

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ**

**ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ И АГРОБИЗНЕСА**

**КАФЕДРА АГРОХИМИИ, ПОЧВОВЕДЕНИЯ И ЭКОЛОГИИ**

# **АГРОХИМИЯ**

*Лабораторный практикум с заданиями  
для самостоятельной работы аспирантов*

*учебно-методическое пособие  
для аспирантов высших учебных заведений  
по агрономическим специальностям*

Брянск – 2016

УДК 631.174 (07)

ББК 40.4

Ш 24

Шаповалов В.Ф. *Агрохимия*: лабораторный практикум с заданиями для самостоятельной работы аспирантов / В.Ф. Шаповалов - Брянск: Брянская ГСХА, 2016. - 72 с.

Учебно-методическое пособие для аспирантов института экономики и агробизнеса очной и заочной формы обучения. Предназначено для лабораторно-практических занятий и самостоятельной работы по дисциплине агрохимия.

*Рекомендовано к изданию решением методической комиссии института экономики и агробизнеса Брянского ГАУ, протокол №6 от 21 марта 2018 года.*

Рецензенты: Малявко Г.П., д-р с.-х. наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ.

Дронов А.В. д-р с.-х. наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства Брянского ГАУ.

© Брянский ГАУ, 2016

© В.Ф. Шаповалов, 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	7
1. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ РАБОТЕ В АГРОХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ.....	8
2. ОТБОР И ПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ К АГРОХИМИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ.....	11
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СУХОГО ВЕЩЕСТВА И ВЛАГИ В ВОЗДУШНО-СУХОМ И СВЕЖЕМ РАСТИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛЕ....	15
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЫРОЙ ЗОЛЫ В РАСТЕНИЯХ.....	19
5. МОКРОЕ ОЗОЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ПО КЪЕЛЬДАЛЮ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ В РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗЦАХ.....	22
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРАХМАЛА В КЛУБНЯХ КАРТОФЕЛЯ.....	29
7. ВЫНОС ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УРОЖАЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР.....	31
8. ПОДГОТОВКА ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦОВ К АНАЛИЗУ.....	33
9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБМЕННЫХ $Al^{3+}$ И $H^+$ ПО СОКОЛОВУ.....	36
10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ ПО КАППЕНУ.....	38
11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ КИСЛОТНОСТИ. ХИМИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ.....	40
12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПОЧВАХ.....	44
13. АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ, ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	47
ВОПРОСЫ ДЛЯ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	61
ТЕСТЫ.....	64
ГЛОССАРИЙ.....	68

## ВВЕДЕНИЕ

Учебная дисциплина «Агрохимия» является важной составной частью учебного плана по подготовке аспирантов по направлению 35.06.01 Сельское хозяйство. Профиль подготовки Агрохимия.

В процессе изучения дисциплины «Агрохимия» аспирант должен овладеть активными формами и методами обучения в вузе, способами повышения учебно-познавательной мотивации, анализом вузовского занятия.

Дисциплина призвана способствовать формированию и развитию следующих общепрофессиональных, универсальных и профессиональных компетенций.

### **Универсальные компетенции:**

УК-1: Способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

УК-2: способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки;

УК-3: готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач;

УК-4: готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языке;

УК-5: способностью следовать этическим нормам в профессиональной деятельности;

УК-6: способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.

### **общепрофессиональными компетенциями:**

ОПК-1 : владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции;

ОПК-2: владением культурой научного исследования в области сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий;

ОПК-3: способностью к разработке новых методов исследования и их применению в области сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции с учетом соблюдения авторских прав;

ОПК-4: готовностью организовать работу исследовательского коллектива по проблемам сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции;

ОПК-5: готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5).

**профессиональными компетенциями:**

ПК-1: Способность прогнозировать направленность и интенсивность процессов превращения удобрений в почве в зависимости от особенностей растений, фазы их развития, климатических условий, режима питания растений, а также применять теоретические сведения по агрохимии при обосновании технологий возделывания сельскохозяйственных культур и оценке качества растительной продукции;

ПК-2: Готовность осуществлять научный анализ современных достижений в области агрохимии, формулировать цели и задачи исследований, самостоятельно планировать и проводить экспериментальную работу индивидуально и в составе группы исследователей, представлять результаты исследований в виде научных докладов и статей;

ПК-3: Способность применять современные методы исследований, достижения химических и биологических наук для решения актуальных задач в области агрохимии, оценивать теоретическую и практическую значимость результатов исследований и их

вклад в разработку важнейших проблем сельскохозяйственной науки;

ПК-4: Способность применять современные методы исследования в процессе преподавания профильных дисциплин, разрабатывать учебные программы, учебное методическое обеспечение в образовательных организациях высшего образования Пед. Практика;

ПК-5 Способность к самостоятельному обучению новым методам исследования и применению существующих методов и средств подачи информации при выполнении научных исследований в области профессиональной деятельности;

ПК-6 Способность адаптировать и обобщать результаты современных научных исследований для целей преподавания профессиональных дисциплин в высших учебных заведениях.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### *Основная*

1. Муравин, Э.А. Агрохимия. / Э.А. Муравин. М.: Академия, 2014. – 304 с.
2. Кидин, В.В. Агрохимия. / В.В. Кидин. М.: Проспект, 2016. – 608 с.

### *Дополнительная*

1. Анспок, П.И. Микроудобрения: справочник. / П.И. Анспок. 2-ое изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат, 1990. -272с.
2. Артюшин, А.М. Краткий справочник по удобрениям. / А.М. Артюшин, Л.М. Державин. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. 208с.
3. Банкин, М.Г. Физико-химические методы в агрохимии и биологии почв / М.П. Банкин. – СПб.: Изд-во С-Пб.- ун-та, 2005. -177с.
4. Донских, И.Н. Курсовые и дипломное проектирование по системе применения удобрений. / И.Н. Донских. 2-ое изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат, 1989. -144с.
5. Дудина, М.Х., Панова Е.А., Петухова И.П. Агрохимия и система удобрений. / М.Х. Дудина, Е.А. Панова, И.П. Петухова. 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат, 1991. -400с.
6. Ефимов, В.Н. Система удобрения / В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, В.П. Царенко: под ред. В.Н. Ефимова. – М.: КолосС, 2003. -320с.: ил.
7. Ефимов, В.Н. Система удобрения. / В.Н. Ефимов. -М : Колос, 2002. - 320с.
8. Кореньков, Д.А. Минеральные удобрения при интенсивных технологиях. / Д.А. Кореньков. –М.: Агропромиздат, 1990. -192с.
9. Минеев, В.Г. Агрохимия, биология и экология почвы. / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпле. – М.: Агропромиздат, 1990. 206с.
10. Нитраты и качество продуктов растениеводства. / Под ред. В.И. Кирюшина. – Новосибирск, 1991. -168с.
11. Ягодин, Б.А. Практикум по агрохимии / Б.А Ягодин, И.П. Дерюгин, Ю.П. Жуков и др.: под ред. Б.А. Ягодина. - М.: Агропромиздат, 1987. -512с.

## *1. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ РАБОТЕ В АГРОХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ*

*Цель: Ознакомиться и усвоить основные требования правил безопасности при работе в агрохимической лаборатории.*

Создание необходимых условий работы в учебных агрохимических лабораториях, строгое соблюдение правил техники безопасности и методики проведения анализа являются основной предпосылкой предупреждения несчастных случаев.

В агрохимических лабораториях студентам приходится работать с кислотами, щелочами, горючими, взрывоопасными и ядовитыми веществами, пользоваться аналитическими и электрическими приборами. Поэтому работа в лабораториях требует соблюдения дисциплины и установленных правил.

Приступая к работе в лаборатории, тщательно изучают методическое руководство по проведению анализа, теоретические основы происходящих процессов, свойства используемых химических веществ и реактивов, устройство приборов и оборудования, прядок работы с ними.

При подготовке к работе составляют конспект с указанием значения выполняемого анализа, принципа метода, технологии выполнения (последовательность выполнения отдельных операций) и способа расчета полученных результатов.

За каждым студентом закрепляется рабочее место, на котором должны находиться только необходимые для выполнения данной аналитической операции приборы и реактивы. Реактивы общего пользования, а также приборы и реактивы, надобность в которых уже отпала, должны находиться в специально отведенных для них местах.

Приступая к аналитической работе, необходимо ясно представлять характер и последовательность протекающих процессов, что дает возможность заблаговременно принять необходимые меры предосторожности. Хорошо подготовленный студент всегда работает аккуратно и без суеты, вследствие чего экономятся время и материальные средства. Данным, полученным при неаккуратной работе, во-первых, нельзя доверять, во-вторых, неаккуратность является основной причиной несчастных случаев и аварий в лаборатории.

Специфика агрохимических исследований такова, что труд многих сотрудников, принимавших участие в возделывании сельскохозяйственных культур, отборе и подготовке почвенных и растительных проб к анализу, может быть загублен одним необдуманным, неверным действием. Все результаты анализа, расчеты и выводы записывают только в лабораторный журнал или предназначенную для этих целей общую тетрадь. Запись делают карандашом (простым), аккуратно, лаконично и последовательно, чтобы легко можно было проследить за ходом анализа и его результатами. Записи



на отдельных листах бумаги не разрешаются. Исправления в лабораторном журнале также делают карандашом (при хорошей работе их, как правило, немного). Исправляя неверную цифру, ее следует зачеркнуть, и над ней написать правильную. Нельзя затушевывать или переделывать цифры результатов анализа.

Особое внимание уделяют бережному расходованию электроэнергии, материалов и химических реактивов. Для работы берут минимальное количество вещества, позволяющее выполнить анализ. Выливать обратно неиспользованные реактивы недопустимо, так как это часто приводит не к их экономии, а к порче большой партии растворов. Неиспользованные и отработанные дорогостоящие реактивы, например растворы азотнокислого серебра, сливают в отдельные склянки.

Основной причиной несчастных случаев, происходящих в лабораториях, является неподготовленность студентов к выполнению данной аналитической работы и нарушение правил техники безопасности. Только менее 1 % всех несчастных случаев обусловлено стечением непредвиденных обстоятельств; остальные возникают вследствие нарушений правил техники безопасности при работе в лаборатории и методики проведения анализа по небрежности или незнанию.

В агрохимических лабораториях не разрешается работать без спецодежды. В помещениях лаборатории запрещается курить, принимать пищу или хранить продукты питания, загромождать рабочие столы посторонними предметами, громко разговаривать или пользоваться радиоприборами. Любой шум отвлекает внимание работающего в лаборатории и может привести к ошибкам или несчастным случаям.

При работе с кислотами и щелочами необходимо соблюдать следующие правила. Растваривание (из бутылей в склянки) крепких кислот, щелочей и аммиака осуществляют с помощью сифонов, в защитных очках, резиновых перчатках, фартуке и сапогах. Концентрированные кислоты и другие летучие жидкости переливают только в вытяжном шкафу.

При использовании концентрированных кислот для приготовления растворов во избежание их разбрызгивания при нагревании приливают кислоту в воду, а не наоборот.

Гранулированную (твердую) щелочь растворяют в фарфоровой чашке при постоянном перемешивании и охлаждении. Особая предосторожность необходима при работе с горячими кислотами щелочами.

Пролитые кислоты смывают водой и нейтрализуют содой или мелом до прекращения вскипания.

Ядовитые вещества, едкие и летучие жидкости берут с помощью цилиндров или пипеток, снабженных специальным заборным устройством (резиновой грушей, шприцем).

Недопустимо использование открытых электронагревательных приборов, спиртовых и газовых горелок при работе с легковоспламеняющи-

мися веществами. Запрещается хранение в лаборатории легковоспламеняющихся жидкостей (бензина, эфира, ацетона и др.) в количестве больше, чем необходимо для выполнения текущей работы. Хранят их в толстостенных склянках с притертыми пробками в вытяжных шкафах, удаленных от огня и обогрева. Категорически запрещается выливать легковоспламеняющиеся жидкости в канализацию. Отработанные жидкости собирают в специальную герметически закрывающуюся тару, а в дальнейшем в зависимости от их ценности либо регенерируют, либо сжигают в безопасном месте.

Запрещается оставлять без присмотра работающие приборы с легковоспламеняющимися и взрывоопасными веществами, газовые горелки, сетевые аналитические и электронагревательные приборы.

Правила первой помощи при работе в лаборатории следующее:

1. При механических ранениях и порезах стеклом рану промывают 2-3%-ным раствором марганцовокислого калия или 3%-ным раствором перекиси водорода, края раны дезинфицируют спиртовым раствором йода, перевязывают стерильным бинтом. При глубоких порезах или ранениях кровотечение останавливают тампоном ваты, смоченным в 2-3%-ном растворе хлорида железа или перекиси водорода, и обращаются в лечебное учреждение. При сильном кровотечении до прихода врача накладывают резиновый жгут.

2. При тепловых ожогах пораженное место смачивают 3%-ным раствором питьевой соды или марганцовокислого калия, после чего смазывают мазью от ожогов и накладывают повязку. Лучшее средство для примочек - 96%-ный этиловый спирт. При тяжелых ожогах делают только примочки из марганцовокислого калия, накладывают сухую стерильную повязку и направляют на лечение к врачу.

3. При химических ожогах (кислотами, щелочами и другими едкими веществами) прежде всего ватным тампоном удаляют с пораженного места остатки (капли), промывают большим количеством воды и обрабатывают нейтрализующими веществами - 2-3%-ным раствором питьевой соды или бикарбоната аммония при поражении кислотой и 2%-ным раствором уксусной кислоты при поражении щелочью. Пораженные места смазывают мазью от ожогов или борным вазелином и накладывают повязку.

4. При попадании едких или ядовитых веществ в органы пищеварения немедленно вызывают рвоту с помощью пальцев или 1 %-го раствора медного купороса (нужно принять примерно одну столовую ложку раствора) или мыльной воды, промывают желудок пострадавшего водой и дают молоко, активированный уголь или крепкий чай.

5. При поражении электротоком немедленно обесточивают пострадавшего путем отключения рубильника или устранения контакта с ним при помощи любого изоляционного материала (резиновых перчаток, пал-

ки и т. п.) и тотчас же делают искусственное дыхание в течение 1-2 ч до прихода медицинского работника.

О всех несчастных случаях, произошедших в лаборатории, ставят в известность руководителя группы и заведующего кафедрой.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. *Правила поведения в агрохимической лаборатории.*
2. *Последовательность и техника выполнения лабораторной работы.*
3. *Возможные травмы при несоблюдении правил техники безопасности.*
4. *Правила оказания первой помощи при получении травм.*

## **2. ОТБОР И ПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ К ХИМИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ**

Цель: *Научиться отбирать и готовить к анализу образцы растений, удобрений.*

### **2.1. Отбор проб растений в полевых условиях**

Отбор проб в поле в опытных и производственных посевах проводят как для учета качества урожая, так и с целью изучения динамики содержания и потребления элементов питания растениями в отдельные периоды их роста и развития.

При отборе растительных проб в хозяйственных и естественных угодьях необходимо учитывать биологические особенности культур, состояние посевов, макро- и микрорельеф местности. Чтобы средняя проба наиболее полно отражала химический состав всей совокупности растений, на каждом поле или опытной делянке для культур сплошного посева выделяют 6-10 типичных делянок площадью 0,5-1 м<sup>2</sup> каждая, равномерно расположенных на участке.

Растения скашивают в сухую погоду, как правило, серпом или косой на высоте 3-5 см. При отсутствии метровок на выбранных площадках скашивают по 2-3 ряда растений на протяжении 0,5-1,5 м в зависимости от состояния растений. По мере нарастания массы растений число рядков и их длину можно несколько сократить. Отбор индивидуальных (разовых) проб для химического анализа растений проводят в 5-10 местах каждой скошенной делянки или прокоса и из них составляют объединенную пробу.

После тщательного перемешивания на ровной площадке из объединенной пробы отбирают средний образец массой 1-1,5 кг. Если наряду с химическим составом изучают динамику нарастания сухого вещества, ботанический состав растений, их биологию, разовой пробой служит, как правило, масса всех растений, скошенных с делянки 0,25-0,5 м<sup>2</sup>. В помещении пробу взвешивают и замеряют отдельные органы растений. При уборке урожая учитывают продуктивные и непродуктивные побеги, структуру урожая.

Поступающие на химический анализ растительные образцы должны находиться либо в естественном состоянии, либо хорошо высушенными. Для

предупреждения потерь части листьев, особенно у бобовых культур - клевера, люцерны и др., а также осыпания зерна при высушивании растения помещают в марлевые мешочки или заворачивают в бумагу. У высокостебельных культур, например кукурузы и подсолнечника, для составления объединенной пробы в 5-10 местах поля или делянки отбирают по 10-20 растений средней величины, перемешивают и берут средний образец для анализа. Молодые растения подсолнечника и кукурузы сушат целыми, крупные растения измельчают до величины 3-5 см и помещают для высушивания в марлевые мешки или бумажные пакеты.

