях почв каменистость отмечается как фон гранулометрического состава (почвы суглинистые слабокаменистые или глинистые среднекаменистые и т. д.).

Характерна высокая зависимость между урожайностью зерновых культур и каменистостью почв. Уровень плодородия изменяется: некаменистые почвы – 1,0; слабокаменистые – 0,8; среднекаменистые – 0,6; сильнокаменистые – 0,5.

Скелетность почв не всегда оценивается как фактор неблагоприятный. Особо следует отметить виноградную лозу. Виноград, благодаря способности корней использовать трещиноватость и полости в твердых породах, глубоко проникает в их массу. Поэтому виноград как культурное растение обладает уникальной способностью давать удовлетворительный урожай на маломощных сильнокаменистых почвах, которые для других культур считаются бросовыми, слишком сухими. При этом получается продукция исключительно высокого качества. Такие плантации винограда наблюдаются в районе Новороссийска и Геленджика. Здесь камни, уменьшая количество мелкозема в почве, снижают в некоторой степени ее плодородие (продуктивность виноградников снижается лишь при содержании мелкозема в корнеобитаемой толще менее 40% от веса), но обломки горных пород представляют собой постоянный запас питательных веществ. Корневая система виноградной лозы в каменистых щебенчатых почвах развивается свободно, почва постоянно обогащается питательными веществами в результате выветривания скелета, что делает виноградную лозу на них долговечной, устойчивой и продуктивной. Лучшие по качеству продукции виноградники расположены на каменистых почвах. Имеет значение и размер каменистых включений. В одних и тех же климатических условиях урожайность виноградной лозы на почвах мелкоскелетных (хрящеватых) выше, чем на крупноскелетных (камни, гравий) при одинаковом объеме скелета.

#### Контрольные вопросы по разделу

1. Что такое «гранулометрический состав почвы»?

2. Назовите самый мелкий механический элемент почвы по классификации

Н.А. Качинского.

3. Опишите следующие типы почв по механическому составу: супесь, легкий суглинок, средний суглинок.

4. Какие механические элементы относят к фракции физической глины?
5. В чем заключается принцип метода Н.А. Качинского?
6. Какую фракцию называют «плазмой почвы»?
7. Как гранулометрический состав почв влияет на их тепловые свойства?

## 7. МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ПОЧВ

На уровне мониторинга биоиндикация по растениям является доступным методом и используется для выбора контрольного и опытного участков, сходных по почвам и фитоценозам и имеющих единственное различие – степень антропогенного воздействия.

Для характеристики почв ключевых участков можно использовать индикаторные виды растений, которые могут свидетельствовать о водном режиме почв, их кислотности, обеспеченности элементами минерального питания, состоянии плодородия.

Ежегодные наблюдения за состоянием растительности исследуемых ключевых участков позволят определить антропогенную нагрузку на опытном участке, выявить виды, чувствительные к антропогенному воздействию. Для сравнения флор контрольного и опытного участка можно использовать следующие критерии: видовое разнообразие флор, состав видов-доминантов, встречаемость видов, морфологические изменения растений, степень поражения растений вредителями и болезнями.

### 7.1. Растения - индикаторы плодородия почв

Почва – один из главных объектов окружающей среды, центральное связующее звено между биотическим и абиотическим компонентами биосферы. Полный анализ почвы требует много времени и труда. Однако, многие особенности почвы, в том числе и плодородие, можно определить по населяющим её растениям-индикаторам.

Так, например, о высоком плодородии свидетельствуют следующие растения: малина, крапива, иван-чай, таволга, сныть, чистотел, копытень, кислица, валериана, чина луговая, костер безостый, таволга.

Индикаторы умеренного (среднего) плодородия: майник двулистный, медуница, дудник, грушанка, гравилат речной, овсяница луговая, купальница, вероника длиннолистная.

О низком плодородии свидетельствуют сфагновые (торфяные) мхи, наземные лишайники, кошачья лапка, брусника, клюква, белоус, ситник нитевидный, душистый колосок.

Безразличны к почвенному плодородию: лютик едкий, пастушья сумка, мятлик луговой, черноголовка, ежа сборная. Малотребовательна к почвенному плодородию сосна обыкновенная.

Кроме общего понятия «плодородие почвы», можно выяснить обеспеченность почвы определенными элементами.

Например, о высоком содержании азота свидетельствуют растения-нитрофилы – иван-чай, малина, крапива; на лугах и пашне – разрастания пырея, гусяной лапчатки, спорыша

(горца птичьего). При хорошем обеспечении азотом растения имеют интенсивно-зеленую окраску.

Наоборот, недостаток азота проявляется бледно-зеленой окраской растений, уменьшением ветвистости и числа листьев.

Высокую обеспеченность кальцием показывают кальциефилы: многие бобовые (например, люцерна серповидная), лиственница сибирская.

При недостатке кальция господствуют кальциефобы – растения кислых почв: белоус, щучка (луговик дернистый), шавелек, сфагнум и др. Эти растения устойчивы к вредному действию ионов железа, марганца, алюминия.

### **7.2. Растения - индикаторы водного режима почв**

Индикаторами разного водного режима почв являются растения-гигрофиты, мезофиты, ксерофиты.