При отборе разовых проб свеклы (сахарной, кормовой и столовой) выкапывают по 10-20 растений, очищают от почвы и взвешивают отдельно целые растения и корнеплоды; массу ботвы определяют по разнице. Общую пробу корнеплодов составляют из 5-7 разовых, взятых в различных местах поля или делянки. По соотношению ботвы и корнеплодов определяют структуру урожая. Ботву анализируют, как правило, после высушивания, корнеплоды - в сыром или сухом состоянии. При отборе образцов картофеля в 5-10 местах поля выкапывают по 5-10 средних кустов, клубни очищают от почвы, отделяют от ботвы и взвешивают; после чего разовые пробы объединяют для отбора средней пробы массой 5-10 кг. При необходимости клубни перед анализом сортируют по размеру и определяют содержание сухого вещества, крахмала, белка, аскорбиновой кислоты. Для анализа химического состава картофеля используют, как правило, сухие образцы ботвы и клубней.

## **2.2. Отбор зерна и кормов**

Пробы зерна, муки, гранулированных кормов и других сыпучих материалов, хранящихся в складских помещениях насыпью, отбирают шупом в пяти точках с различных глубин; если площадь вороха зерна превышает  $100\text{ м}^2$ , то число проб соответственно увеличивают.

Разовые пробы из автомашин и тракторных тележек берут в четырех точках кузова с поверхности и дна или по всей глубине насыпи на расстоянии не ближе 0,5 м от бортов.

В двухосных вагонах пробы отбирают в 5, а четырехосных - в 10 точках по всей глубине на расстоянии 0,75 м от стенок вагона. Пробы затаренного зерна, муки и комбикормов отбирают шупом из вскрытых мешков, в трех местах: сверху, в середине и внизу, из зашитых мешков - специальным шупом из одного угла.

Из отобранных разовых проб составляют общую пробу и после тщательного перемешивания отбирают средний образец массой 1-2 кг. Если партия материала неоднородна, среднюю пробу берут отдельно из каждой ее части.

При погрузке или разгрузке вагонов и судов пробы отбирают с транспортной ленты вручную или пробоотборником через равные промежутки времени из расчета 0,20-0,25 кг на каждую тонну продукции, но не менее 2-2,5 кг от каждой партии. Пробы кукурузы в початках берут из автомашин в

2-3, а из вагонов - в 10-11 точках на глубине 10-12 см. Разовую пробу составляют из 5 рядом лежащих початков. При выгрузке (погрузке) вагонов разовые пробы (из 5 початков) берут через 15-20 равных промежутков времени.. В складских помещениях одну разовую пробу кукурузы берут на глубине 0,5 м с каждых 10 м<sup>2</sup>.

Образцы непрессованного сена (соломы) отбирают пробоотборником или вручную по 200-250 г с 8-10 мест стога массой 20 т и от каждых последующих 5 т по 2 образца. Пробы прессованного сена (соломы) берут от партии до 15 т из 5 тюков, от партии 15-50 т - из 15 тюков. При отборе образцов тюки освобождают от стяжки и, не нарушая их целостности, с каждого тюка берут по одному пласту: из первого тюка верхний пласт, из второго следующий и т. д.

Взятые индивидуальные образцы прессованного и непрессованного сена (соломы) раскладывают ровным слоем на брезенте или площадке и из 10 мест отбирают средний образец массой около 0,5 кг, который затем помещают в полимерный пакет или заворачивают в бумагу.

Отбор проб силоса (сенажа) для анализа проводят, как правило, спустя 1-2 месяца после его закладки из расчета один средний образец на 400 т корма. Пробы отбирают вручную или пробоотборником после вскрытия верха траншеи на глубину 1 м, или торцовых ее сторон на расстоянии 3-4 м от края. Объединенную пробу перемешивают на пленке и отбирают в банки или полимерные мешочки средний образец массой 1-2 кг.

Во всех случаях критерием для оценки правильного отбора проб служит хорошая сходимость результатов химического анализа разных повторений.

### **2.3. Отбор проб удобрений**

При контроле качества минеральных и органических удобрений пробы отбирают из каждой партии. Методика отбора проб незатаренных минеральных удобрений аналогична отбору проб зерна, гранулированных и мучнистых кормов. Из затаренных удобрений разовую пробу (около 200 г) берут щупом-пробоотборником по двум диагоналям из каждого 20-30 мешка. После перемешивания индивидуальных проб средний образец массой 1-2 кг ссыпают в банки или полимерные мешки и маркируют с указанием вида удобрения, места отбора, массы и номера партии.

Анализ минеральных удобрений проводят в агрохимических лабораториях: определяют содержание отдельных элементов питания и примесей, физико-механические свойства (гранулометрический состав, тонину помола и т. д.), влажность и другие свойства.

Методика отбора проб органических удобрений (навоза, торфа, компостов) аналогична взятию проб силоса и сенажа. Средний образец обычно составляют из 15-20 индивидуальных проб на каждые 1000 т удобрений. Определяют содержание сухого вещества общего и аммонийного азота, фосфора, калия, микроэлементов, рН и зольность.

## 2.4. Подготовка образцов к анализу

Доставленные в лабораторию образцы необходимо быстро и квалифицированно подготовить к анализу или хранению. Первичная средняя проба удобрений и растительного материала без предварительной подготовки обычно непригодна к анализу, так как слишком велика (1-5 кг) и неудобна для хранения.

Большую массу среднего образца уменьшают с помощью квартования. Сущность этого метода сокращения проб заключается в том, что сыпучий материал после тщательного перемешивания рассыпают ровным слоем в виде квадрата (или круга), делят по диагоналям образец на четыре части и берут два противоположных сектора.

Если масса отобранной аналитической пробы вновь окажется велика, эту операцию повторяют несколько раз. Полученный образец используется для отбора навесок.

Образцы зерна, сена и других растительных материалов перед анализом тщательно размалывают, после чего анализируют либо в воздушно-сухом состоянии при параллельном определении влажности, либо после высушивания.

Образцы свежих растений перед высушиванием для приостановления деятельности ферментов фиксируют водяным паром, этанолом, сухой термической обработкой или лиофилизацией. Наиболее простой и доступный способ фиксации свежих растений - выдерживание их в течение 20-30 мин в сушильном шкафу при температуре 68-73°C. После фиксации образцы высушивают при температуре 60-63°C в течение 3-5 ч. Недостаток этого метода заключается в том, что при термической фиксации наряду с разрушением ферментов разрушаются и переходят в другие формы и важные органические соединения. Поэтому при определении содержания витаминов (аскорбиновой кислоты, каротина), углеводов и белков необходимо использовать только свежий растительный материал или же законсервировать образцы с помощью лиофильной сушки, позволяющей сохранять их длительное время без существенного изменения химического состава.

Корнеплоды, клубни, крупные овощи и плоды при отборе средней аналитической пробы и высушивании разрезают вдоль на несколько равных частей таким образом, чтобы в каждой дольке были пропорционально представлены различающиеся по химическому составу верхняя, средняя и нижняя части. Для составления средней пробы, подлежащей дальнейшей фиксации и высушиванию, берут, как правило, лишь по одной дольке от каждого клубня или плода независимо от их размера. Сильно загрязненные почвой корни и клубни очищают и моют водой. При отсутствии видимых признаков загрязнения почвой в этом нет необходимости, если определяют фосфор, калий, кальций, магний и другие элементы, содержание которых в почве и растениях довольно близкое. При анализе же содержания железа, меди и других микроэлементов искажение результатов может происходить не только из-за

примесей почвы, но и при измельчении (размоле) или хранении в несоответствующей таре.

Гранулированные удобрения перед анализом растирают в фарфоровой ступке и просеивают через сито с диаметром отверстий 0,5-1 мм. Органические удобрения анализируют в естественном состоянии.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Основные требования к отбору проб.
2. Что такое разовая, объединенная и средняя проба?
3. Основные принципы отбора проб растений в полевых условиях.
4. Отбор проб зерна из автомашин, складских помещений.
5. Отбор образцов силоса (сенажа).
6. Отбор образцов непрессованного и прессованного сена (соломы).
7. Отбор проб удобрений.
8. Сущность квартования.
9. Способы фиксации образцов свежих растений.
10. Подготовка растительных образцов к анализу.

### **3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СУХОГО ВЕЩЕСТВА И ВЛАГИ В ВОЗДУШНО-СУХОМ И СВЕЖЕМ РАСТИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛЕ**

Цель: *Научиться определять содержание сухого вещества и влаги в растительном материале.*

**Материалы и оборудование:** свежий растительный материал, ножи, терки, бюксы, аналитические весы, сушильный шкаф, щипцы, эксикатор.

#### **Теоретическое обоснование:**

Содержание воды в растительном материале является видовым признаком товарной части урожая сельскохозяйственных культур. В овощах, корнеплодах, клубнях, плодах и ягодах садовых культур воды содержится 70-97%; в семенах злаковых, зернобобовых, масличных и других культур - 4-17%. В процессе роста и развития растений количество влаги в вегетирующих органах и созревающих семенах изменяется в широких пределах. Показатель содержания влаги и сухого вещества в зерне злаковых, масличных, крупяных и других зерновых культур используют для установления сроков уборки этих культур.

В процессе хранения зерна, корне- и клубнеплодов, овощной продукции, а также растительных образцов в условиях, не соответствующих стандартным, содержание воды и сухого вещества может изменяться и нередко в худшую сторону. Поэтому необходимо периодически определять содержание влаги и сухого вещества в хранящейся продукции.

Показатель сухого вещества или влаги необходим также для приведения результатов химического анализа растений к абсолютно сухому веществу или к стандартной влажности.

В практике исследований чаще всего анализы проводят в воздушно-сухом и свежем (сыром) растительном материале.

### 3.1. Определение сухого вещества и влаги в воздушно-сухом материале

В растительном материале, доведенном до воздушно-сухого состояния, всегда содержится гигроскопическая влага. Количество ее в исследуемом растительном материале зависит от природы вещества, его измельчения, степени предварительного высушивания, относительной влажности воздуха в лаборатории, где хранятся образцы. Таким образом, во избежание искажений результатов химического анализа растительного материала необходимо определять абсолютно сухое вещество.

**Принцип метода.** Определение содержания гигроскопической влаги основано на учете изменения массы воздушно-сухого материала при высушивании его в термостате при температуре 100-105°C до постоянной массы.

**Ход анализа.** Тщательно вымытые стеклянные бюксы с приоткрытой крышкой сушат в сушильном шкафу или термостате при температуре 105°C до постоянной массы (не менее 30-40 мин). Высушенные бюксы охлаждают в эксикаторе и взвешивают сначала на технических весах, а затем на аналитических с точностью до 0,0001 г.

Среднюю пробу размолотого и пропущенного через сито с отверстием 1 мм растительного материала распределяют тонким слоем на листе глянцевого или пергаментной бумаги и шпателем берут в бюкс из различных мест распределенного на листе 2,5-5 г вещества.

Бюксы закрывают крышками и определяют массу анализируемого вещества сначала на технических весах (грубо), а затем на аналитических до четвертого знака после запятой. Затем крышку бюкса устанавливают в вертикальном положении и помещают в сушильный шкаф. Высушивание проводят при температуре 105°C в течение 6 ч, установив бюксы в центре термостата, предотвращая таким образом неравномерный обогрев. После высушивания бюксы закрывают крышками и охлаждают в эксикаторе в течение 0,5-1 ч и взвешивают. Затем еще сушат 2-3 раза по 2 ч в сушильном шкафу при открытой крышке бюксов. После каждого последующего высушивания крышки бюксов закрывают, бюксы помещают в эксикатор, охлаждают и взвешивают. Сушат и взвешивают образцы до тех пор, пока разница между двумя последними массами будет в пределах 0,002-0,003 г.

**Вычисление результатов анализа.** Количество сухого вещества рассчитывают по формуле:

$$x = \frac{(c - a)}{(b - a)} \cdot 100$$

, где

а - масса пустого бюкса, г;

в - масса бюкса с исходной навеской растительного материала, г;

с - масса бюкса с образцом после высушивания, г.



**Содержание гигроскопической влаги можно рассчитать по формуле:**

$$y = \frac{(b - c)}{(c - a)} \cdot 100, \text{ где}$$

a - масса пустого бюкса, г;

b - масса бюкса с исходной навеской растительного материала, г;

c - масса бюкса с навеской растительного образца после высушивания, г.

Данные формулы могут быть использованы при определении общей и гигроскопической влажности почвы.

### **3.2. Определение сухого вещества и влаги в свежем растительном материале**

Свежий растительный материал используют при изучении химического состава урожая корнеплодов, клубнеплодов, овощных, бахчевых, плодовых и ягодных культур. В свежем состоянии анализируют культуры при закладке силоса, а также готовый силос. При агрохимических и биохимических исследованиях вегетирующих растений используют также свежий растительный материал. Определение сухого вещества и влаги необходимы для приведения результатов химического анализа к абсолютно сухой массе или к стандартной влажности.

**Принцип метода** основан на том, что при высушивании растительного материала в сушильном шкафу при температуре 105°C из него удаляется не только свободная и слабосвязанная, но и прочносвязанная или гигроскопическая влага. Количество испарившейся влаги или изменение массы растительного материала устанавливают взвешиванием на аналитических весах.

**Ход анализа.** В чистый широкий бюкс помещают 5-10 г предварительно отмытого воздушно-сухого кварцевого песка и оплавленную с двух сторон стеклянную палочку. Стеклянная палочка должна быть длинной, позволяющей плотно закрывать крышку бюкса, и удобной для перемешивания содержимого бюкса. При открытой крышке бюкс вместе с содержимым помещают в термостат и сушат при температуре 105°C до постоянной массы. Время высушивания 30-40 мин. Затем крышку бюкса закрывают, бюкс охлаждают в эксикаторе и взвешивают сначала на технических весах, а затем на аналитических с точностью до 0,001 г.

Одновременно готовят аналитические пробы растительного материала. Плоды, ягоды, перцы, огурцы, помидоры, кочаны капусты и другие сочные овощи, отмытые и просушенные на воздухе корнеплоды, клубни картофеля и другие разрезают вдоль осевой линии на две или более частей. Разрезать овощи и плоды необходимо так, чтобы отобранные для анализа сегменты пропорционально точно отражали все зоны анализируемого плода.

Отобранные части плодов (без семян и косточек), овощей, клубней, кочанов измельчают любым доступным способом - в гомогенизаторе, на терках, ножом, ножницами и равномерно распределяют по площади неглубоких стеклянных кристаллизаторов, фарфоровых или пластмассовых лотков, на

листах пластмассы или оргстекла. Затем шпателем небольшими порциями из разных мест отбирают измельченное вещество массой 5-7 г в бюксы (около 2/3 его объема), тщательно перемешивают с песком стеклянной палочкой и взвешивают при закрытой крышке на аналитических весах.

При открытой крышке бюкс помещают в термостат, где сушат не менее 6 ч при температуре 105°C. В процессе высушивания содержимое бюкса неоднократно перемешивают стеклянной палочкой и таким образом разрушают корку. После шестичасового высушивания крышки бюксов закрывают, бюксы помещают в эксикатор и после охлаждения взвешивают на аналитических весах.

**Содержание сухого вещества в свежем растительном материале рассчитывают по формуле:**

$$x = \frac{(c - a)}{(b - a)} \cdot 100, \text{ где}$$

a - масса бюкса с песком и палочкой, г;

b - масса тары с исходной навеской растительного материала, г;

c - масса тары с высушенным до постоянной массы растительным материалом, г.

**Содержание влаги можно рассчитать по формуле:**

$$y = 100 - x, \text{ где } x - \text{ сухое вещество, \%}$$

Песок в бюкс добавляют для того, чтобы при смешивании его с водянистым растительным материалом обеспечить рыхлость, исключить образование корки и таким образом ускорить процесс высушивания. Следует помнить, что при высушивании растительного материала, содержащего большое количество свободных сахаров, уже при температуре 105°C может происходить обугливание углеводов, и изменение массы происходит за счет не только испарения влаги, но и сгорания углеводов.

### 3. Полученные результаты занести в таблицу и сделать выводы

Содержание сухого вещества и влаги в растениях (товарная часть), %

Растение	Полученные результаты		Литературные данные	
	сухое вещество	влага	сухое вещество	влага
Картофель				
Свекла				
Морковь				
Капуста				
Лук				
Яблоки				

Заключение:

---



---



---

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Каково соотношение сухого вещества и влаги в растениях.
2. От чего зависит соотношение сухого вещества и влаги в растениях.
3. Для чего необходимо знать содержание влаги в растениях.
4. В чем заключается принцип определения содержания воды и сухого вещества в растениях.
5. Какие виды воды различают в растениях.

## **4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЫРОЙ ЗОЛЫ В РАСТЕНИЯХ**

Цель: *Научиться определять содержание сырой золы в растениях.*

**Материалы и оборудование:** сухой растительный материал, тигли, ложечки, аналитические весы, муфельная печь, щипцы, эксикатор.

### **Теоретическое обоснование:**

После сжигания растительного материала остается остаток - зола. В сухом веществе большей части сельскохозяйственных культур золы содержится 3-6%. Содержание золы в растениях подвержено значительным колебаниям в зависимости от их биологических особенностей, стадии развития, условий выращивания и органа растения. Например, в листьях, стеблях и корнях содержание золы всегда больше, чем в семенах. Высоким содержанием золы отличаются листья овощных культур (14-20% на сухую массу). Зола состоит главным образом из оксидов элементов минерального питания растений, так называемых зольных. Содержание отдельных элементов в золе растений и их органах неодинаково и является видовой характеристикой культур, зависит оно от возраста и условий выращивания.

Определение содержания золы и ее состава необходимо для химической характеристики урожая сельскохозяйственных культур, а также для изучения динамики накопления золы и отдельных зольных элементов в онтогенезе растений. Первостепенное значение определения количества золы заключается в установлении выноса зольных элементов урожаем сельскохозяйственных культур в конкретных почвенно-климатических условиях в зависимости от применения удобрений. Это необходимо при расчете системы удобрений.

Метод сухого озоления используют главным образом как подготовительный этап разнообразных методов анализа содержания макро- и микроэлементов в растениях.

**Принцип метода.** Определение содержания сырой золы основано на сжигании растительной пробы в муфельной печи и последующем количественном учете остатка. Органические соединения растений сгорают с образованием летучих соединений - оксидов углерода, водорода, азота. В золе остаются в виде оксидов элементы минерального питания. Зола, полученная таким путем, называется сырой золой в связи с тем, что в составе ее, кроме окислов элементов минерального питания, находится некоторое количество углекислых солей щелочных

и щелочноземельных металлов, частичек угля, а при озолении корней и плохо очищенных растений некоторое количество песка и глины.

При озолении растительного вещества строго выдерживают температуру в муфельной печи. Хорошие результаты получают при озолении вещества при температуре 520-550°C. При более высокой температуре наблюдаются потери фосфора, серы и калия. При отсутствии в лаборатории муфельных печей с электронной терморегуляцией о температуре в муфеле можно судить по цвету каления: темно-красный - 525-550°C, красный - 550-600, вишневый - 800-900, темно-оранжевый - 1100°C.

**Ход анализа.** Чистые, сухие фарфоровые тигли нумеруют 0,5%-ным раствором хлорного железа (пользуясь тонко заточенной спичкой или тонкой кисточкой) и прокаливают в муфельной печи в течение 1-2 ч. После охлаждения тиглей в эксикаторе их взвешивают на аналитических весах. Тигли заполняют измельченным растительным веществом примерно на 2/3 объема и взвешивают сначала на технических весах, а затем с точностью до четвертого знака на аналитических. Масса образца должна составлять 1-2 г воздушно-сухого и 2-5 г свежего растительного материала. Навески в тигли укладывают рыхло. Параллельно определяют влагу в растительном материале. Для этого аликвоту образца взвешивают в предварительно тарированном бюксе и высушивают.

Весь процесс озоления можно проводить в муфельной печи. Тигли с растительным материалом ставят в холодную муфельную печь. При закрытой двери включают электрический ток и регулятором доводят температуру до 220-250°C. При этой температуре предварительное озоление происходит за 1-1,5 ч. Затем постепенно доводят температуру до 525-550°C (темно-красное каление) и продолжают озоление в течение 3,5-4 ч. После этого тигли охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах. Повторное прокаливание в течение 30 мин и взвешивание после охлаждения в эксикаторе необходимо для установления постоянства массы золы.

Цвет золы, как правило, светло-серый. В случае присутствия значительного количества железа или марганца зола приобретает соответственно красно-бурый или зеленоватый цвет.

**Содержание сырой золы в процентах рассчитывают по следующей формуле:**

$$x = \frac{(c - a) \cdot 100}{(b - a) \cdot (100 - y)} \cdot 100,$$

где  $a$  — масса пустого тигля, г;  $b$  — масса тигля с исходным материалом, г;  $c$  — масса тигля с прокаленной сырой золой, г; 100 — в числителе для выражения в %;

$\frac{100}{(100 - y)}$  — коэффициент для пересчета результата на абсолютно сухое вещество, где  $y$  — содержание гигроскопической влаги в анализируемом материале, %.

Золу в тиглях смачивают несколькими каплями дистиллированной воды и затем в каждый тигель добавляют по 2-5 см<sup>3</sup> 25%-ного раствора соляной кислоты. Стеклянными палочками тщательно перемешивают содержимое тиглей, добиваясь полного растворения золы. Затем в тигли добавляют дистиллированную воду и отфильтровывают полученный раствор через беззольный фильтр в мерную колбу объемом 100 см<sup>3</sup>.

Небольшими порциями дистиллированной воды (3-5 см<sup>3</sup>) не менее 4-5 раз тигли тщательно ополаскивают, и при помощи стеклянной палочки раствор сливают в соответствующие воронки с фильтрами. После полной фильтрации растворов фильтры еще 2-3 раза промывают небольшими объемами дистиллированной воды из промывалки. Затем раствор в колбе доводят водой до метки и перемешивают. Раствор золы используют для определения фосфора, кальция, магния и других зольных элементов минерального питания.

Следует отметить, что метод сухого озоления можно использовать с целью концентрирования (в золе) некоторых микроэлементов при определении содержания их в растениях, исходя из возможности озолять сухим способом навески растительного вещества в пределах 1-10 г.

### Полученные результаты занести в таблицу и сделать выводы

Содержание золы в растениях, %

Культура	Полученные результаты	Литературные данные
Картофель		
Капуста		
Морковь		
Свекла		
Сено злаково-разнотравное		

Заключение:

---



---



---



---

### Вопросы для самоконтроля:

1. Для чего необходимо знать содержание золы в растениях и ее состав?
2. Что такое зольные элементы?
3. Назовите основные группы зольных элементов.
4. В чем заключается принцип метода определения содержания золы в растениях?
5. От чего зависит содержание золы в растениях и ее состав?
6. Почему зола называется «сырой»?

## 5. МОКРОЕ ОЗОЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ПО КЬЕЛЬДАЛЮ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ В РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБРАЗЦАХ

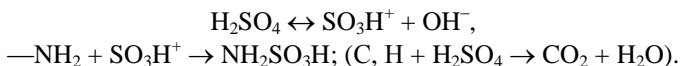
Цель: *Освоение метода мокрого озоления растительных образцов для проведения химических анализов по определению общего азота, фосфора и калия в растительных образцах. Использовать данные химического анализа растений для интерпретации результатов агрохимических исследований.*

### **Теоретическое обоснование:**

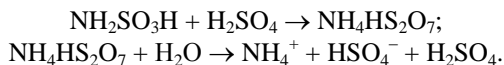
В основу методов мокрого озоления растительных образцов положены реакции гидролиза и окисления органических веществ растений кислот индивидуальными кислотами или их смесью.

Наиболее распространенным методом является мокрое озоление в кипящей серной кислоте (метод Кьельдаля предложен в 1883 г.), в результате чего учитывается азот органического вещества и аммиачных солей. Поскольку содержание нитратов и нитритов как правило, мало, то количество азота органических веществ и аммиака принимают за общее его содержание.

Механизм реакций, происходящих при разложении органического вещества, до конца не изучен. При нагревании их с концентрированной  $H_2SO_4$  водород и углерод окисляются до  $H_2O$  и  $CO_2$ . Предполагается, что первый продукт, образующийся в реакции между  $H_2SO_4$  и восстановленными соединениями азота – сульфамидная кислота (или ее производные):



Далее это соединение, реагируя с еще одной молекулой  $H_2SO_4$ , в присутствии воды образует ионы  $NH_4^+$ :



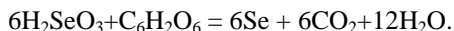
Азот органического вещества, находящийся в форме  $-C-N-$  и  $-N-O-$  соединений (степень окисления +5 или +3), при взаимодействии с  $H_2SO_4$  не окисляется.

Для интенсификации процессов окисления к серной кислоте добавляют различные катализаторы, наиболее распространенные варианты – селен и хлорная кислота.

Концентрированная серная кислота окисляет селен до селенистой кислоты:



Селенистая кислота в кислом растворе под действием восстановителей (органических веществ почвы) восстанавливается до элементарного селена:



Приведенный цикл окисления – восстановления селена повторяется до тех пор, пока все органические вещества почвы не будут полностью разрушены. Продолжительность процесса озоления сокращается при этом до 1,5 – 3 часов. К недостаткам селена (или селенитов) следует отнести их высокую токсичность. Все работы с селеном проводят лишь при наличии мощной вытяжки.

### **Ход анализа**

Навеску размолотого воздушно-сухого растительного материала 0,2 – 0,5 г, взятую на аналитических весах с точностью до  $\pm 0,0001$  г, помещают в колбу Кьельдаля.

Навески в колбах Кьельдаля заливают серной кислотой в объёме 5,0 – 10,0 см<sup>3</sup> и тщательно перемешивают круговым вращением колбы, осторожно встряхивая. Внести около 0,1 г селена, или селенита натрия.

Колбы устанавливают на нагревательные приборы для озоления и нагревают до образования однородной коричнево-бурой массы. Температуру озоления повышают до слабого кипения раствора и продолжают озоление до полного его обесцвечивания.

Параллельно проводят контрольное озоление исходных реактивов без растительной пробы в аналогичном режиме.

После окончания озоления колбы Кьельдаля охлаждают на воздухе, затем раствор количественно переносят в мерную колбу объемом 50 или 100 см<sup>3</sup>. После охлаждения объем раствора в колбе доводят дистиллированной водой до метки и тщательно перемешивают.

Раствор оставляют на сутки для оседания кремнезема, не растворяющегося при обработке концентрированной серной кислотой. В полученном растворе определяют общий азот, фосфор и калий по соответствующим методикам.

### ***Определение валового содержания калия методом фотометрии пламени***

#### **Приготовление стандартных растворов**

KCl (хч) просушивают в сушильном шкафу при  $t = 110 - 120^\circ\text{C}$  в течение часа, охлаждают в эксикаторе, берут навеску 1,907 г помещают в мерную колбу объемом 1000 см<sup>3</sup> и растворяют в дистиллированной воде, доводя объем до метки. Концентрация  $\text{K}^+$  в растворе 1 мг/мл. Для получения рабочих образцовых растворов необходимо отмерить бюреткой основную эталонный раствор в мерные колбы емкостью 100 см<sup>3</sup> в следующих количествах:

Количество основного эталонного раствора, см <sup>3</sup>	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0
Содержание K <sup>+</sup> , мг/л	5	10	20	50	100

### Определение содержания калия

Профотометрировать рабочие образцовые растворы и испытуемый раствор элемента. Записать результаты в тетрадь, построить градуировочный график.

### Вычисление результатов анализа:

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

X – содержание K<sup>+</sup>, мг/100 г почвы; a – содержание K<sup>+</sup>, мг/л по графику; V – объем раствора; c – навеска воздушно-сухой почвы; 100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы.

### *Определение валового содержания фосфора колориметрически методом молибдenvанадийфосфорной гетерополикислоты (МВФК)*

#### Приготовление смешанного реактива на фосфор

Готовят из двух предварительно приготовленных растворов. Раствор А.: 10 г молибдата аммония растворяют в 100 см<sup>3</sup> дистиллированной воды. К раствору постепенно, порциями, при перемешивании добавляют 2 см<sup>3</sup> концентрированной азотной кислоты. Раствор Б: 0,3 г ванадата аммония растворяют в 50 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, нагретой до 50 - 60 °С. Раствор охлаждают до комнатной температуры и добавляют к нему 50 см<sup>3</sup> разбавленной азотной кислоты (5:100). К раствору Б небольшими порциями, при непрерывном перемешивании, приливают раствор А. Затем к смеси добавляют 10 см<sup>3</sup> концентрированной азотной кислоты и снова перемешивают. Реактив хранят в темноте не более 1 месяца.

#### Приготовление стандартных растворов

Берут навеску дигидрофосфата калия массой 0,192 г, помещают в мерную колбу объемом 1 л и растворяют в дистиллированной воде. Доводят объем до метки. Концентрация P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в растворе 0,01 мг/мл. Для получения рабочих образцовых растворов необходимо отмерить бюреткой основной эталонный раствор в мерные колбы емкостью 50 см<sup>3</sup> в следующих количествах:

Объем стандартного раствора, см <sup>3</sup>	0,5	2,5	5,0	7,5	10,0	15,0
Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 см <sup>3</sup> раствора	0,01	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30



Добавить в каждую из колб по 2,5 см<sup>3</sup> концентрированной азотной кислоты, разбавить до половины. Прилить по 10 см<sup>3</sup> смешанного реактива. Довести объем содержимого колб дистиллированной водой до метки, хорошо перемешать. Через 10 - 15 минут и измерить оптическую плотность при  $\lambda = 400$  нм

### **Определение фосфора в исследуемом растворе**

Аликвоту (1 - 5 см<sup>3</sup>) исследуемого раствора помещают в мерную колбу емкостью 50 см<sup>3</sup>. Обрабатывают аналогично стандартным растворам

### **Вычисление результатов анализа:**

$$X\% = \frac{c \cdot V_0 \cdot 100}{V_a \cdot m \cdot 1000}, \text{ где}$$

X% – массовая доля атомов металла; c – концентрация элемента в мг, найденная по графику; V<sub>a</sub> – аликвота раствора, см<sup>3</sup>; V<sub>0</sub> – общий объем анализируемого раствора, см<sup>3</sup>; m – масса абсолютно сухой почвы, г.

### ***Определение общего азота в почве по кельдалю с колориметрическим окончанием с реактивом несслера***

#### **Ход анализа**

Аликвоту пробы (2 – 10 см<sup>3</sup>) помещают в мерную колбу объемом 50 см<sup>3</sup>. Добавляют 2 см<sup>3</sup> 50 % сегнетовой соли, перемешивают. Нейтрализуют раствор 2н гидроксидом натрия до pH = 7,0 – 7,5. Содержимое колбы разбавляют дистиллированной водой до половины, перемешивают и прибавляют 2 см<sup>3</sup> реактива Несслера. Доводят раствор до метки дистиллированной водой и оставляют на 10 – 15 минут для развития окраски. Колориметрируют при 400 нм, с толщиной кюветы – 1 см. Желательно, чтобы все реагенты были охлаждены до 5 – 10<sup>0</sup>С.

#### **Приготовление стандартных растворов**

Отвешивают на аналитических весах 0,3820 г хлорида аммония и растворяют в мерной колбе на 1 дм<sup>3</sup> дистиллированной воды. Концентрация N в растворе 0,1 мг/мл. Рабочий эталонный раствор (10 мкг N/мл) получают разбавляя запасной в 10 раз. Для получения рабочих образцовых растворов необходимо отмерить основной эталонный раствор в мерные колбы емкостью 50 см<sup>3</sup> в следующих количествах:

Количество основного эталонного раствора, см <sup>3</sup>	2,0	4,0	6,0	8,0
Содержание N, мкг	20	40	60	80

Колбы со стандартным раствором обрабатывают аналогично пробе. По найденным значениям оптических плотностей и содержанию азота строится калибровочный график.

## Вычисление результатов анализа:

Содержание азота (в %) рассчитывают по формуле:

$$N\% = \frac{a \cdot p \cdot 100}{m \cdot 1000}$$

где:  $a$  – содержание азота в пробе, найденное по графику, мг;  $m$  – навеска почвы, мг;  $p$  – разведение.

### Аппаратура и материалы:

1. Весы лабораторные 1-го специального класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200,0 г (ГОСТ 24104) и 3-го класса точности с наибольшим пределом взвешивания 500,0 г (ГОСТ 24104) или аналогичные.
2. Спектрофотометр или фотозлектроколориметр.
3. Пламенный фотометр ПАЖ - 2 или аналогичный.
4. Шкаф сушильный, вентилируемый.
5. Эксикатор.
6. Колбы мерные 2-го класса точности (ГОСТ 1770) объемом 50, 250 и 1000 см<sup>3</sup>.
7. Колбы Кьельдаля (ГОСТ 25336).
8. Устройство для нагревания колб Кьельдаля.
9. Пипетки мерные 2-го класса точности объемом 2, 5 и 10 см<sup>3</sup> (ГОСТ 20292).
10. Бюретка со стеклянным краном (ГОСТ 1770) объемом 25 мл.

### Реактивы:

1. Дигидрофосфат калия (ГОСТ 4198 «хч»).
2. Молибдат аммония (ГОСТ 3765 «чда»).
3. Метаванадат аммония (ГОСТ 9336 «чда»).
4. Кислота азотная (ГОСТ 11125 «осч»),  $d = 1,40$ .
5. Кислота серная (ГОСТ 4204 «хч»),  $d = 1,834$ .
6. Реактив Несслера (ГОСТ 4517).
7. Гидроксид натрия (ГОСТ 4328 «чда»), 2,0 н раствор.
8. Аммония хлорид (ГОСТ 3773 «хч»).
9. Селен металлический, порошок или селенит натрия, хч.
10. Сегнетова соль (ГОСТ 5845 «чда»), 50%-ный раствор.
11. Хлорид калия (ГОСТ 4234 «хч»).