Влаголюбивые растения (гигрофиты) – обитатели влажных, иногда заболоченных почв: голубика, багульник, морошка, селезеночник очереднолистный, белозор, калужница, герань луговая, камыш лесной, сабельник болотный, таволга вязолистная, горец змеинный, мята полевая, чистец болотный.

Растения достаточно обеспеченных влагой мест, но не сырых и не заболоченных – мезофиты. Это большая часть луговых трав: тимофеевка, лисохвост луговой, пырей ползучий, ежа сборная, клевер луговой, горошек мышиный, чина луговая, василек фригийский. В лесу это брусника, костяника, копытень, золотая розга, плауны.

Растения сухих местообитаний (ксерофиты): кошачья лапка, ястребинка волосистая, очитки (едкий, пурпурный, большой), ковыль перистый, толокнянка, полевица белая, наземные лишайники.

### **7.3. Растения - индикаторы глубины залегания грунтовых вод**

Установление показателей глубины залегания грунтовых вод имеет значение для уточнения свойств почв и для выработки рекомендаций по мелиорации их. Для индикации глубины залегания грунтовых вод можно использовать группы видов травянистых растений (индикаторные группы). Для луговых почв выделяется 5 групп индикаторных видов (таблица 32).

Индикаторные группы растений – указатели глубины грунтовых вод на лугах  
(по Г.Л. Ремезовой, 1976)

Индикаторная группа	Глубина грунтовых вод, см
1. Костер безостый, клевер луговой, подорожник большой, пырей ползучий	Более 150
2. Полевица белая, овсяница луговая, горошек мышиный, чина луговая	100-150
3. Таволга вязолистная, канареечник	50-100
4. Осока лисья, осока острая, вейник, лангсдорфа	10-50
5. Осока дернистая, осока пузырчатая	0-10

Помимо названных групп растений, есть переходные виды, которые могут выполнять индикаторные функции, например мятлик луговой, может быть включен как в первую, так и во вторую группы. Он указывает залегание воды на глубине от 100 до более 150 см. Хвощ болотный – от 10 до 100 см и калужница болотная – от 0 до 50 см.

В качестве биоиндикатора может быть использован и один вид, если этот вид имеет массовое развитие в конкретном местообитании.

Глубину почвенно-грунтовых вод в лесных экосистемах и характер увлажнения почв можно определить по таблице 33.

#### 7.4. Растения - индикаторы кислотности почв

Кислотность – одно из характерных свойств почвы лесной зоны. Повышенная кислотность отрицательно сказывается на росте и развитии ряда видов растений. Это происходит из-за появления в кислых почвах вредных для растений веществ, например, растворимого алюминия или избытка марганца. Они нарушают углеводный и белковый обмен в растениях, задерживают образование генеративных органов и приводят к нарушению семенного размножения, а иногда вызывают гибель растений.

Повышенная кислотность почв подавляет жизнедеятельность почвенных бактерий, участвующих в разложении органики и высвобождении питательных веществ, необходимых растениям.

В лабораторных условиях кислотность почв можно определить универсальной индикаторной бумагой, набором Алямовского, рН-метром, а в полевых условиях – при помощи растений-индикаторов. В процессе эволюции сформировались три группы растений: ацидофилы – растения кислых почв, нейтрофилы – обитатели нейтральных почв, базифилы –

растут на щелочных почвах. Зная растения каждой группы, в полевых условиях можно приблизительно определить кислотность почвы (таблица 34).

Таблица 33

Растения-индикаторы глубины залегания грунтовых воды характера увлажнения почв (по С.В. Викторову и др., 1988)

Индикаторы		Глубина грунтовых вод (м)
Тип леса	Группы растений	
1. Ельник-кисличник	Кислица заячья, седмичник европейский, майник двулистный	3-5
2. Ельник-черничник	Черника, кислица заячья, зеленые мхи	1-3
3. Ельники-долгомошники	Черника, багульник, мох политрихум	до 1
4. Ельники сфагновые	Багульник, андромеда, Кассандра, сфагновые мхи	0-0,5
5. Ельники дубовые	Ясменник душистый, медуница неясная, звездчатка ланцетовидная,	5-10
6. Сосново-ельник-кисличник	Кислица заячья, папоротники, зеленые мхи	3-5
7. Сосново-ельник-черничник	Черника, брусника, кислица, папоротники, зеленые мхи	3-5
8. Сосняк лишайниковый	Кошачья лапка, ястребинка волосистая, кладонии	более 10
9. Сосняк брусничный	Брусника, зеленые мхи	3-5
10. Сосняк-черничник	Черника, кислица, зеленые мхи	до 2
11. Сосняк орляковый	Орляк, кислица, майник двулистный	1-3
12. Сосняк долгомошный	Голубика, черника, мох политрихум	0,5-1
13. Сосняк сфагновый	Багульник, кассандра, сфагнум	0-0.2



Таблица 34

Растения-индикаторы кислотности почв (по Л. Г. Раменскому, 1956)

Группа	Биоиндикатор	pH почвы
1. Ацидофильные		
1.1. Крайние ацидофилы	Сфагнум, зеленые мхи: гилокомиум, дикранум; плаун булавовидный, плаун годичный, плаун сплюснутый, ожика волосистая, пушица влагалищная, подбел многолистный, кошачьи папки, кассандра, цетрария, белоус, щучка дернистая, хвощ полевой, щавелек малый;	3,0-4,5
1.2. Умеренны ацидофилы	Черника, брусника, багульник, калужница болотная, сушеница, лютик ядовитый, толокнянка седмичник европейский, белозор болотный, фиалка собачья, сердечник луговой, вейник наземный;	4,5 - 6,0
1.3. Слабые ацидофилы	Папоротник мужской, ветреница лютиковая, медуница неясная, зеленчук, колокольчик крапиволистный, колокольчик широко-листный, бор развесистый, осока волосистая, осока ранняя, малина, смородина черная, вероника длиннолистная, горец змеиный, орляк, иван-дамарья, кисличка заячья;	5,0-6,7
1.4. Ацидофильно-нейтральные	Зеленые мхи: гилокомиум, плеврозиум, ива козья;	4,5 - 7,0
2. Нейтрофильные		
2.1. Околонейтральные	Сныть европейская, клубника зеленая, лисохвост луговой, клевер горный, клевер луговой, мыльнянка лекарственная, аистник цикутный, борщевик сибирский, цикорий, мятлик луговой;	6,0-7,3
2.2. Нейтрально-базифильные	Мать-и-мачеха, пупавка красильная, люцерна серповидная, келерия, осока мохнатая, лядвенец рогатый, гусиная лапка;	6,7 - 7,8
2.3. Базифильные	Бузина сибирская, вяз шершавый, бересклет бородавчатый;	7,8 - 9,0

**Лабораторная работа № 19. Биоиндикация почв ключевых участков**

**Цель работы:** Характеризовать почвы при помощи растений-индикаторов.

Данные о растениях – индикаторах на ключевых участках вносятся в таблицу 35.

Таблица 35

Биоиндикаторы почв ключевых участков

Виды – индикаторы (оценка обилия в баллах, 0-3)	Категории и номера участков					
	Участки контроля (природный ландшафт)		Опытные участки (с антропогенной нагрузкой)			
	1	2	3	4	5	...
1. индикаторы плодородия почв: а) высшего (эвтрофы) ... б) умеренного (мезо- трофы) ... в) низкого (олиго- трофы) ...						
2. индикаторы водного режима: а) гигрофиты ... б) мезофиты ... в) ксерофиты ...						
3. индикаторы глубины залегания грунтовых вод ...						
4. индикаторы кислотности почв: а) ацидофилы ... б) нейтрофилы ... в) базифилы ...						

## 7.5. Индикация состояния окружающей среды по частотам встречаемости фенов белого клевера

Оценить состояние окружающей среды и уровень антропогенного воздействия можно с помощью фенотипических биоиндикаторов.

Фены – это четко различающиеся варианты какого-либо признака или свойства биологического вида.

Под воздействием антропогенных факторов в популяциях увеличивается частота встречаемости специфических фенотипов у различных видов растений и животных. Таким образом, частота встречаемости некоторых фенов является биологическим индикатором воздействия антропогенных факторов, в том числе загрязнения.

В качестве фенотипического биоиндикатора можно использовать широко распространенный белый клевер *Trifolium repens* (клевер ползучий). Форма седого рисунка на пластинках листа и частота встречаемости может использоваться как индикатор загрязнения среды.

Наблюдения осуществляются путем подсчета форм с различным рисунком и без него (рис. 3) и последующего расчета частоты их встречаемости в процентах. Диагностику желательно проводить на разных пробных площадках, различающихся антропогенной нагрузкой и положением в ландшафте.

Рекомендуется следующая методика работы. Сначала задается направление движения, по которому будет производиться исследование. Обнаружив экземпляр белого клевера (обычно в виде куртинки), определяют фенотип, к которому он относится (рис. 2), и делают отметку в соответствующей графе рабочей таблицы (таблицы 36).

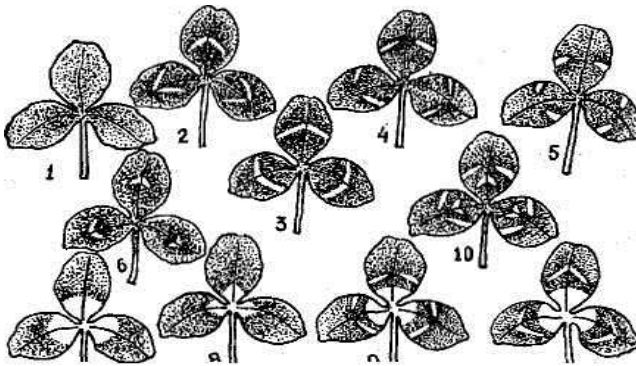


Рис. 2. Фенотипы белого клевера

**Лабораторная работа № 20. Оценка состояния окружающей среды и уровня антропогенного воздействия**

Цель работы: оценить состояние окружающей среды методом феноиндикации.