## Расчет выноса основных питательных элементов сельскохозяйственными растениями из почвы

Рассчитывают содержание азота, фосфора, калия (в г/кг), а затем, зная урожайность на определенной площади пересчитывают на количество сухого вещества, образовавшегося на площади 1 га, находя количество питательных веществ, потребленных культурой из почвы (в кг/га):

$$X[\text{кг} / \text{га}] = \frac{A \cdot U}{1000}, \text{ где}$$

$A$  – содержание элемента питания, г/кг;  $U$  – урожайность сельскохозяйственной культуры, кг/га; 1000 – коэффициент перевода в кг.

Рассчитать отношение количества элемента питания, потребленного культурой к запасу в почве его доступной формы:

$$K[\%] = \frac{X}{Z} \cdot 100, \text{ где}$$

X - количество элемента питания, потребленного культурой из почвы (кг/га); Z - запас доступной для растений формы элемента питания в почве (кг/га).

### **Использование данных химического анализа растений**

#### **для интерпретации результатов агрохимических исследований**

Наиболее высокие урожаи сельскохозяйственных культур формируются при оптимальных условиях минерального питания растений, оптимальных уровнях содержания питательных веществ в них в течение вегетации.

Определение общего содержания питательных элементов в растениях в отдельные фазы роста и течение вегетации важно для проведения растительной диагностики их минерального питания. Установление количества макро- и микроэлементов в органах растений и сопоставление результатов анализа с оптимальным их содержанием в тех же органах и в ту же фазу роста, дает возможность сделать заключение об уровне обеспеченности растений питательными веществами и необходимости применения соответствующих удобрений.

Сельскохозяйственные культуры в процессе роста и формирования урожая потребляют из почвы неодинаковое количество питательных веществ. Это зависит от их биологических особенностей, плодородия почвы, агротехнических и других условий. Этими же факторами обусловлена необходимость применения удобрений и их дозы. Поэтому определение общего содержания питательных веществ в урожаях, размеров их выноса из почвы и потребления в каждом конкретном случае очень важно для рационального использования удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур.

Количество питательных веществ, усваиваемых растениями и накапливаемых в тканях в определенные фазы, общее потребление их на создание урожая устанавливаются с помощью химического анализа всех органов растений.

Анализ растений необходим при изучении взаимоотношений между растением, почвой и удобрением в процессе питания.

Рассмотрим это положение на конкретном примере. В полевом или вегетационном опыте на сильнокислой почве, содержащей значительные количества подвижного алюминия, применение повышенной дозы фосфоритной муки под зерновую культуру обеспечивает определенный положительный эффект, выражаемый прибавкой урожая.

Результаты полевого или вегетационного опыта позволяют установить эффект от внесения фосфоритной муки и его размер, но причину по-

вышения урожая в данном опыте не объясняют. На основании общих закономерностей питания растений и взаимодействия фосфоритной муки с кислой почвой можно предполагать несколько причин положительного действия фосфоритной муки. Во-первых, здесь могло улучшиться снабжение растений фосфором, т. е. прямое действие фосфорного удобрения. Во-вторых, под влиянием повышенной дозы фосфоритной муки могла произойти инактивация подвижного алюминия в почве и снижение его вредного действия на урожай, т. е. удобрение оказало мелиорирующее влияние на почву, а на урожае сказалось его косвенное действие. В-третьих, под влиянием взаимодействия фосфорита с кислой почвой могло увеличиться содержание в почвенном растворе катиона кальция, смягчающего вредное влияние кислотности на урожай. Наконец, вполне возможно, что эффективность фосфоритной муки связана с рядом причин, действующих одновременно, но в разной степени на урожай. Правильность предполагаемого ответа о причинах, обусловивших эффективность в данном опыте фосфоритной муки, может быть доказана только анализом урожая на содержание в растениях фосфора, алюминия и кальция. Если он покажет значительно большее количество фосфора в растениях на варианте с фосфоритом, чем на контроле, значит, решающим фактором увеличения урожая явилось усиление снабжения растений фосфором. Если эта разница окажется небольшой, то повышение урожая в опыте обусловлено косвенным действием фосфоритной муки. Анализ урожая в этом случае необходимо дополнить анализом почвы.

Большое значение для правильного решения вопроса о глубине заделки удобрения, сроках внесения удобрений в подкормках приобретает анализ растения на поступление тех или иных питательных веществ в разные сроки вегетации. Зная на основании анализа растений потребность их в тех или иных элементах питания, можно лучше ее удовлетворить, регулируя условия питания.

Химический анализ растений на азот, фосфор, калий и другие элементы питания в различные периоды их роста и развития позволяет изучить динамику усвоения питательных веществ. Данные анализа растений в течение вегетации и конечного урожая служат для установления биологического и хозяйственного выноса урожаками элементов минерального питания.

В полевых опытах с удобрениями анализ урожая дает возможность определить коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрения в зависимости от почвенно-климатических условий, природы растения, влияния различных приемов агротехники. Изучение поступления питательных веществ и их поглощения растениями в онтогенезе необходимо для разработки рациональной системы питания и удобрения культур. Данные по выносу питательных веществ урожаем служат для подсчета расходной части баланса питательных веществ.

Содержание в растениях азота и зольных элементов чаще всего устанавливают отдельно в зерне и соломе зерновых и зерновых бобовых,

в семенах и соломе или стеблях прядильных и масличных культур, в ботве и корнях или клубнях корнеклубнеплодов и т.д. Для некоторых видов культурных растений анализ проводят более подробно по отдельным органам, для других видов, например трав (сена), анализируют всю надземную часть растения. Во всех случаях в параллельных навесках необходимо определять влажность, чтобы иметь возможность относить результаты анализа к определенному состоянию вещества и сделать их сравнимыми.

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРАХМАЛА В КЛУБНЯХ КАРТОФЕЛЯ

Цель: *Научиться определять содержание крахмала в клубнях картофеля.*

**Материалы и оборудование:** чистые типичные клубни основных сортов картофеля, сосуд вместимостью 3-4 л, тазик, стакан, мерный цилиндр, технические весы с разновесами.

### **Теоретическое обоснование:**

Основная ценность клубней картофеля – крахмал. Содержание сухих веществ, в том числе крахмала, в клубнях непостоянно и зависит от сортовых особенностей и условий выращивания. Поэтому важно быстро и простыми способами определить содержание сухих веществ в клубнях определенных сортов.

**Принципы определения** основаны на соотношении сухих веществ и воды. Чем меньше в клубнях сухих веществ, тем плотность его более приближается к плотности воды. Плотность клубня определяется отношением его массы к массе воды такого же объема. Плотность навески клубней, содержание сухого вещества (в том числе и крахмала по так называемому крахмальному числу) можно установить по таблице. Для определения процента крахмала нужно из крахмального числа вычесть содержание сахара, равное, примерно, 1,5%.

**Ход анализа.** Отвесить навеску вымытых клубней (для удобства лучше 1000г). Сосуд, поставленный в тазик, заполнить до краев водой. Погрузить в сосуд навеску клубней. Измерить мерным цилиндром объем воды, вытесненной клубнями.

**Вычислить плотность клубней по формуле:**

$$\text{Плотность клубней} = K / V, \text{ где}$$

K – масса клубней, г

V – объем вытесненной воды, см<sup>3</sup>

Определить по таблице крахмальное число (в крахмальное число входит и сахар в количестве около 1,5%). Установить процент крахмала, для чего из крахмального числа вычесть содержание сахара (1,5%).

Данные для определения крахмального числа картофеля

Плотность	Сухое вещество, %	Крахмальное число, %	Плотность	Сухое вещество, %	Крахмальное число, %
1	2	3	4	5	6
1,0493	13,100	7,400	1,1025	24,501	18,746
1,0504	13,300	7,600	1,1038	24,779	19,027
1,0515	13,600	7,800	1,1050	25,036	19,284
1,0526	13,800	8,100	1,1062	25,293	19,541
1,0537	14,100	8,300	1,1074	25,549	19,797
1,0549	14,300	8,600	1,1086	25,806	20,054
1,0560	14,600	8,800	1,1099	26,085	20,333
1,0571	14,800	9,000	1,1110	26,341	20,589
1,0582	15,000	9,300	1,1123	26,598	20,846
1,0593	15,300	9,500	1,1136	26,876	21,124
1,0604	15,500	9,700	1,1148	27,133	21,381
1,0616	15,784	9,996	1,1161	27,411	21,659
1,0627	15,948	10,232	1,1173	27,668	21,916
1,0638	16,219	10,468	1,1186	27,946	22,194
1,0650	16,476	10,724	1,1198	28,203	22,451
1,0661	16,711	10,959	1,1211	28,481	22,629
1,0672	16,947	11,195	1,1224	28,760	23,008
1,0684	17,204	11,452	1,1236	29,016	23,264
1,0695	17,439	11,687	1,1249	29,295	23,543
1,0707	17,696	11,944	1,1261	29,551	23,700
1,0718	17,931	11,179	1,1274	29,830	24,078
1,0730	18,188	12,436	1,1286	30,086	24,334
1,0741	18,423	12,671	1,1299	30,365	24,613
1,0753	18,680	12,928	1,1312	30,643	24,891
1,0764	18,916	13,164	1,1325	30,921	25,169
1,0776	19,172	13,420	1,1338	31,199	25,447
1,0787	19,408	13,656	1,1351	31,477	25,725
1,0799	19,665	13,913	1,1364	31,756	26,004
1,0811	19,921	14,169	1,1377	32,034	26,282
1,0822	20,157	14,405	1,1390	32,312	26,560
1,0834	20,414	14,662	1,1403	32,590	26,888
1,0846	20,670	14,918	1,1416	32,868	27,116
1,0858	20,927	15,175	1,1429	33,147	27,395
1,0870	21,184	15,432	1,1442	33,425	27,673
1,0881	21,419	15,667	1,1455	33,703	27,951
1,0893	21,676	15,924	1,1468	33,981	28,229
1,0905	21,933	16,181	1,1481	34,259	28,507
1,0917	22,190	16,438	1,1494	34,538	28,786
1,0929	22,447	16,695	1,1507	34,816	29,064
1,0941	22,703	16,951	1,1521	35,115	29,363
1,0953	22,960	17,208	1,1534	35,394	29,642
1,0965	23,217	17,465	1,1547	35,672	29,920
1,0977	23,474	17,722	1,1561	35,971	30,219
1,0989	23,731	17,979	1,1574	36,249	30,498
1,1001	23,987	18,235	1,1587	36,528	30,776
1,1013	24,244	18,492	1,1601	36,827	31,705

**Полученные результаты занести в таблицу и сделать выводы.**

Содержание крахмала в клубнях картофеля

Сорт	Повторность			Среднее
	1	2	3	

Заключение:

---

---

---

---

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Для чего необходимо знать содержание крахмала в клубнях картофеля?
2. В чем заключается принцип определения содержания крахмала в клубнях картофеля?
3. Что такое крахмальное число?

**7. ВЫНОС ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УРОЖАЕМ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

Цель: *Научиться определять вынос питательных элементов с урожаем сельскохозяйственных культур.*

**Теоретическое обоснование:**

Общая потребность растений в питательных элементах характеризуется размерами биологического выноса – содержанием этих элементов во всей формируемой для получения урожая биомассе, то есть в наземных органах и корнях. Накопление растениями питательных элементов достигает максимума обычно еще до наступления спелости и затем несколько снижается за счет оттока из корневой системы в почву и опада подсохших листьев.

Биологический вынос включает, следовательно, количество питательных элементов как отчуждаемой с поля основной и побочной продукции (хозяйственный вынос), так и в корнях, пожнивных остатках, листовом опаде (остаточный вынос).

Остаточная часть выноса нередко достигает значительных размеров, особенно у многолетних трав и овощных культур. Запас элементов питания этой части выноса может в дальнейшем использоваться растениями, и его следует учитывать при оценке полного баланса питательных элементов в севообороте.

Потребность сельскохозяйственных культур в элементах питания, как правило, характеризуют выносом их с урожаем, или хозяйственным выносом. Вынос основных питательных веществ с урожаем сельскохозяйственных культур и соотношение потребляемых элементов питания сильно различаются. Это обусловлено особенностями химического состава растений, колебаниями в уровне формируемого урожая и изменением его структуры.

Относительное содержание элементов минерального питания в основной и побочной продукции разнообразных сельскохозяйственных культур определяется, прежде всего, их видовыми особенностями, но зависит также от сорта и условий выращивания. Содержание азота и фосфора значительно выше в хозяйственно ценной части урожая – зерне, корне- и клубнеплодах, чем в соломе и ботве. Калия же больше содержится в соломе и ботве, чем в товарной части урожая.

Капуста, картофель, сахарная свекла, хлопчатник, подсолнечник, кормовые корнеплоды и силосные культуры для создания высокого урожая потребляют гораздо больше питательных веществ, чем зерновые культуры.

Вынос элементов питания растениями из почвы возрастает с увеличением урожая. Однако, прямой пропорциональности между этими показателями часто не наблюдается. При большем уровне урожайности затраты питательных веществ на формирование единицы продукции обычно снижаются.

В урожае зерновых колосовых культур соотношение  $N : P_2O_5 : K_2O$  колеблется в сравнительно небольших пределах и составляет 2,5-3 : 1 : 1,8-2,6 в среднем. Следовательно, этими культурами азота потребляется в 2,8 раза, а калия в 2,2 раза больше, чем фосфора. Для сахарной свеклы, кормовых и овощных корнеплодов, картофеля, подсолнечника, капусты и некоторых других культур характерно гораздо большее потребление калия, чем азота, и соотношение  $N : P_2O_5 : K_2O$  может составлять 2,5-3,5 : 1 : 3,5-5.

У корне- и клубнеплодов, в зависимости от условий выращивания, особенно сильно может изменяться структура урожая. Это вызывает резкие различия в размерах потребления основных элементов питания на единицу товарной продукции и в соотношении между ними. Например, в лесостепных районах на каждые 100 ц урожая корнеплодов и соответствующего количества ботвы сахарная свекла потребляет 50 кг азота, 15 кг  $P_2O_5$  и 60 кг  $K_2O$ . В Нечерноземной зоне свекла формирует большее количество ботвы и на каждые 100 ц корнеплодов ей требуется 80-100 кг N, 35 кг  $P_2O_5$  и 145 кг  $K_2O$ .

### **Решение задач:**

1. Определить хозяйственный вынос азота, фосфора и калия с урожаем следующих культур:



Культура	Урожайность, ц/га	Соотношение основной и побочной продукции	Вынос, кг/га		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Пшеница яровая	20	1:2			
Пшеница озимая	28	1:2			
Рожь озимая	25	1:2			
Овес	15	1:2			
Ячмень	12	1:2			
Гречиха	14	1:2,5			
Просо	15	1:2			
Горох	15	1:2,5			
Лен масличный	7	1:2			
Свёкла сахарная	300	1:2			
Картофель	250	1:2,5			
Кукуруза на силос	350				
Многолетние злаковые травы на сено	16				
Многолетние бобовые травы на сено	15				
Соя	10	1:1,5			
Капуста	230	1:0,4			
Подсолнечник	15				

2. Полученные результаты занести в таблицу.

3. Сделать выводы.

---



---



---

Вынос микроэлементов с урожаем сельскохозяйственных культур составляет лишь десятки или сотни граммов на 1 га, и потребность во многих из них может полностью удовлетворяться за счет почвы и внесения органических удобрений, а нередко только за счет запасов в семенах. Например, для формирования урожая растения потребляют от 20 до 250 г бора с 1 га. Вынос марганца с урожаем различных культур колеблется от 100 до 700 г с 1 га. Вынос меди измеряется десятками граммов с 1 га, а цинка – от 0,07 кг (капуста) до 1,5 (картофель, горчица) и 2,2 кг (сахарная свекла) с 1 га.

## 8. ПОДГОТОВКА ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦОВ К АНАЛИЗУ

Цель: *Подготовить почвенные образцы к анализу.*

### **Теоретическое обоснование:**

Результаты любого анализа почвы зависят от правильного отбора проб и предварительной их обработки.

Перед внедрением программы отбора проб очень важно определить задачи отбора и, исходя из них, основные факторы, которые следует принимать во внимание при определении места, частоты, длительности, спо-

соба обора и обработки проб, а также при выборе оборудования для проведения анализа.

В зависимости от цели, пробы почвы берут либо из пахотного слоя либо по генетическим горизонтам, либо послойно через каждые несколько сантиметров буром определенной конструкции.

Отбор проб почвы проводят, как правило, на исследуемой территории, однородной по таким показателям как рельеф, почва, уровень загрязненности и т.п. При необходимости проводят полевое описание проб. В зависимости от целей исследования размер площадки отбора, количество и вид пробы должны соответствовать указанным в таблице.