Таблица 36

Рабочая таблица учета фенов белого клевера

Фен 1 (без рисунка)	Фен 2	Фен 3	Фен (n)	Новые формы

Отсчеты фенов следует проводить не чаще, чем через два – три шага. Эта процедура повторяется по ходу. Движения в заданном направлении до конца пробной площадки. После этого направление движения меняется, и подсчет продолжается до тех пор, пока не будет сделано не менее 200 отсчетов. Если в какой-либо точке площадки обнаруживаются два разных фена, то данный результат не учитывается ввиду переплетения куртинок.

При обнаружении на пробной площадке фенов, неуказанных на рис 3, результаты вносятся в графу «новые формы». Отдельно отмечается наличие растений с какими-либо уникальными фенами (например, с рисунком красного цвета), растения-мутанты с четырьмя, пятью и более листьями и т. д., делается их гербарий с описанием места и даты обнаружения.

Для популяции белого клевера на каждой пробной площадке рассчитываются частоты встречаемости отдельных фенов  $P_i$ , а также суммарная частота встречаемости всех форм с рисунком (индекс соотношения фенов ИСФ) в процентах:

$$P_i = \frac{n_i * 100}{N}, \quad (18)$$

$$\text{ИСФ} = \frac{(n_2 + n_3 + \dots + n_i) * 100}{N}, \quad (19)$$

где  $P_i$  – частота  $i$ -го фена,

$n_i$  – количество учтенных растений с  $i$ -м рисунком на листовой пластинке ( $n_i$  – число растений без «седого рисунка»),

$N$  – общее число учтенных растений.

Результаты расчетов вносятся в таблицу 37.

Таблица 37

Результаты фенотипической диагностики пробной площадки №...

Количество растений						Процент фенотипов				
Фен 1 (без рисунка)	Фен 2	Фен 3	Фен ...	Новые формы	Всего	Фен 2	Фен 3	Фен ...	Новые формы	ИСФ

По величине ИСФ при достаточно большом количестве пробных площадок на исследуемой территории можно выделить наиболее антропогенно нагруженные участки. На чистых территориях величина ИСФ не превышает 30%, а на загрязненных территориях ИСФ может достигать 70 – 80%.

Результаты феноиндикации заносятся в таблицу 35.

Таблица 38

Учет фенов белого клевера

Показатели	Категории участков					
	Участки контроля (природный ландшафт)		Опытные участки (с антропогенной нагрузкой)			
	1	2	3	4	5	...
Процент растений с рисунком: -острый угол -тупой угол -другие рисунки						

### 7.6. Биодиагностика почвенных микро- и макроэлементов

В результате глобального и регионального антропогенного загрязнения из воздуха и воды, а также при сбросе и захоронении отходов в почву попадают повышенные количества соединений, содержащие катионы металлов, что приводит к увеличению их поступления в организм растений и накоплению в органах и тканях. Повышенное количество микроэлементов и соединений тяжелых металлов вызывает нарушения метаболизма в тканях растений и обуславливает соответствующие признаки избыточного содержания. Полевые исследования дикорастущих форм могут выявить избыток того или иного элемента в почве.

### Признаки избыточного содержания химических элементов в почве

*Цинк* – обесцвечивание и отмирание ткани листьев, молодые листья желтеют, верхушечные почки отмирают, более старые листья могут опадать без увядания, жилки окрашиваются в красный или черный цвет (на ранних стадиях повреждение сходно с недостатком железа). Первые признаки появляются на молодых растениях, при этом поражается все растение.

*Медь* – хлороз молодых листьев, жилки остаются зелеными.

*Марганец* – первые признаки появляются на молодых растениях, поражение местное. Ткань некротическая, хлороз развивается между жилками молодых листьев, превращая их в желтые или беловатые с темно-коричневыми или почти белыми некротическими пятнами, лист искривляется и сморщивается (в этом основное отличие от голодания).

*Железо* – ткань не некротическая: хлороз развивается между жилками молодых листьев, жилки остаются зелеными, позднее весь лист становится желтым или беловатым, что сходно с голоданием.

*Кобальт* – у некоторых растений вдоль основных зеленых жилок листа появляются прозрачные, наполненные водой участки; между жилками развивается также некроз; позднее листья становятся коричневыми и опадают.

*Фосфор* – первые признаки проявляются на взрослых растениях, повреждается все растение. Ткань некротическая, общее пожелтение листьев; желтоватые или коричневые концы и края более старых: появление ярких некротических пятен; опадение листьев, у некоторых растений сходное с калийным голоданием, у других – с избытком азота.

*Магний* – листья слегка темнеют и немного уменьшаются; иногда наблюдается свертывание и сморщивание молодых листьев, на поздних стадиях роста концы их втянуты и отмирают.

*Калий* – ткань не некротическая: на ранних стадиях слабый рост растений, удлинение междоузлий, светло-зеленая окраска листьев; на поздних стадиях рост замедляется, у листьев появляются пятна, листья вянут и опадают.

*Сера* – общее огрубление растений, листья маленькие, тускло-зеленые, стебли твердые, позднее листья могут скручиваться внутрь и покрываться наростами, края их становятся коричневыми, затем бледно-желтыми.

*Хлор* – общее огрубление растений, листья маленькие, тускло-зеленые, стебли твердые, у некоторых растений на более старых листьях появляются пурпурно-коричневые пятна, после чего листья опадают.

*Азот аммонийный или нитратный* – повреждение местное. Ткань некротическая: хлороз развивается на краях листьев и распространяется между жилками, появляется коричневый некроз, и концы листьев свертываются, затем листья опадают (повреждение у многих растений сходно с голоданием).

*Кальций* – хлороз развивается между жилками с беловатыми и некротическими пятнами, которые могут быть окрашенными или иметь наполненные водой концентрические кольца; у некоторых растений происходит рост листовых розеток, отмирание побегов и опадение листьев (по повреждению сходно с недостатком магния и железа).

*Бор* – хлороз концов и краев листьев, который распространяется внутрь, особенно между жилками, пока весь лист не становится бледно-желтым или беловатым; ожоги краев листьев и некроз с закручиванием краев, опадение листьев.

Результаты определения признаков избытка микро- и макроэлементов в почве ключевых участков методом биодиагностики заносятся в таблицу 39 экопаспорта обозначается знаком «+» наличие у растений признаков, свидетельствующих об избыточном количестве того или иного химического элемента.

**Лабораторная работа № 21. Определение признаков избытка химических элементов в почве**

Цель работы: определить избыток химических элементов в почве по состоянию растений.

Таблица 39

Наличие избытка химических элементов в почве

Микроэлемент	Категории и номера участков					
	Участки контроля (природный ландшафт)		Опытные участки (с антропогенной нагрузкой)			
	1	2	3	4	5	...
Цинк						
Медь						
Марганец						
Железо						
Кобальт						
Магний						
Калий						
Кальций						
Хлор						
Азот ( $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ )						
Бор						
Фосфор						
Сера						

### Контрольные вопросы по разделу

1. О каких почвенных характеристиках могут свидетельствовать индикаторные растения?
2. Как можно охарактеризовать почву, на которой произрастают следующие растения: крапива, чистотел, малина, пастушья сумка, горец птичий?
3. Какие растения относятся к гигрофитам? К ацидофилам?
4. Как при помощи индикаторных растений определить глубину залегания грунтовых вод?
5. Опишите метод оценки уровня антропогенного воздействия при помощи растений-индикаторов.
6. Как определить в полевых условиях избыточное содержание в почве фосфора? Калия? Азота?

### **ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ**

*Задача 1.* С приусадебного участка был отобран образец почвы для проведения агрохимического анализа:

1) При определении обменной кислотности (*OK*): на титрование фильтрата пошло,  $a = 15$  мл  $0,02$  н.  $\text{NaOH}$ , при вторичном титровании (для определения  $\text{Al}^{3+}$ ) израсходованную  $v = 12$  мл;

2) При определении гидролитической кислотности (*H*): на титрование израсходованную  $a = 15$  мл  $0,1$  н.  $\text{NaOH}$ ,  $K = 0,1$ ,  $KГ = 1,0015$ ,  $P = 5,5$  г;

3) При определении суммы поглощенных оснований (*S*):  $v = 5$  мл  $0,1$  н.  $\text{NaOH}$ ,  $K_1 = 1,00$ ,  $K_2 = 1,0288$ ;

4) При определении степени насыщенности основаниями (*V*): данные см. выше,  $s = 20$ ;

5) При определении гумуса:  $a = 5$  мл,  $v = 10$  мл,  $c = 0,5$  г.

Дать комплексную оценку и характеристику полученному образцу почвы. Что можно рекомендовать для улучшения показателей плодородия почвы? Какие виды культур лучше высаживать на данной почве?

*Задача 2.* На участке загрязненном нефтью взяли образец почвы для проведения агрохимического анализа:



1) При определении обменной кислотности (*OK*): на титрование фильтрата пошло,  $a = 20$  мл 0,02 н. NaOH, при вторичном титровании (для определения  $Al^{3+}$ ) израсходованную  $b = 16$  мл;

2) При определении гидролитической кислотности (*H*): на титрование израсходованную  $a = 20$  мл 0,1 н. NaOH,  $K = 0,1$ ,  $KГ = 1,0015$ ,  $P = 8$  г;

3) При определении суммы поглощенных оснований (*S*):  $v = 5$  мл 0,1 н. NaOH,  $K_1 = 1,00$ ,  $K_2 = 1,0288$ ;

4) При определении степени насыщенности основаниями (*V*): данные см. выше,  $s = 15,5$ ;

5) При определении гумуса:  $a = 12$  мл,  $v = 8$  мл,  $c = 0,05$  г.

Дать комплексную оценку и характеристику полученному образцу почвы. Что можно рекомендовать для улучшения показателей плодородия почвы? Как можно использовать данную землю?

*Задача 3.* Планируется выделение земельного участка под выпас скота, взята проба почвы для проведения агрохимического анализа:

1) При определении обменной кислотности (*OK*): на титрование фильтрата пошло,  $a = 12$  мл 0,02 н. NaOH, при вторичном титровании (для определения  $Al^{3+}$ ) израсходованную  $v = 9,5$  мл;

2) При определении гидролитической кислотности (*H*): на титрование израсходованную  $a = 15$  мл 0,1 н. NaOH,  $K = 0,1$ ,  $KГ = 1,0015$ ,  $P = 6,5$  г;

3) При определении суммы поглощенных оснований (*S*):  $v = 7$  мл 0,1 н. NaOH,  $K_1 = 1,00$ ,  $K_2 = 1,0288$ ;

4) При определении степени насыщенности основаниями (*V*): данные см. выше,  $s = 14$

5) При определении гумуса:  $a = 5$  мл,  $v = 10$  мл,  $c = 0,035$  г.