### Требования к количеству отобранных проб

Цель исследования	Размер площадки отбора, га		Количество проб по ГОСТ 17.4.3.01
	однородный почвенный покров	неоднородный почвенный покров	
Определение содержания химических веществ	1-5	0,5-1	Не менее одной объединенной пробы
Определение физико-химических свойств и структуры	1-5	0,5-1	От 3 до 5 точечных проб на один почвенный горизонт
Определение патогенных организмов и вирусов	0,1-0,5	0,1	10 объединенных проб, состоящих из 3 точечных проб каждая

Предварительная обработка проб перед анализом. Различают 5 видов предварительной обработки проб перед анализом: сушка, дробление, просеивание, разделение и размалывание (рис. 1).

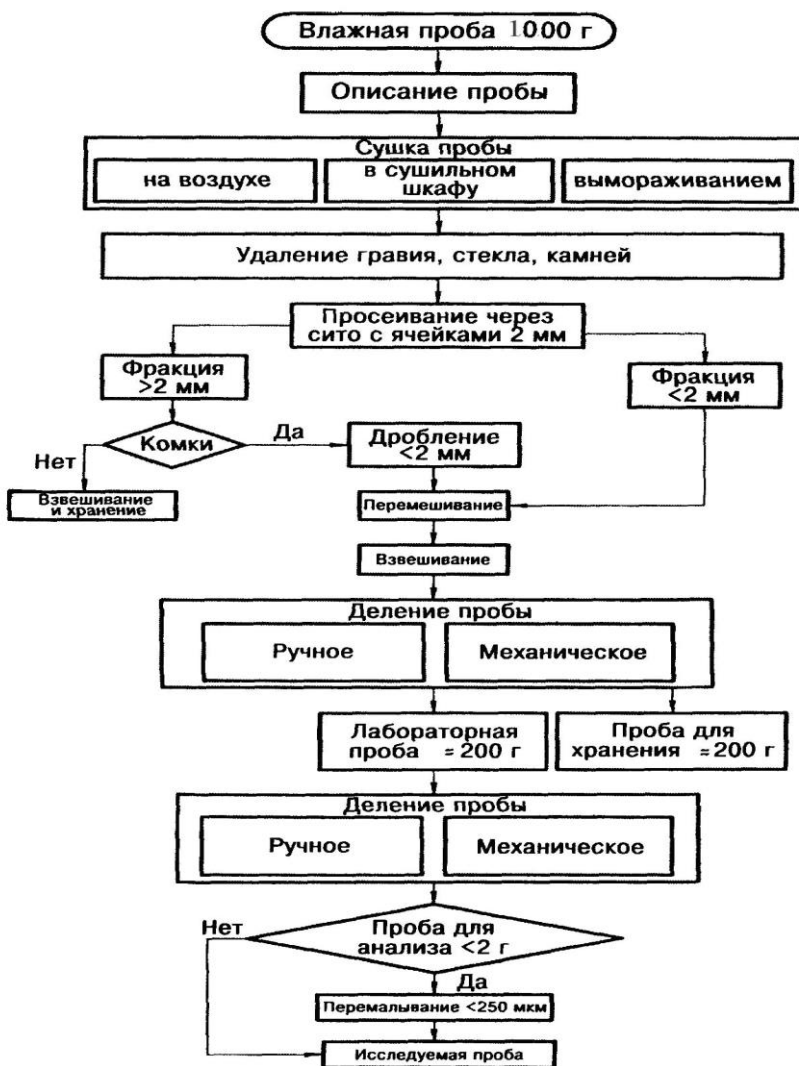


Рис. Схема предварительной обработки проб перед анализом

Все сведения о проведенных операциях по предварительной обработке пробы сводят в отчет. Он должен содержать следующую информацию:

- а) ссылку на соответствующий стандарт;
- б) описание методик обработки пробы, использованного оборудования;

в) полное описание пробы, включая ее массу, наличие загрязнений, цвет, и т. п.;

г) любые детали обработки, не включенные в стандартную методику, а также любые факторы, которые могут повлиять на конечный результат.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Проработать тему по рекомендуемой литературе и практикуму.
2. Законспектировать и выучить методику отбора почвенных проб и подготовки их к анализу.

### **9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБМЕННЫХ $Al^{3+}$ И $H^+$ ПО СОКОЛОВУ**

Цель: *Научиться определять обменную кислотность.*

#### **Теоретическое обоснование:**

Реакция почвенного раствора имеет большое значение для растений и живущих в почве микроорганизмов. Большая часть культурных растений лучше всего произрастает при нейтральной или слабокислой реакции. Кислая и щелочная среды для них губительны. Реакция среды оказывает также большое влияние на биологические и химические процессы в почве. От нее зависит характер поступления питательных веществ в растение. Учитывать реакцию почвенного раствора необходимо также при внесении минеральных удобрений. Так, при внесении хлористого калия на почвах, обладающих обменной кислотностью, в почвенный раствор переходит часть ионов водорода и алюминия, которые могут снизить урожайность произрастающих на этой почве сельскохозяйственных культур.

В зависимости от состояния ионов водорода в почве различают следующие виды кислотности: актуальную (активную) и потенциальную (скрытую) с подразделением ее на обменную и гидролитическую.

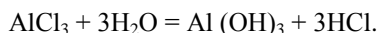
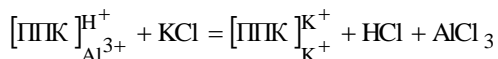
Актуальная кислотность обусловливается повышенной концентрацией ионов водорода в почвенном растворе по сравнению с ионами гидроксида. Она определяется наличием в почвенном растворе водорастворимых кислот: угольной, масляной, щавелевой, лимонной, фульвокислот и гидролитически щелочных солей.

Для суждения о кислотности почвы определяют рН водной и солевой вытяжки. Величина рН водной вытяжки характеризует актуальную кислотность, а солевой – потенциальную кислотность почвы. Величина актуальной кислотности имеет большое значение в жизни растений и почвенных микроорганизмов, которые испытывают ее постоянное воздействие. Ее величина и стабильность определяются, прежде всего, буферными свойствами почвы. Актуальная кислотность тесно связана с потенциальной кислотностью.

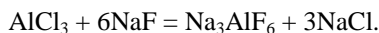
Значение рН солевой вытяжки имеет большое значение при решении вопроса о необходимости известкования почв, а также при внесении ми-

неральных удобрений. В зависимости от величины рН солевой вытяжки различают реакцию почв: 4 – очень сильно кислая; 4,1-4,5 – сильнокислая; 4,6-5 – среднекислая; 5,1-5,5 – слабокислая; 5,6-6 – близкая к нейтральной; 6–7 нейтральная.

**Метод основан** на вытеснении из ППК ионов водорода и алюминия 1,0 н. раствором КСl:



После титрования образовавшейся кислоты рассчитывается величина обменной кислотности, которая обусловлена суммой ионов водорода и алюминия. Последние могут быть осаждены 3,5%-ным раствором фтористого натрия с образованием комплексной нейтральной соли – криолита:



Повторное титрование позволяет определить кислотность, обусловленную только ионами водорода. По разности данных легко провести расчет содержания алюминия.

**Ход анализа.** На технических весах взять навеску средней пробы почвы 40 г. Перенести навеску в колбу емкостью 300 – 500 см<sup>3</sup>. Прилить цилиндром 100 см<sup>3</sup> 1,0 н раствора КСl. Взбалтывать на ротаторе 1 ч. Отфильтровать через воронку с сухим бумажным фильтром (белая лента), отбросив первую порцию фильтрата. Для определения обменной кислотности взять пипеткой 25 см<sup>3</sup> фильтрата в коническую колбу объемом 100 см<sup>3</sup>. На электроплитке кипятить фильтрат 5 мин для удаления углекислого газа. Оттитровать горячий раствор 0,01 н раствором NaOH по фенолфталеину до устойчивой слабо-розовой окраски. В другую коническую колбу взять пипеткой также 25 см<sup>3</sup> фильтрата, прокипятить в течение 5 мин, охладить до комнатной температуры. В охлажденный фильтрат прилить пипеткой 3 см<sup>3</sup> 3,5%-ного раствора фторида натрия. Оттитровать раствор 0,01 н раствором щелочи до слабо-розовой окраски по фенолфталеину.

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

1. Обменная кислотность, обусловленная ионами Н<sup>+</sup> и Al<sup>3+</sup> (в ммоль/100 г абсолютно сухой почвы):

$$H_{\text{обм}} = \frac{V_{\text{KOH}} \cdot N \cdot p \cdot 100 \cdot K_{\text{H}_2\text{O}}}{m}, \text{ где}$$

$V_{\text{кон}}$  – объем щелочи, пошедшей на титрование,  $\text{см}^3$ ;  $N$  – концентрация щелочи, моль-экв/л;  $p$  – разведение;  $K_{\text{H}_2\text{O}}$  – коэффициент влажности;  $m$  – навеска воздушно-сухой почвы, г.

2. Расчет кислотности, обусловленной ионами  $\text{H}^+$ , тот же по результатам второго титрования после осаждения алюминия.

3. Расчет содержания ионов  $\text{Al}^{3+}$ :

$$(\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}) - \text{H}^+ = \text{Al мэкв}/100 \text{ г почвы.}$$

Умножив полученное значение на 9 (эквивалент Al), узнаем количество обменного алюминия в  $\text{мг}/100 \text{ г почвы}$ .

#### **Аппаратура и материалы:**

1. Весы лабораторные 3-го класса точности с наибольшим пределом взвешивания 500,0 г (ГОСТ 24104) или аналогичные.
2. Ротатор
3. Колбы мерные 2-го класса точности (ГОСТ 1770) объемом 500 и 1000  $\text{см}^3$ .
4. Колбы конические (ГОСТ 25336) объемом 500  $\text{см}^3$ .
5. Цилиндр мерный (ГОСТ 1770) объемом 100  $\text{см}^3$ .
6. Воронка лабораторная (ГОСТ 25336).
7. Бюретка со стеклянным краном (ГОСТ 1770) объемом 25 мл.
8. Бумага фильтровальная (ГОСТ 12026).

#### **Реактивы:**

1. Хлорид калия (ГОСТ 4234 «хч»), 1,0 н раствор.
2. Гидроксид натрия (ГОСТ 4328 «чда»), 0,01 н раствор.
3. Натрия фторид (ГОСТ 4463 «чда»), 3,5%-ный раствор.
4. Фенолфталеин, индикатор, 1%-ный спиртовой раствор.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. *Что такое обменная кислотность.*
2. *В каких единицах измеряется величина обменной кислотности.*
3. *Для чего необходимо знать величину обменной кислотности.*
4. *Влияет ли величина обменной кислотности на питание растений.*

## 10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ ПО КАППЕНУ

Цель: *Научиться определять гидролитическую кислотность.*

#### **Теоретическое обоснование:**

Эта форма кислотности обусловлена ионами водорода, более прочно связанными в почвенном поглощающем комплексе и способными обмениваться на основания только в нейтральной или щелочной среде. Эти ионы водорода труднее замещаются на основания и вытесняются в раствор только гидролитически щелочными солями. В качестве гидролитически щелочной соли применяется уксуснокислый натрий, который в водном растворе образует уксусную кислоту и сильное основание – рН раствора 8,2.

Гидролитически щелочная соль взаимодействует как с ППК, так и с почвенным раствором, таким образом, в данном случае определяется общая кислотность почвы, которая включает актуальную и потенциальную кислотность. Гидролитическую кислотность выражают в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы. Установлено, что таким путём вытесняется не весь водород, поэтому при расчёте вводят коэффициент 1,75 – поправка на полноту вытеснения водорода. Величина гидролитической кислотности используется для расчёта дозы извести при известковании кислых почв.

**Метод основан** на вытеснении из ППК ионов водорода 1,0 н. раствором уксуснокислого натрия.

**Ход анализа.** На теххимических весах взвешивают 40 г воздушно-сухой почвы. Переносят навеску в колбу ёмкостью 250 – 300 см<sup>3</sup>. Приливают 100 см<sup>3</sup> 1н раствора уксуснокислого натрия. Взбалтывают на ротаторе 1 час или взбалтывают 15 минут и оставляют на ночь.

Отфильтровывают через воронку с бумажным складчатым фильтром, отбросив первые порции фильтрата. 50 см<sup>3</sup> фильтрата переносят в коническую колбу объёмом 100 см<sup>3</sup>.

Приливают 2-3 капли фенолфталеина и оттитровывают образующуюся кислоту 0,1 н раствором щёлочи до устойчивой слабо-розовой окраски.

**Гидролитическую кислотность рассчитывают по формуле:**

$$N_{г} [\text{мг - экв}/100 \text{ г почвы}] = \frac{(V_{\text{кон}} \cdot N_{\text{кон}}) \cdot P \cdot 100 \cdot K \cdot 1,75}{m}$$

где P – разведение (100/50 = 2),

V<sub>кон</sub> – количество щёлочи, пошедшее на титрование, мл

N<sub>кон</sub> – нормальность щёлочи, мл

1,75 – коэффициент на полноту вытеснения ионов водорода из ППК,

m – навеска почвы, г,

K – коэффициент пересчета на абсолютно сухую почву.

#### **Аппаратура и материалы:**

1. Весы лабораторные 3-го класса точности с наибольшим пределом взвешивания 500,0 г (ГОСТ 24104) или аналогичные.
2. Ротатор.
3. Ступки фарфоровые №3 (ГОСТ 9147).
4. Пестик фарфоровый.
5. Сито с диаметром отверстий 1 или 2 мм (ГОСТ 3584).
6. Колбы конические (ГОСТ 25336) объёмом 100 и 250 см<sup>3</sup>.
7. Пипетки мерные 2-го класса точности объёмом 10 и 25 см<sup>3</sup> (ГОСТ 20292).
8. Бумага фильтровальная (ГОСТ 12026).

#### **Реактивы:**

1. Уксуснокислый натрий, 1н раствор с рН 8,3 - 8,4.
2. Гидроксид натрия (ГОСТ 4328 «чда»), 0,1 н раствор.
3. Фенолфталеин, 1%-ный спиртовой раствор.

### Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое гидролитическая кислотность?
2. Влияет ли гидролитическая кислотность на питание растений?
3. Для чего необходимо знать величину гидролитической кислотности?
4. Какая кислотность больше: Нобм. или Нг.?

## 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ КИСЛОТНОСТИ. ХИМИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ

Цель: Научиться определять степень кислотности почвы, нуждаемости в известковании и дозы известки.

### Теоретическое обоснование:

Для установления потребности почв в известковании в практике часто используют показатели рН солевой вытяжки. Многочисленные эксперименты, проведенные в Нечерноземной зоне, показали, что для многих сельскохозяйственных культур на почвах с содержанием гумуса менее 5% при рН 4,5 потребность в известковании сильная, при рН 4,6-5 - средняя, при рН 5,1-5,5 - слабая, при рН 5,5 - отсутствует. Однако более точная оценка кислотности почвы, а отсюда и определение нуждаемости ее в известковании могут быть установлены не только по величине рН солевой вытяжки, но и с учетом показателей механического состава, степени насыщенности почвы основаниями, так как при одинаковой величине рН растения больше страдают от кислотности на тех почвах, которые меньше насыщены основаниями (табл.).

### Определение нуждаемости почвы в известковании по рН и степени насыщенности основаниями

Почвы	Нуждаемость в известковании							
	сильная		средняя		слабая		отсутствует	
	рН <sub>к</sub> сл.	V,%	рН <sub>к</sub> сл.	V,%	рН <sub>к</sub> сл.	V,%	рН <sub>к</sub> сл.	V,%
Тяжело- и средне-суглинистые	Ниже 4,5	Ниже 50	4,5-5,0	50-60	5,0-5,5	65-75	Выше 5,5	Выше 75
Легкосуглинистые	4,5	40	4,5-5,0	40-60	5,0-5,5	60-70	5,5	70
Супесчаные и песчаные	4,5	35	4,5-5,0	35-40	5,0-5,5	50-60	5,5	60

Действительно, в кислых почвах часть мест в ППК замещена ионами водорода. Чем больше эта часть, тем кислее почва. Если за меру всей обменной поглотительной способности почвы (E) принять общее количество катионов, которые она способна удерживать, то  $E=S+Hr$ , где S -



сумма поглощенных оснований,  $H_g$  - гидролитическая кислотность. Обычно насыщенность почв основаниями выражают в относительных величинах:

$$V = \frac{S \cdot 100}{S + H_g}$$

Показатель степени насыщенности почвы основаниями ( $V$ , %) позволяет более правильно подойти к обоснованию вопроса о необходимости известкования и возможности фосфоритования почвы. Далеко не всегда при большей абсолютной величине гидролитической кислотности почва сильнее нуждается в известковании.

По кислотности почв и нуждаемости в известковании устанавливают очередность известкования почв, принимая во внимание и чувствительность ведущих культур севооборота к почвенной реакции. После установления очередности известкования определяют необходимые нормы извести.

**Расчет норм извести.** В мировой практике сельского хозяйства наиболее широко распространены способы определения норм извести по механическому составу почвы и величине рН.