Дать комплексную оценку и характеристику полученному образцу почвы. Что можно рекомендовать для улучшения показателей плодородия почвы? Под какие нужды целесообразнее выделять данный участок?

*Задача 4.* С участка расположенного на пахотных землях, был отобран образец почвы для проведения агрохимического анализа:

1) При определении обменной кислотности (*OK*): на титрование фильтрата пошло,  $a = 16$  мл 0,02 н. NaOH, при вторичном титровании (для определения  $Al^{3+}$ ) израсходованную  $v = 13$  мл;

2) При определении гидролитической кислотности (*H*): на титрование израсходованную  $a = 12$  мл 0,1 н. NaOH,  $K = 0,1$ ,  $KГ = 1,0015$ ,  $P = 7$  г;

3) При определении суммы поглощенных оснований ( $S$ ):  $v = 5$  мл  $0,1$  н.  $\text{NaOH}$ ,  $K_1 = 1,00$ ,  $K_2 = 1,0288$ ;

4) При определении степени насыщенности основаниями ( $V$ ): данные см. выше,  $s = 10$

5) При определении гумуса:  $a = 7$  мл,  $v = 5$  мл,  $c = 0,04$  г.

Дать комплексную оценку и характеристику полученному образцу почвы. Что можно рекомендовать для улучшения показателей плодородия почвы?

*Задача 5.* На земельном участке, загрязненном химическими веществами, был отобран образец почвы для проведения агрохимического анализа:

1) При определении обменной кислотности ( $OK$ ): на титрование фильтрата пошло,  $a = 19$  мл  $0,02$  н.  $\text{NaOH}$ , при вторичном титровании (для определения  $\text{Al}^{3+}$ ) израсходованную  $v = 15$  мл;

2) При определении гидролитической кислотности ( $H$ ): на титрование израсходованную  $a = 19$  мл  $0,1$  н.  $\text{NaOH}$ ,  $K = 0,1$ ,  $K_1 = 1,0015$ ,  $P = 10$  г;

3) При определении суммы поглощенных оснований ( $S$ ):  $v = 19$  мл  $0,1$  н.  $\text{NaOH}$ ,  $K_1 = 1,00$ ,  $K_2 = 1,0288$ ;  $P = 3$  г;

4) При определении степени насыщенности основаниями ( $V$ ): данные см. выше,  $s = 20$ ;

5) При определении гумуса:  $a = 16$  мл,  $v = 9$  мл,  $c = 0,5$  г.

Дать комплексную оценку и характеристику полученному образцу почвы. Что можно рекомендовать для улучшения показателей плодородия почвы?

*Задача 6.* Планируется выделение земельного участка для посадки с/х культур, взята проба почвы для проведения агрохимического анализа:

1) При определении обменной кислотности ( $OK$ ): на титрование фильтрата пошло,  $a = 18$  мл  $0,02$  н.  $\text{NaOH}$ , при вторичном титровании (для определения  $\text{Al}^{3+}$ ) израсходованную  $v = 9,5$  мл;

2) При определении гидролитической кислотности ( $H$ ): на титрование израсходованную  $a = 15$  мл  $0,1$  н.  $\text{NaOH}$ ,  $K = 0,1$ ,  $K_1 = 1,0015$ ,  $P = 6,5$  г;

3) При определении суммы поглощенных оснований ( $S$ ):  $v = 7$  мл  $0,1$  н.  $\text{NaOH}$ ,  $K_1 = 1,00$ ,  $K_2 = 1,0288$ ;

4) При определении степени насыщенности основаниями ( $V$ ): данные см. выше,  $s = 14$ ;

5) При определении гумуса:  $a = 5$  мл,  $v = 10$  мл,  $c = 0,035$  г.

Дать комплексную оценку и характеристику полученному образцу почвы. Пригоден ли данный участок для посадки с/х культур? Что можно рекомендовать для улучшения показателей плодородия почвы?

*Задача 7.* С земельного участка захлавленного твердыми бытовыми отходами отобран образец почвы для проведения агрохимического анализа:

1) При определении обменной кислотности (*OK*): на титрование фильтрата пошло,  $a = 13$  мл  $0,02$  н.  $\text{NaOH}$ , при вторичном титровании (для определения  $\text{Al}^{3+}$ ) израсходованную  $v = 8,5$  мл;

2) При определении гидролитической кислотности (*H*): на титрование израсходованную  $a = 13$  мл  $0,1$  н.  $\text{NaOH}$ ,  $K = 0,1$ ,  $K\Gamma = 1,0015$ ,  $P = 5,5$  г;

3) При определении суммы поглощенных оснований (*S*):  $v = 6$  мл  $0,1$  н.  $\text{NaOH}$ ,  $K_1 = 1,00$ ,  $K_2 = 1,0288$ ;

4) При определении степени насыщенности основаниями (*V*): данные см. выше,  $s = 16$ ;

5) При определении гумуса:  $a = 6$  мл,  $v = 3$  мл,  $c = 0,042$  г.

Дать комплексную оценку и характеристику полученному образцу почвы. Что можно рекомендовать для улучшения показателей плодородия почвы? Под какие нужды целесообразнее выделять данный участок?

*Задача 8.* На участке загрязненном нефтью взяли образец почвы для проведения агрохимического анализа:

1) При определении обменной кислотности (*OK*): на титрование фильтрата пошло,  $a = 20$  мл  $0,02$  н.  $\text{NaOH}$ , при вторичном титровании (для определения  $\text{Al}^{3+}$ ) израсходованную  $v = 12$  мл;

2) При определении гидролитической кислотности (*H*): на титрование израсходованную  $a = 20$  мл  $0,1$  н.  $\text{NaOH}$ ,  $K = 0,1$ ,  $K\Gamma = 1,0015$ ,  $P = 9$  г;

3) При определении суммы поглощенных оснований (*S*):  $v = 6$  мл  $0,1$  н.  $\text{NaOH}$ ,  $K_1 = 1,00$ ,  $K_2 = 1,0288$ ;

4) При определении степени насыщенности основаниями (*V*): данные см. выше,  $s = 17$

5) При определении гумуса:  $a = 11$  мл,  $v = 7$  мл,  $c = 0,05$  г.

Дать комплексную оценку и характеристику полученному образцу почвы. Что можно рекомендовать для улучшения показателей плодородия почвы? Как можно использовать данную землю?

*Задача 9.* Планируется выделение земельного участка под выпас скота, взята проба почвы для проведения агрохимического анализа:

1) При определении обменной кислотности (*OK*): на титрование фильтрата пошло,  $a = 12,5$  мл  $0,02$  н.  $\text{NaOH}$ , при вторичном титровании (для определения  $\text{Al}^{3+}$ ) израсходованную  $v = 10$  мл;

2) При определении гидролитической кислотности ( $H$ ): на титрование израсходованную  $a = 12,5$  мл  $0,1$  н.  $\text{NaOH}$ ,  $K = 0,1$ ,  $K\Gamma = 1,0015$ ,  $P = 7$  г;

3) При определении суммы поглощенных оснований ( $S$ ):  $v = 5$  мл  $0,1$  н.  $\text{NaOH}$ ,  $K_1 = 1,00$ ,  $K_2 = 1,0288$ ;

4) При определении степени насыщенности основаниями ( $V$ ): данные см. выше,  $s = 15$ ;

5) При определении гумуса:  $a = 3$  мл,  $v = 2$  мл,  $c = 0,035$  г.

Дать комплексную оценку и характеристику полученному образцу почвы. Что можно рекомендовать для улучшения показателей плодородия почвы? Под какие нужды целесообразнее выделять данный участок?

*Задача 10.* С дачного участка взята проба почвы для проведения агрохимического анализа:

1) При определении обменной кислотности ( $OK$ ): на титрование фильтрата пошло,  $a = 17$  мл  $0,02$  н.  $\text{NaOH}$ , при вторичном титровании (для определения  $\text{Al}^{3+}$ ) израсходованную  $v = 14$  мл;

2) При определении гидролитической кислотности ( $H$ ): на титрование израсходованную  $a = 17$  мл  $0,1$  н.  $\text{NaOH}$ ,  $K = 0,1$ ,  $K\Gamma = 1,0015$ ,  $P = 7,5$  г;

3) При определении суммы поглощенных оснований ( $S$ ):  $v = 5$  мл  $0,1$  н.  $\text{NaOH}$ ,  $K_1 = 1,00$ ,  $K_2 = 1,0288$ ;

4) При определении степени насыщенности основаниями ( $V$ ): данные см. выше,  $s = 15$ ;

5) При определении гумуса:  $a = 4$  мл,  $v = 2$  мл,  $c = 0,039$  г.

Дать комплексную оценку и характеристику полученному образцу почвы. Пригоден ли данный участок для посадки с/х культур? Что можно рекомендовать для улучшения показателей плодородия почвы?