Однако результаты агрохимической службы страны показали, что внесение извести в норму, определенной по величине рН и механическому составу, на многих почвах не обеспечивают необходимого сдвига реакции.

Для более точного определения норм извести используют величину гидролитической кислотности. Практически норма извести, установленная по этому показателю, в полевых условиях из-за неполного перемешивания извести и неполного взаимодействия с почвой понижает кислотность до рН 5,5-6,5, т. е. до уровня, благоприятного для возделывания большей части полевых сельскохозяйственных культур.

Нормы извести рассчитывают на основании эквивалентной массы извести, а также массы пахотного слоя на площади 1 га (обычно принято, что слой толщиной 20 см имеет массу 3 000 000 кг).

Для нейтрализации 1 мг-экв ионов водорода в 100 г почвы требуется 1 мг-экв или 50 мг  $CaCO_3$ , а на 1 кг — 500 мг. Умножив эту величину на массу пахотного слоя (3 000 000 кг) и разделив на  $10^9$  (для пересчета мг в т), после сокращения получаем дозу  $CaCO_3$  (в т/га):

$$\frac{H_g \cdot 500 \cdot 3\,000\,000}{1\,000\,000\,000} = H_g \cdot 1,5.$$

Необходимо учитывать, что избыточное известкование может быть таким же вредным, как и недостаточное. Известь, внесенная в избыточных количествах, снижает доступность для растений фосфора, марганца, бора, цинка, калия.

Применяемые известковые удобрения содержат в своем составе различные примеси и влагу, а также так называемые недействительные частицы, которые являются балластом. К недействительным относятся следующие фракции: для известняковой муки из пород твердостью частиц более 600 кг/см<sup>3</sup> и металлургических шлаков - частицы крупнее 1 мм, для известняковой муки из пород твердостью менее 600 кг/см<sup>3</sup> - частицы крупнее 3 мм и частицы от 1 до 3 мм - 50%, для меловой муки - частицы крупнее 5 мм.

Дозу конкретного известкового материала (в т/га) рассчитывают по формуле:

$$D_{\text{к}} = \frac{100^3 \cdot D_{\text{CaCO}_3} \cdot x}{(100 - V) \cdot (100 - K) \cdot П}, \text{ где}$$

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

$x$  - коэффициент для учета глубины мелиорируемого слоя (20 см - 1,0; 25-1,25; 30-1,5);

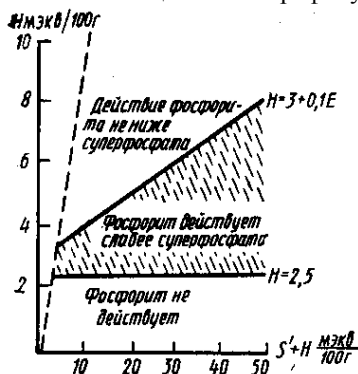
$V$  - содержание влаги %;

$K$  - количество недействительных частиц, %;

$П$  - содержание  $\text{CaCO}_3$  в пересчете на сухую массу, %.

**Установление целесообразности замены суперфосфата фосфоритной мукой.** Фосфоритная мука для большей части сельскохозяйственных культур становится достаточно хорошим источником фосфорного питания только тогда, когда почва имеет повышенную кислотность, достаточную для разложения фосфоритной муки.

Если известны величина гидrolитической кислотности и сумма поглощенных оснований, то прогноз действия фосфоритной муки на данной почве можно оценить по графику (рис.).



Полное действие фосфоритной муки наблюдается тогда, когда емкость поглощения и степень насыщенности почвы основаниями характеризуется следующими соотношениями:  $E$  (мэкв) = 10, 20, 30, 40, 50;  $V$  (%) = 60, 75, 82, 83, 84.

Наилучший прогноз возможной эффективности фосфоритной муки, таким образом, обеспечивается, когда сравнивают три показателя: гидrolитическую кислотность, емкость поглощения и степень насыщенности почвы основаниями. Ряд растений (люпин, гречиха, горчица и некоторые др.) довольно хорошо используют фосфор фосфоритной муки и на почвах с нейтральной реакцией.

**Задачи:**

**№1:** Сумма поглощенных оснований равна 40 мг-экв на 100 г почвы, гидролитическая кислотность 10 мг-экв на 100 г почвы. Определить степень насыщенности основаниями.

**№2:** Сумма поглощенных оснований равна 32 мг-экв на 100 г почвы, гидролитическая кислотность 8 мг-экв на 100 г почвы. Определить степень насыщенности основаниями.

**№3:** Сумма поглощенных оснований равна 70 мг-экв на 100 г почвы, гидролитическая кислотность 5 мг-экв на 100 г почвы. Определить степень насыщенности основаниями.

**№4:** Рассчитать дозу извести, если гидролитическая кислотность равна 7,2 мг-экв на 100 г почвы.

**№5:** Рассчитать дозу извести, если гидролитическая кислотность равна 8,4 мг-экв на 100 г почвы.

**№6:** Рассчитать дозу извести, если гидролитическая кислотность равна 6,8 мг-экв на 100 г почвы.

**№7:** Определить нуждаемость в известковании и дозу извести тяжелосуглинистой почвы, если pH 4,4; степень насыщенности основаниями 48%.

**№8:** Определить нуждаемость в известковании и дозу извести супесчаной почвы, если pH 4,8; степень насыщенности основаниями 36%.

**№9:** Определить нуждаемость в известковании и дозу извести легкосуглинистой почвы, если pH 5,6; степень насыщенности основаниями 80%.

**№10:** Рассчитать дозу известняковой муки для легкосуглинистой дерново-подзолистой почвы, если величина гидролитической кислотности равна 5,6 мг-экв на 100 г почвы, глубина мелиорируемого слоя 25 см, содержание влаги 5%, количество недействительных частиц 8%, содержание  $\text{CaCO}_3$  85%.

**№11:** Рассчитать дозу известняковой муки для суглинистой светло-серой лесной почвы, если величина гидролитической кислотности равна 4,8 мг-экв на 100 г почвы, глубина мелиорируемого слоя 30 см, содержание влаги 3%, количество недействительных частиц 5%, содержание  $\text{CaCO}_3$  90%.

**№12:** Определить целесообразность применения фосфоритной муки, если величина гидролитической кислотности равна 3,6 мг-экв на 100 г почвы, ёмкость поглощения 30 мг-экв на 100 г почвы, а степень насыщенности 70%.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. *Какие показатели используют при установлении потребности почвы в известковании.*

2. *Назовите методы расчета доз извести.*

3. *Какие показатели используются при пересчете нормы извести в известковые удобрения.*

4. *При каких условиях целесообразно заменять суперфосфат фосфоритной мукой.*

## 12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПОЧВАХ

Цель: *Ознакомиться с методами определения содержания подвижных форм N, P и K в почвах*

### 12.1.1 Определение нитратного азота с помощью ионоселективного электрода

**Метод основан** на определении концентрации нитратов в почве с помощью ионоселективного электрода в солевой суспензии 1%-го раствора алюмокалиевых квасцов при соотношении проба : раствор 1:2,5.

Метод используют для определения нитратов во всех почвах, кроме засоленных.

**Ход анализа.** Пробу сухой почвы (навеска 20 г), просеянной через сито с диаметром отверстий 2 мм, помещают в конические колбы объемом 100 см<sup>3</sup> и приливают 50 см<sup>3</sup> 1%-го раствора алюмокалиевых квасцов и перемешивают в течение 3 мин. В полученной суспензии нитратным ионоселективным электродом измеряют активность нитрат-иона в мВ.

Концентрацию ионов NO<sub>3</sub> находят по калибровочному графику, построенному на миллиметровой бумаге. По оси абсцисс откладывают величины pNO<sub>3</sub>, соответствующие стандартным растворам KNO<sub>3</sub> в молях, а по оси ординат – ЭДС, мВ. Для этого перед измерением активности исследуемых образцов проводят измерение ЭДС электродной пары в стандартных растворах.

**Полученные значения pNO<sub>3</sub> рассчитывают по формуле:**

$$N - NO_3[\text{мг} / \text{кг}] = \frac{10^{-pNO_3} \cdot 14 \cdot V \cdot 10^3}{m}$$

где, 14 - атомная масса азота, г; V - объем экстрагирующего раствора, см<sup>3</sup>; m - масса пробы почвы, г; pNO<sub>3</sub> - отрицательный логарифм концентрации нитрат-ионов.

**Стандартные растворы:**

Исходный 0,1 М раствор KNO<sub>3</sub>: взвешивают 10,11 г соли KNO<sub>3</sub>, предварительно перекристаллизованной и высушенной при 105°C, растворяют в 1%-м растворе алюмокалиевых квасцов в колбе объемом 1000 см<sup>3</sup> и доводят до метки тем же раствором.

Далее из него путем разбавления 1%-м раствором алюмокалиевых квасцов готовят стандартные растворы с концентрацией 0,01 М, 0,001 М и 0,0001 М KNO<sub>3</sub>. Растворы хранят в холодильнике в течение месяца.

### 12.1.2. Определение обменного аммония

**Ход анализа.** На технических весах берут навеску свежей почвы массой 5 г и переносят в колбу ёмкостью 250 - 300 см<sup>3</sup>. Приливают из бюретки 150 см<sup>3</sup> 0,05н раствора NaCl. Взбалтывают на ротаторе 1 час.

Отфильтровывают раствор через воронку с сухим складчатым фильтром, отбросив первую порцию фильтрата. Берут пипеткой 5 - 40 см<sup>3</sup> (в зависимости от ожидаемого количества азота) прозрачного раствора в мерную колбу на 50 см<sup>3</sup>. Если количество взятого испытуемого раствора меньше 20 см<sup>3</sup>, добавляют дистиллированной воды до объёма 20 см<sup>3</sup>. В аликвоте определяют содержание аммония колориметрически с реактивом Несслера.

**Содержание аммония рассчитывают по формуле:**

$$\text{NH}_4 \text{ [мг /100г почвы]} = \frac{a \cdot P \cdot 100 \cdot K}{m}$$

где: а – количество аммония по графику, мг;

Р – разведение,

К – коэффициент пересчета на абсолютно сухую почву,

m – навеска, г;

100 – пересчёт на 100 г почвы.

### 12.2.1. Определение подвижных форм фосфора и калия по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207)

Данный метод используют для определения подвижных соединений фосфора и калия в подзолистых, дерново-подзолистых, серых лесных и других почвах лесной зоны, но он не распространяется на почвенные горизонты, содержащие карбонаты.

**Метод основан** на извлечении подвижных соединений фосфора и калия из почвы 0,2н раствором соляной кислоты при отношении почвы к раствору 1:5 для минеральных горизонтов и 1:50 для органических горизонтов и последующем определении фосфора фотоколориметрически и калия – на пламенном фотометре.

**Ход анализа.** При анализе проб из минеральных горизонтов почв, навеску почвы массой 10 ± 0,1 г помещают в коническую колбу и приливают 50 см<sup>3</sup> 0,2н раствора соляной кислоты.

Почву с раствором перемешивают в течение 1 мин и оставляют на 15 мин. Затем суспензию взбалтывают вручную и фильтруют через бумажные фильтры. В полученном фильтрате определяют фосфор (фотоколориметрически) и калий (пламенно-фотометрически).

**Обеспеченность почв подвижными фосфатами (по Кирсанову)**

Степень обеспеченности	Зерновые, зернобобовые	Корнеплоды, картофель	Овощные, технические культуры
Очень низкая	< 3	< 8	< 15
Низкая	8	15	20
Средняя	8 - 15	15 - 20	20 - 30
Высокая	> 15	> 20	> 30

### 12.2.2. Определение подвижных форм фосфора и калия по Чирикову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204).

Данный метод используют для определения подвижных соединений фосфора и калия в черноземах, серых лесных и других почвах степной и лесостепной зон, не распространяется на почвенные горизонты, содержащие карбонаты.

**Метод основан** на извлечении подвижных соединений фосфора и калия из почвы 0,5н раствором уксусной кислоты при отношении почвы к раствору 1 : 25 и последующем определении фосфора фотоколориметрически и калия – на пламенном фотометре.

**Ход анализа.** Пробу почвы массой  $4,0 \pm 0,1$  г помещают в коническую колбу и приливают  $100 \text{ см}^3$  0,5н раствора уксусной кислоты. Почву с раствором перемешивают в течение 1 ч и оставляют на 18 – 20 ч. Затем суспензию взбалтывают вручную и фильтруют через бумажные фильтры.

В полученном фильтрате определяют фосфор (фотоколориметрически) и калий (пламенно-фотометрически).

#### Обеспеченность почв подвижными фосфатами (по Чирикову)

Степень обеспеченности	Зерновые, зернобобовые	Корнеплоды, картофель	Овощные, технические культуры
Очень низкая	< 2	< 5	< 10
Низкая	5	10	15
Средняя	5 - 10	10 - 15	15 - 20
Высокая	> 10	> 15	> 20

#### Содержание доступного фосфора в почве ( $\text{P}_2\text{O}_5$ мг/100 г) и обеспеченность им растений

Обеспеченность растений	Содержание доступного фосфора в почве по методу	
	Кирсанова	Чирикова
очень низкая	2,5	2,0
низкая	2,6 - 5,0	2,1 - 5,0
средняя	5,1 - 10,0	5,1 - 10,0
повышенная	10,1 - 15,0	10,1 - 15,0
высокая	15,1 - 25,0	15,1 - 20,0
очень высокая	25,0	20,0

#### Аппаратура и материалы:

1. Весы лабораторные 3-го класса точности с наибольшим пределом взвешивания 500,0 г (ГОСТ 24104) или аналогичные.
2. Ионмер с ионселективным нитратным электродом.
3. Спектрофотометр или фотоэлектродколориметр.
4. Пламенный фотометр ПАЖ - 2 или аналогичный.
5. Ступки фарфоровые №3 (ГОСТ 9147).
6. Пестик фарфоровый.
7. Колбы мерные 2-го класса точности (ГОСТ 1770) объемом 100 и 1000 см<sup>3</sup>.

8. Колбы конические (ГОСТ 25336) объемом 100 и 500 см<sup>3</sup>.
9. Пипетки мерные 2-го класса точности объемом 2, 5 и 10 см<sup>3</sup> (ГОСТ 20292).
10. Сито с диаметром отверстий 2 мм (ГОСТ 3584).
11. Бумага фильтровальная (ГОСТ 12026).

**Реактивы:**

1. алюмокалиевые квасцы (ГОСТ 4329 «чда»), 1%-ный раствор.
2. Калия нитрат (ГОСТ 4217 «хч»).
3. Хлорид натрия (ГОСТ 4233 «хч»), 0,05н раствор.
4. реактив Несслера (ГОСТ 4517).
5. Гидроксид натрия (ГОСТ 4328 «чда»), 2,0 н раствор.
6. Кислота соляная (ГОСТ 14261 «хч»), 0,2 н раствор.
7. Кислота уксусная (ГОСТ 61 «лед»), 0,5 н раствор.
8. Хлорид калия (ГОСТ 4234 «хч»).

**Изучив и проанализировав методы, заполнить следующую форму:**

Элемент	Экстрагент	Отношение почвы к раствору	Почвы, для которых применим метод	Название метода

**Вопросы для самоконтроля:**

1. *Какие формы азота могут усваивать растения?*
2. *Для чего определяют в почве содержание легкогидролизуемого азота.*
3. *Какими методами определяют содержание подвижных форм Р и К в нейтральных почвах.*
4. *Какими методами определяют содержание подвижных форм Р и К в кислых почвах.*
5. *Какими методами определяют содержание подвижных форм Р и К в щелочных почвах.*

**13. АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ, ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Цель: *Научиться с помощью простейших качественных реакций распознавать минеральные удобрения, освоение методов количественного анализа минеральных, органических удобрений и известковых материалов.*

**13.1. Качественное распознавания основных видов минеральных удобрений**

1. Простые минеральные удобрения могут быть кристаллическими (к ним относятся все азотные, кроме цианамид кальция, и все калийные) и аморфными (к ним относятся все фосфорные и известковые удобрения).

2. Кристаллические удобрения заметно растворимы либо полностью растворимы. Аморфные удобрения, как правило, слабо растворимы или нерастворимы.

3. Гранулометрический состав: азотные удобрения выпускаются в блестящих гранулах и покрыты слабой легкорастворимой гидрофобной плёнкой, за исключением цианамид кальция, сульфата и хлорида аммония; калийные – в виде крупных кристаллов белого или розового цвета (хлорид калия) или мелкокристаллических порошков с серым оттенком – все остальные. Простые фосфорные удобрения представлены матовыми гранулами серо-белого цвета различных оттенков и аморфными порошками, известковые материалы – аморфными порошками различной тонины помола, сложные и комплексные удобрения – матовыми гранулами беловато-серовато-розового оттенка.

4. В состав кристаллических удобрений входят следующие ионы, которые достаточно легко определяются качественными реакциями:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ .

Для определения иона  $\text{NH}_4^+$  используют реакцию удобрения со щёлочью, выделение в этой реакции аммиака при нагревании устанавливается по запаху:  $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ .

Присутствие иона  $\text{NO}_3^-$  устанавливается с помощью дифениламина, который при взаимодействии с нитрат-ионом образует в растворе соединения синего цвета.

Для открытия сульфат-иона используют реакцию с хлоридом бария:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + 2 \text{NH}_4\text{Cl}$ .

Выпадает белый кристаллический осадок.

Для открытия хлорид-иона используют реакцию с нитратом серебра:  $\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{AgCl}\downarrow$

5. Присутствие  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  обнаруживают по окраске пламени: кусочки удобрения помещают в ложку для сжигания и вносят в пламя горелки: калийные соли, особенно селитра, вспыхивают и окрашивают пламя в фиолетовый цвет, натриевые соли – в жёлто-оранжевый, кальциевые – в кирпично-красный.

### **Ход анализа.**

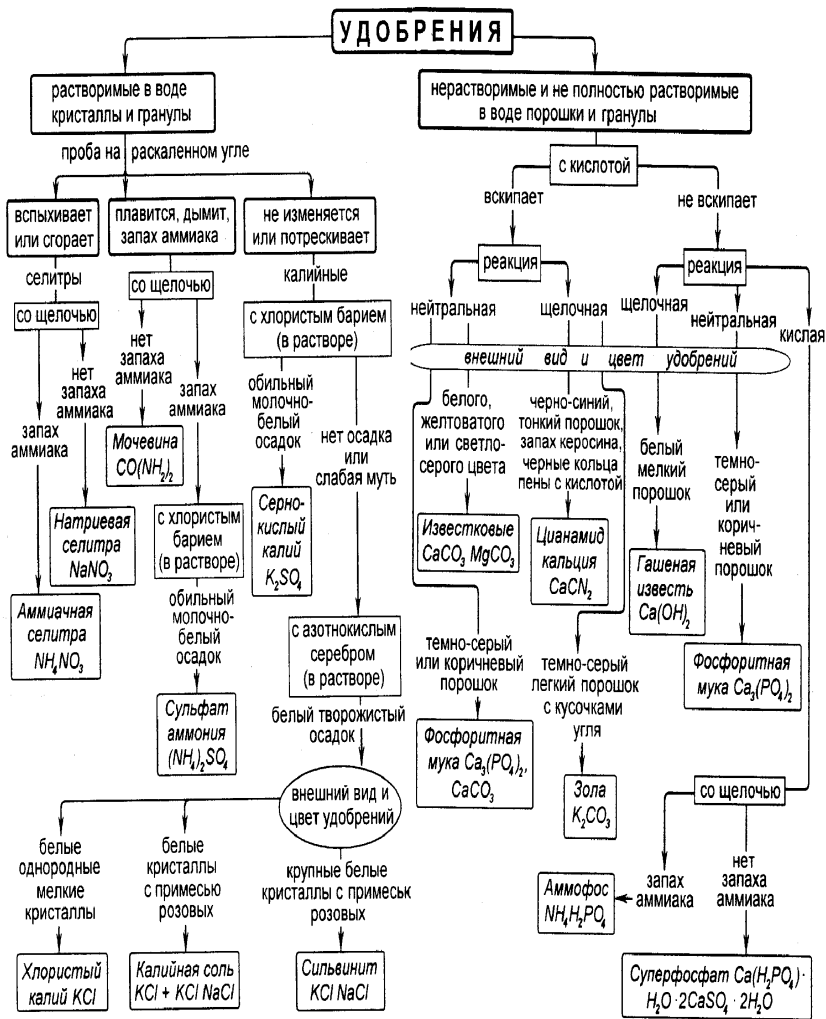
1. Анализ начинают с визуальной оценки удобрения: определяют цвет, запах, характер гранул или кристаллов. Затем около 1 г удобрения помещают в сухую чистую пробирку, добавляют 10 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, хорошо перемешивают, возможно слабое нагревание.

2. Если удобрение растворилось полностью или больше половины, раствор поровну разливают в четыре сухие пробирки для проведения качественных реакций на содержание ионов.

3. В первую пробирку добавляют щёлочь, во вторую – хлорид бария, в третью – азотнокислое серебро, в четвёртую – дифениламин. Реакция со щёлочью даёт возможность установить присутствие в удобрении иона  $\text{NH}_4^+$  по запаху. Добавление хлорида бария – присутствие сульфат-иона  $\text{SO}_4^{2-}$ , образуется белый кристаллический осадок сульфата бария. Реакция



с азотнокислым серебром в третьей пробирке позволяет определить присутствие ионов  $Cl^-$  и  $PO_4^{3-}$  – хлорид серебра выпадает в виде белого творожистого осадка, а фосфат-ион – в виде жёлтого осадка. Реакцию в четвёртой пробирке проводят следующим образом: наносят раствор на фильтровальную бумажку и, после впитывания, добавляют 1 - 2 капли дифениламина. Синее окрашивание указывает на присутствие нитрат-иона.



4. Удобрения, которые дают окрашивание с дифениламином, в сухом виде помещают в ложечку для сжигания и вносят в пламя. При этом

селитры вспыхивают и окрашивают пламя: калийная в фиолетовый цвет, натриевая в жёлтый, кальциевая – в кирпично-красный. При добавлении к водному раствору кальциевой селитры раствора щёлочи, выпадает осадок  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Аммиачная селитра плавится с выделением белого дыма и запаха аммиака.

5. Мочевина хорошо растворяется в воде, однако с перечисленными реактивами никаких характерных реакций не даёт. Порошок удобрения при внесении в пламя дымит и выделяет аммиак.

6. Цианамид кальция  $\text{CaCN}_2$  определяют по цвету, запаху и реакции с кислотой. Это тонко размолотый тёмно-серый порошок, имеет слабый запах нефтепродуктов, практически нерастворим в воде. В пробирку насыпают сухой порошок около 1 г, добавляют соляной кислоты, наблюдают вскипание с образованием чёрной копoteобразной пены. В другую пробирку насыпают примерно столько же удобрения, добавляют 10 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, тщательно взбалтывают, после отстаивания определяют реакцию надосадочной жидкости по лакмусу. Цианамид кальция имеет щелочную реакцию, окрашивая лакмус в синий цвет.

7. Калийные удобрения, исключая калийную селитру, не сгорают и не плавятся на раскалённом угле, а также не дают запаха аммиака. Для них характерно наличие крупных кристаллов или мелкокристаллической смеси. В настоящее время выпускают и применяют следующие виды: хлорид калия  $\text{KCl}$ , сернокислый калий  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , калийную соль  $[(m\text{-KCl } n\text{-NaCl}) + \text{KCl}]$ , калимагнезию ( $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$ ) каинит ( $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ). Эти удобрения различаются по внешнему виду и реакциям на сопутствующий анион.

8. Калийные удобрения растворяются в воде, как описано в п. 1. Калийная соль и каинит дают мутные непрозрачные растворы из-за присутствия промышленных примесей, остальные удобрения дают прозрачные растворы.

9. Калийную соль и каинит различают по ряду химических реакций: каинит даёт в растворе три реакции с образованием осадков - это реакции с азотнокислым серебром, с хлоридом бария и щёлочью ( $\text{NaOH}$ ), где выпадает осадок гидроксида магния; калийная соль даёт реакцию только с азотнокислым серебром, кроме того, натрий, который входит в состав удобрения, окрашивает пламя горелки в жёлтый цвет.

10. Прозрачные растворы дают хлористый калий, сульфат калия, калимагнезия. Реакция с хлоридом бария позволяет выявить и распознать два последних удобрения по наличию кристаллического осадка сульфата бария. Калимагнезию легко отличить от сульфата калия, прибавив в пробирку с раствором удобрения щёлочь, при наличии магния в растворе образуется осадок – гидроксид магния.

**Определение аморфных простых удобрений.** Фосфорные удобрения и известковые материалы представляют матовые гранулы или смеси неупорядоченного гранулометрического состава, цвет – от тёмно-серого до белого, суперфосфаты – удобрения гранулированные.

11. Около 1 г удобрений помещают в пробирку, приливают 2-3 капли 10%-й соляной кислоты, наблюдается вскипание всех известковых материалов, томасшлака и фосфатшлака. Суперфосфат, преципитат, фосфоритная мука не вскипают. Томасшлак и фосфатшлак отличаются от всех известковых материалов по цвету, они имеют тёмно-серый цвет и больший удельный вес. В отличие от других фосфорных удобрений, они имеют щелочную реакцию, поэтому при взаимодействии с водой надосадочная жидкость окрашивается соответствующими индикаторами.

12. Определение фосфат-иона проводят так: 1 г удобрения (если они гранулированные, предварительно растирают в ступке) помещают в пробирку, приливают 30 см<sup>3</sup> воды, встряхивают, отстаивают, сливают надосадочную жидкость в другую пробирку и добавляют 2-3 капли азотнокислого серебра. В присутствии фосфат-иона выпадает осадок жёлтого цвета. В другой порции фильтрата проводят реакцию с хлоридом бария, появление белого осадка свидетельствует о присутствии сульфат-иона, который находится в виде гипса в простом суперфосфате.

13. Фосфоритная мука – тонкий землисто-коричневый порошок, водная вытяжка не даёт характерных реакций, удобрение растворимо только в смеси концентрированных кислот: серной и азотной.

**Определение сложных и комплексных удобрений.** Отечественная промышленность выпускает эти удобрения в виде матовых, серовато-белых или розовато-серых гранул. Их получают при разложении фосфоритного сырья азотной кислотой или при нейтрализации фосфорной и азотной кислот аммиаком. Получают нитрофоску, нитроаммофоску, нитрофос, нитроаммофос, аммофос и полное минеральное удобрение (NPK-удобрение) для защищенного грунта.

Удобрение	Катионы и анионы в составе удобрений						
	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
нитрофоска	+	+	+	+	+	+	+
нитрофос	-	+	+	+	+	-	+
аммофос	-	-	+	-	-	-	+
нитроаммофоска	+	-	+	+	-	+	+

Гранулированные удобрения растирают в фарфоровой ступке, около 1 г удобрения помещают в пробирку, приливают 10 см<sup>3</sup> воды, осторожно нагревают, достигая возможно полного растворения осадка, отстаивают, надосадочную жидкость разливают примерно поровну в шесть пробирок, проводят качественные реакции на соответствующие ионы, так же как при анализе простых удобрений.

### 13.2. Количественный анализ минеральных удобрений

Содержание действующего вещества в основных видах минеральных удобрений

Удобрение	Содержание действующего вещества, %					Нормативный документ
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	
Азофоска (марка 1-1-1)	16	16	16	–	–	ТУ 113-03-466-91
Азофоска (марка 2-1-1)	21	11	11	–	–	ТУ 113-03-466-91
Аммиак водный	20,5	–	–	–	–	ГОСТ 9-92
Аммиак жидкий	82	–	–	–	–	ГОСТ 6221-90
Аммофос	12	50	–	–	–	<a href="http://server.../Библиотек а/ИКС/manhtml/start .html">\\server\...Библиотек а\ИКС\manhtml\start .html</a> ГОСТ 18918-85
Калия сульфат	–	–	48	–	–	ТУ 48-0114-66-91
Калий хлористый	–	–	60	–	–	ГОСТ 4568-83
Калимагнезия	–	–	28	–	10	ТУ 6-05743160.002-94
Калимагнезия аммониевая	7	–	9	–	12	ТУ 2184-051-00209527-95
Мочевина	46,2	–	–	–	–	ГОСТ 2081-92
Мука фосфоритная	–	19	–	–	–	ГОСТ 5716-74
Нитрофоска (марка 1-1-1)	11	10	11	–	–	ГОСТ 11365-75
Селитра аммиачная	34,2	–	–	–	–	ГОСТ 2-85
Селитра калийная	13,8	–	46	–	–	Спецификация Кемира № 4
Селитра кальциевая Кемира	15	–	–	19	–	Спецификация Кемира № 7
Селитра натриевая	16	–	–	–	–	ГОСТ 828-77
Соль калийная, 40%	–	–	40	–	–	ТУ 113-13-13-82
Сульфат аммония	21	–	–	–	–	ГОСТ 9097-82
Суперфосфат двойной	–	46	–	–	–	ГОСТ 16306-80
Суперфосфат простой	–	20	–	–	–	ГОСТ 5956-78

## Ход анализа.

### 1. Определение гигроскопической воды высушиванием.

2 - 3 г удобрения помещают в бюкс, предварительно высушенный до постоянной массы, и взвешивают с погрешностью не более 0,0002 г.

При определении воды в калимагнезии и калийно-магниевом концентрате навеску взвешивают с удвоенным количеством углекислого натрия, сверху покрывают тонким слоем углекислого натрия и снова взвешивают.

Бюкс с удобрением помещают в термостат и сушат с открытой крышкой в течение 3 ч, аммиачную селитру сушат 2 ч. Затем бюкс закрывают и охлаждают в эксикаторе, выдерживая перед взвешиванием не менее 30 мин.

**Массовую долю воды (X) в процентах вычисляют по формуле:**

$$X = \frac{(m - m_1) \cdot 100}{m_2}$$

где  $m$  – масса пробы и бюкса до высушивания, г;  $m_1$  – масса бюкса с пробой после высушивания, г;  $m_2$  – масса навески, г.

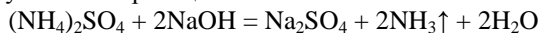
### Температура сушки различных удобрений

Наименование удобрения	Температура сушки, °С
Карбамид (мочевина), аммофос, нитрофоска, нитроаммофоска, нитроаммофос	65 - 70
Сложно-смешанные удобрения, суперфосфат, простой аммонизированный и двойной суперфосфат	75 - 80
Аммиачная селитра, хлористый калий, сернокислый калий, простой суперфосфат, 40%-я калийная смешанная соль, преципитат удобрительный, фосфоритная мука	100
Калимагнезия, калийно-магниевый концентрат, калий сернокислый	200 - 250*

Примечание. \* Определяется общая вода

### 2. Определение аммиачного азота методом открытого кипячения

Определение основано на том, что при кипячении раствора удобрения, содержащего азот в аммонийной форме, с раствором щёлочи образующийся аммиак улетучивается. Его количество эквивалентно количеству щёлочи вступившей в реакцию.



Избыток щёлочи, не вступившей в реакцию, оттитровывают кислотой соответствующей нормальности. В работе используются растворы кислоты и щёлочи точно установленной нормальности.

Растирают в фарфоровой ступке 30 - 40 г аммиачного удобрения. Берут на техномических весах навеску 10 г (в двукратной повторности), переносят в химический стакан объёмом 150 – 200 см<sup>3</sup>, растворяют в дистиллированной воде, размешивая стеклянной палочкой. Отфильтровывают раствор в мерную колбу ёмкостью 200 см<sup>3</sup>, доводят водой до метки, закрывают и взбалтывают.

Берут пипеткой 25 см<sup>3</sup> фильтрата в колбу коническую объёмом 100 см<sup>3</sup>, приливают к нему из бюретки 50 см<sup>3</sup> 0,5н раствора щёлочи. Перемешивают раствор, закрывают маленькой воронкой, кипятят на электроплитке или горелке под тягой, упаривая раствор до 1/3 первоначального объёма. Раствор охлаждают до комнатной температуры, стенки воронки и колбы омывают холодной дистиллированной водой из промывалки.

Титруют избыток щёлочи 0,5 н. раствором Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, из бюретки прибавив 2-3 капли фенолфталеина, до перехода малиновой окраски в бесцветную.

$$N[\%] = \frac{(a \cdot N_{щ} - b \cdot N_{к}) \cdot 0,014 \cdot P \cdot 100}{m}$$

где а – количество щёлочи, прилитое к раствору удобрения, см<sup>3</sup>; N<sub>щ</sub> – нормальность щёлочи; b – количество серной кислоты пошедшей на титрование, см<sup>3</sup>; N<sub>к</sub> – нормальность серной кислоты; P – разведение 200/25 = 8; 0,014 – мг-экв азота; m – навеска удобрения, г;

### **3. Определение суммы аммиачного и амидного азота (ГОСТ 20851.1)**

**Сущность метода** заключается в минерализации азота серной кислотой до аммиачного азота с последующим взаимодействием его с формальдегидом и титрованием выделившейся кислоты гидроокисью натрия.

**Ход анализа.** 1 - 2,5 г удобрения, в зависимости от содержания азота, взвешивают (с погрешностью не более 0,0002 г) и помещают в коническую колбу из термостойкого стекла вместимостью 250 см<sup>3</sup>, прибавляя от 5 - 10 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты.

Если удобрения жидкие, то 25 см<sup>3</sup> продукта помещают в мерную колбу вместимостью 250 см<sup>3</sup>, доводят объём водой до метки, отбирают пипеткой 10 см<sup>3</sup> раствора и помещают в колбу из термостойкого стекла.