## Список литературы

1. *Александрова, Л.Н.* Лабораторно-практические занятия по почвоведению / Л.Н. Александрова, О.А. Найденова. - 3-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Колос. Ленингр. отделение, 1976. - 280 с.
2. *Вадюнина, А.Ф.* Методы исследования физических свойств почв : учебное пособие по специальности "Агрохимия и почвоведение" / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Агропромиздат, 1986. - 415 с.
3. *Вальков, В.Ф.,* Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвоведение: Учебник для вузов. — Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2004. – 496 с.
4. *Волкова, Г.В.* Практикум по почвоведению с основами агрохимии / Г. В. Волкова, Л. И. Баркова, В. В. Седова. - М. : Агропромиздат, 1987. - 143 с.
5. *Воробьева, Л.А.* Химический анализ почв : Учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению и спец. "Почвоведение" / Л. А. Воробьева. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 1998. - 271 с.
6. *Геннадиев, А.Н.* География почв с основами почвоведения : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по географическим специальностям / А. Н. Геннадиев, М. А. Глазовская. - 2-е изд., доп. - Москва : Высш. шк., 2008. – 461 с.
7. *Глебов А.Н.,* Шамкаева А.И., Кулаков А.А., Гурье Л.И. Курс лекций по экологической химии: Уч. пособие для вузов.-2-е изд., испр. и доп.-Казань: Изд-во «Экоцентр»,2005.-288с.
8. *Горбылева, А.И.* Почвоведение : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по агрономическим специальностям / А. И. Горбылева, В. Б. Воробьев, Е. И. Петровский ; под ред. А. И. Горбылевой. - 2-е изд., перераб. - Москва : ИНФРА-М ; Минск : Новое знание, 2012. - 400 с.
9. ГОСТ 17.4.4.02-84 Почвы. Отбор проб.
10. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества;
11. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО;
12. ГОСТ 26489-85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО;
13. ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом;
14. ГОСТ 28268-89 Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений;
15. ГОСТ 29269-91 Почвы. Общие требования к проведению анализов.

16. ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО;

17. *Гусакова, Н. В.* Химия окружающей среды : учеб. пособие для студентов вузов / Н. В. Гусакова. - Ростов н/Д : Феникс, 2004. – 184 с.

18. *Добровольский, В.В.* География почв с основами почвоведения : учеб. пособие для геогр. фак. пед. ин-тов / В. В. Добровольский. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Просвещение, 1976. - 288 с.

19. *Добровольский, Г.В.* Экология почв : учение об экологических функциях почв : учебник по дисциплинам специализаций для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности и направлению подготовки высшего профессионального образования 013000 (020701) и 510700 (020700) "Почвоведение" / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. - Москва : Изд-во Московского ун-та, 2012. - 410 с.

20. *Качинский, Н.А.* Почва, ее свойства и жизнь / проф. Н. А. Качинский. - Москва : Изд-во Акад. наук СССР, 1951. - 240 с.

21. *Колесников, С. И.* Почвоведение с основами геологии : учеб. пособие / С. И. Колесников. - М. : РИОР, 2005. - 149 с.

22. *Кузнецов, М.С.* Эрозия и охрана почв : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению 510700 "Почвоведение" и специальности 013000 "Почвоведение" / М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МГУ : Изд-во КолосС, 2004. - 350 с.

23. *Кузнецов, М.Ф.* Химический анализ почв и растений в экологических исследованиях : Учеб. пособие / М. Ф. Кузнецов; Удмурт. гос. ун-т, Каф. общ. экологии. - Ижевск : УдГУ, 1997. - 101 с.

24. *Лозановская, И.Н.* Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении : учебное пособие для студентов химических, химико-технологических, биологических специальностей и направлений вузов / И. Н. Лозановская, Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова. - Москва : Высш. шк., 1998. - 286 с.

25. *Никольский, Н.Н.* Почвоведение : Пособие для практ. занятий / Н. Н. Никольский, канд. с.-х. наук. - Москва : Сельхозгиз, 1959. - 320 с.

26. *Орлов, Д.С.* Практикум по химии гумуса : учеб. пособие для студентов-почвоведов ун-тов и с.-х. ин-тов / Д. С. Орлов, Л. А. Гришина. - М. : Изд-во МГУ, 1981. - 271 с.

27. Почвенные исследования и применение удобрений : Межвед. темат. сб. / Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии ; [Редкол.: Т. Н. Кулаковская (гл. ред.) и др.]. - Минск : Ураджай. Вып. 11. - Минск : Ураджай, 1980. - 180 с.

28. Почвенный справочник / Пер. с фр. И. В. Ковда; Под ред. М. И. Герасимовой. - Смоленск : Ойкумена, 2000. - 285 с.

29. Почвоведение Лабораторный практикум / Под ред. А.И. Горбылевой. – Минск: Дизайн ПРО, 2000. – 192 с.

30. Почвоведение: учебник для студентов почвенных и географических специальностей университетов / под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. - Москва : Высшая школа, 1988. – 367 с.

31. Практикум по почвоведению / [И. С. Кауричев, Н. П. Панов, И. П. Гречин и др.]; Под ред. И. С. Кауричева. - М. : Мир, 1983. - 279 с.

32. Физико-химические методы исследования почв / под ред. Н.Г.Зырина, Д.С.Орлова. – М. : МГУ, 1980. – 382 с.

33. Экологический мониторинг : учебно-методическое пособие. Изд. 3-е, испр. и доп. / Под ред. Т.Я.Ашихминой. М.: Академический Проект, 2006. – 416 с.

34. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие / автор-сост. Т.Я. Ашихмина – Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2012. – 95 с.

*Учебное издание*

Составители  
Е.А. Борисова, Е.А. Загребин

ПРАКТИКУМ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ЗАДАЧ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПОЧВОВЕДЕНИЕ»

*Авторская редакция*

Отпечатано с оригинал-макета заказчика

Подписано в печать 30.12.2020. Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. 6,0. Уч.-изд. л. 4,74.

Тираж 20 экз. Заказ № 2198.

Типография Издательского центра «Удмуртский университет»  
426034, Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 2.  
Тел. 68-57-18