Содержимое колбы перемешивают и осторожно нагревают на колбонагревателе или электроплитке (с асбестовой сеткой) до прекращения бурного выделения пузырьков углекислого газа. Затем нагрев увеличивают и кипятят до полного прекращения выделения отдельных пузырьков

углекислого газа и появления белых паров серной кислоты, нагревают еще 10 мин, после этого содержимое колбы охлаждают. После охлаждения в колбу осторожно приливают 50 см<sup>3</sup> воды, добавляют 1 - 2 капли индикатора метилового красного и нейтрализуют избыток кислоты 5н раствором гидроксида натрия до перехода розовой окраски раствора в желтую. Затем по каплям добавляют 0,5н раствор серной кислоты до появления розового оттенка.

К нейтрализованному раствору прибавляют 20 - 40 см<sup>3</sup> 25%-го раствора формалина, 5 капель смешанного индикатора и через 1 - 2 мин титруют выделившуюся кислоту 0,5н или 1н раствором гидроокиси натрия до появления малиновой окраски, не исчезающей в течение 1 - 1,5 мин.

Раствор после прибавления формалина приобретает розовую окраску. По мере титрования окраска раствора переходит вначале в желтый цвет, а затем в малиновый, что указывает на конец титрования.

**Общую массовую долю азота в процентах вычисляют по формуле:**

$$X = \frac{V \cdot K \cdot 100}{m}$$

**Общую массовую долю азота в жидких удобрениях в процентах:**

$$X = \frac{V \cdot K \cdot 250 \cdot 100}{25 \cdot \rho \cdot 10}$$

где V – объем точно 1н или 0,5н раствора гидроксида натрия, израсходованный на титрование, см<sup>3</sup>; K – масса азота, соответствующая 1 см<sup>3</sup> раствора гидроксида натрия (для 0,5н раствора K = 0,007, для 1н раствора K = 0,014), г; m – масса навески, г; ρ – плотность жидких удобрений при 20°C, определяемая в стандартах на жидкие удобрения, г/см<sup>3</sup>.

#### **4. Определение общего фосфора (ГОСТ 20851.2)**

**Ход анализа.** 1,0 г удобрения, взвешенного с погрешностью не более 0,0002 г, переносят в стакан или коническую колбу вместимостью 250 - 300 см<sup>3</sup>, смачивают 5 - 10 см<sup>3</sup> воды и добавляют 50 см<sup>3</sup> 20% азотной кислоты. Стакан накрывают часовым стеклом и нагревают сначала медленно, а затем доводят до кипения и медленно кипятят 30 мин, время от времени перемешивая стеклянной палочкой.

После кипячения раствор разбавляют водой вдвое и переносят вместе с осадком в мерную колбу вместимостью 250 см<sup>3</sup>, тщательно обмывая стенки водой. После охлаждения до комнатной температуры объем раствора доводят водой до метки, перемешивают и фильтруют, отбрасывая первые порции фильтрата. Полученный раствор используют для определения общего фосфора.

## 5. Определение содержания калия (ГОСТ 20851.3)

### Ход анализа.

Для подготовки анализируемого раствора взвешивают 5 г просеянной пробы с погрешностью не более 0,001 г, помещают в мерную колбу вместимостью 500 см<sup>3</sup>, добавляют 150 - 200 см<sup>3</sup> воды, доводят до кипения и кипятят в течение 19 минут. Затем раствор охлаждают, доводят водой до метки, перемешивают и фильтруют через сухой складчатый фильтр в сухой стакан, отбрасывая первую порцию фильтрата объемом 50 см<sup>3</sup>.

При анализе сложных удобрений подготовку анализируемого раствора допускается проводить следующим образом: 5 г анализируемого продукта взвешивают с погрешностью не более 0,001 г, помещают в мерную колбу вместимостью 500 см<sup>3</sup>, приливают 400 см<sup>3</sup> воды и перемешивают на механическом встряхивателе в течение 30 мин. Затем объем раствора доводят водой до метки, перемешивают и фильтруют через фильтр «синяя лента», первые порции фильтрата отбрасывают.

В присутствии двойных сульфатов растворение проводят в слабом растворе соляной кислоты при слабом кипячении. Данные о количествах соляной кислоты в процессе растворения (времени и температуре нагревания) устанавливаются нормативно-технической документацией на конкретный продукт.

В полученном фильтрате определяют калий пламенно-фотометрическим методом.

### 13.3. Количественный анализ органических удобрений

Содержание действующего вещества в основных видах органических удобрений

Удобрение	Содержание действующего вещества, %			Нормативный документ
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Компост торфо-навозный	1	1	1	ТУ 10
Навоз жидкий КРС	0,1	0,06	0,1	ОСТ 10-118-96
Навоз жидкий свиной	0,13	0,09	0,07	ОСТ 10-118-96
Навоз твердый КРС	5,5	2,5	4	
Навоз твердый свиной	5,5	3	3,5	
Помет птичий жидкий	0,15	0,15	0,06	ОСТ 10-118-96



### **Ход анализа.**

#### **1. Определение влаги и сухого остатка (ГОСТ 26713)**

Из пробы, подготовленной для анализа, отбирают после ее тщательного перемешивания не менее чем из пяти точек навески массой 15 - 20 г для определения массовой доли влаги, 150 - 200 г для определения массовой доли сухого остатка. Взвешивания производят с погрешностью не более 0,1 г.

Бюксы предварительно высушивают в сушильном шкафу при температуре 105 - 110°C до постоянной массы и взвешивают с погрешностью не более 0,1 г.

При определении массовой доли сухого остатка навеску органического удобрения помещают в бюкс, помещают его на водяную баню и выпаривают досуха при периодическом помешивании стеклянной палочкой. Затем бюкс переносят в предварительно нагретый сушильный шкаф и высушивают при температуре 105 - 110°C до постоянной массы. Первое взвешивание проводят через 1 ч, повторное через 10 мин. Каждый раз перед взвешиванием бюкс с навеской охлаждают на воздухе в течение 30 мин.

Анализ считается законченным, если разность результатов двух последующих взвешиваний не превышает 0,1 г.

**Массовую долю сухого остатка (X) в процентах вычисляют по формуле:**

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100$$

где  $m_1$  – масса бюкса со стеклянной палочкой и сухим остатком, г;  $m_2$  – масса бюкса со стеклянной палочкой, г;  $m$  – масса навески, г.

**Массовую долю влаги (X) в процентах вычисляют по формуле:**

$$X_1 = 100 - X$$

#### **2. Определение массовой доли золы (ГОСТ 26714)**

**Ход анализа.** Для определения массовой доли золы используют сухой остаток навески после определения массовой доли влаги. Из сухого остатка после его тщательного перемешивания отбирают не менее чем из 5 точек навеску для анализа. Масса навески должна быть 3 г. Взвешивание производят с погрешностью не более 0,001 г.

Фарфоровые тигли предварительно должны быть прокалены в муфельной печи при температуре 800°C до постоянной массы и взвешены с погрешностью не более 0,001 г.

Навески сухого органического удобрения помещают в фарфоровые тигли. Тигли с навесками помещают в холодную муфельную печь, посте-

ленно доводят температуру печи до 800°C и прокаливают при этой температуре в течение 2 ч.

Тигли с зольным остатком охлаждают в открытой выключенной печи, а затем в эксикаторе в течение 30 мин, после чего взвешивают с погрешностью не более 0,001 г.

Каждое последующее взвешивание проводят после озоления в течение 1 часа и охлаждения в течение 30 мин.

Анализ считается законченным, если расхождение между результатами двух последующих взвешиваний не превышает 0,01 г.

**Массовую долю золы (X) в процентах вычисляют по формуле:**

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100$$

где  $m_1$  – масса тигля с навеской после озоления, г;  $m_2$  – масса тигля, г;  $m$  – масса навески, г.

**3. Определение общего азота по Кьельдалю с колориметрическим окончанием с реактивом Несслера; Определение общего фосфора колориметрически методом молибденванадийфосфорной гетерополикислоты; Определение общего калия (ГОСТ 26718)**

**Метод основан** на минерализации анализируемого удобрения при нагревании с концентрированной серной кислотой в присутствии катализатора. Для определения массовой доли общего азота, фосфора, калия используют сухой остаток навески органического удобрения после определения массовой доли влаги.

**Ход анализа.** Из сухого остатка после его тщательного перемешивания отбирают не менее чем из пяти точек навеску для анализа.

Масса навески должна быть 1,0 г. Взвешивание проводят с погрешностью не более 0,001 г.

Если анализ проводят через 12 ч и более после определения массовой доли влаги, сухой остаток навески подсушивают в сушильном шкафу в течение 1 ч при температуре 100 - 105°C.

Допускается проводить определение массовой доли общего азота, фосфора и калия в пробе удобрения с исходной влажностью. Пробу удобрения тщательно перемешивают и отбирают не менее чем из 5 точек навеску для анализа.

Масса навески должна быть 20 г. Взвешивание проводят с погрешностью не более 0,1 г.

Минерализацию сухого органического удобрения проводят по методу Кьельдаля с использованием смешанного катализатора.

Навеску анализируемого удобрения помещают в колбу Кьельдаля, добавляют 20 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты и 0,5 г катализатора. Содержимое колбы тщательно перемешивают легкими круговыми движениями, обеспечивая полное смачивание навески, и оставляют на 12 - 15 ч. Затем колбу помещают в вытяжной шкаф на электроплитку таким образом, чтобы ее ось была наклонена под углом 35° к вертикали. В отверстие колбы помещают воронку и осторожно нагревают до тех пор, пока содержимое колбы не перестанет пениться. Потом нагрев усиливают, доводя смесь в колбе до слабого кипения.

Кипячение продолжают до полного обесцвечивания раствора. После обесцвечивания раствор в колбе кипятят еще в течение 15 - 20 мин, а затем колбу снимают с электроплитки и охлаждают.

После охлаждения минерализат из колбы Кьельдаля количественно переносят в мерную колбу вместимостью 250 см<sup>3</sup>, предварительно налив в нее 25 - 30 см<sup>3</sup> воды. При этом происходит разогревание содержимого колбы. После охлаждения объем раствора доводят до метки дистиллированной водой.

Полученный раствор минерализата служит исходным для определения массовой доли общих форм азота, фосфора и калия.

### 13.3. Количественный анализ известковых материалов

Содержание действующего вещества в основных видах химических мелиорантов

Мелиорант	Содержание CaO + MgO, %	Нормативный документ
Дефекат, класс 1 (осадок фильтрационный)	70	ТУ 9112-005-00008064-95
Дефекат, класс 2 (осадок фильтрационный)	40	ТУ 9112-005-00008064-95
Мел дробленый	90	ТУ 400-12-12-88
Мел отходный	90	ТУ 6-08-500-81
Мука доломитовая	85	ГОСТ Р 50261-92
Мука известняковая, марка А	85	ГОСТ Р 50261-92
Мука известняковая, марка В	80	ГОСТ Р 50261-92

#### Ход анализа.

##### 1. Определение влажности высушиванием

Из средней пробы анализируемого материала, хорошо растертого в ступке, берут навеску около 5 г в сухой взвешенный бюкс. Взвешивают

на технохимических весах и сушат в сушильном шкафу при 105°C в течение 3 часов. Затем бюкс с анализируемым материалом охлаждают в эксикаторе и снова взвешивают.

Повторно сушат и взвешивают пробу до тех пор, пока убыль веса станет не более чем 0,01 г. Содержание влаги в процентах вычисляют, пользуясь следующей формулой:

$$X = \frac{(m - m_1) \cdot 100}{m}$$

где  $m$  – масса известкового материала до сушки;  $m_1$  – масса известкового материала после сушки.

## ***2. Определение нейтрализующей способности***

Из средней пробы тонко измельченного известкового материала берут на технохимических весах навеску в 2,5 г, помещают в мерную колбу емкостью 250 см<sup>3</sup>, смачивают 10 – 15 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, обливают постепенно 125 см<sup>3</sup> 1н раствора соляной кислоты. Нагревают при частом встряхивании 30 минут на кипящей водяной бане. После охлаждения раствор доводят дистиллированной водой до черты, тщательно перемешивают и фильтруют через сухой фильтр в сухую посуду. 100 см<sup>3</sup> фильтрата берут в мерную колбу емкостью 200 см<sup>3</sup>, прибавляют 2 – 3 капли фенолфталеина и титруют оставшуюся несвязанную соляную кислоту 0,5н раствором гидроксида натрия до слабо-розовой окраски (первое титрование).

Дальнейший ход анализа зависит от качества анализируемого известкового материала. Если известковый материал чистый (оттитрованный раствор прозрачный), то к оттитрованному раствору прибавляют 2 см<sup>3</sup> 1н соляной кислоты, нагревают до кипения и окончательно оттитровывают 0,5н раствором гидроксида натрия (второе титрование). Если же известковый материал невысокого качества (в растворе имеется коричневатый осадок гидроокисей железа и алюминия, маскирующий окраску фенолфталеина), то раствор охлаждают, фильтруют в мерную колбу на 200 см<sup>3</sup>, доводят объем фильтрата до черты прокипяченной дистиллированной водой, приливаемой через фильтр, тщательно перемешивают и добавляют 2 см<sup>3</sup> 1н раствора соляной кислоты. Затем берут 100 см<sup>3</sup> фильтрата, нагревают до кипения и оттитровывают (второе титрование) 0,5н раствором гидроксида натрия. Количество щелочи, затраченной на второе титрование, в этом случае при подсчете результатов умножают на 2.

Сумму окисей, гидроокисей и карбонатов в пересчете на окись кальция в процентах на сухое анализируемое вещество (X) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{[104 \cdot K_1 - (a + b) \cdot K_2] \cdot 0.014 \cdot 100 \cdot 10}{m \cdot (100 - b)}$$

где  $a$  – количество 0,5н гидроксида натрия,  $\text{см}^3$ , израсходованное на первое титрование;  $b$  – то же, на второе титрование;  $m$  – навеска, отвечающая взятому для титрования объему вытяжки (если навеска равнялась точно 2,5 г, то  $m = (2,5 \cdot 100)/250 = 1$ ; 104 – количество 0,5н соляной кислоты,  $\text{см}^3$ . Для анализа брали 100  $\text{см}^3$  вытяжки и затем после первого титрования прибавляли 2  $\text{см}^3$  1н соляной кислоты, что равно 4  $\text{см}^3$  0,5н соляной кислоты, следовательно, общее количество титруемого раствора равно 104  $\text{см}^3$ ; 0,014 – количество оксида кальция, связываемое 1  $\text{см}^3$  0,5н соляной кислоты;  $K_1$  и  $K_2$  – поправки к титрам кислоты и щелочи;  $100/(100 - b)$  – поправка на влажность ( $b$  – содержание влаги в удобрении, в %).

### Вопросы для самоконтроля:

1. С чего начинают работу по определению удобрений.
2. На какие группы делятся простые минеральные удобрения по внешнему виду.
3. Как ведут себя на раскаленном угле селитры.
4. Какие удобрения окрашивают пламя.
5. Перечислите растворимые в воде удобрения.
6. Как определить наличие иона аммония.
7. Как установить наличие иона  $\text{NO}_3^-$ .
8. Как установить наличие анионов  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .
9. Как установить наличие катионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ .
10. Методы количественного анализа минеральных удобрений: азотных, фосфорных, калийных, комплексных.
11. Методы количественного анализа органических удобрений.
12. Методы анализа известковых материалов.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

### Раздел 1. «Введение»

1. Предмет и задачи агрохимии.
2. Методы агрохимии.
3. Понятие «Удобрение».
4. Роль удобрений в современном мире.
5. Связь агрохимии с другими науками.
6. История развития агрохимии.
7. Современное состояние агрохимии.
8. Агрохимическая служба в Брянской области.

## **Раздел 2. «Питание растений и пути его регулирования»**

1. Химический состав растений.
2. Зольные элементы.
3. Влияние условий минерального питания на величину и качество урожая.
4. Содержание, формы и роль макроэлементов в растениях.
5. Содержание, формы и роль микроэлементов в растениях.
6. Современные представления о механизме поглощения элементов питания растениями.
7. Физиологическая реакция удобрений.
8. Внешние факторы питания растений.
9. Внутренние факторы питания растений.

## **Раздел 3. «Свойства почвы в связи с питанием растений и применением удобрений»**

1. Состав почвы.
2. Минеральная и органическая части почвы как источник элементов питания растений.
3. Роль микроорганизмов в процессах превращения питательных веществ в почве.
4. Формы химических соединений в почве, в которые входят элементы питания растений.
5. Поглотительная способность почвы и ее роль во взаимодействии с удобрениями и в питании растений.
6. Основные закономерности, определяющие характер взаимодействия удобрений с почвенным поглощающим комплексом.
7. Значение емкости поглощения, состава и соотношения поглощенных катионов, кислотности, буферности почвы, в процессах ее взаимодействия с удобрениями и питания растений.
8. Агрохимическая характеристика основных типов почв.

## **Раздел 4. Химическая мелиорация почв**

1. Отношение сельскохозяйственных растений и микроорганизмов к реакции почвы и известкованию.
2. Взаимодействие извести с почвой.
3. Известковые удобрения, сроки и способы их внесения в почву.
4. Гипсование солонцов и солонцеватых почв.

## **Раздел 5. «Удобрения»**

1. Минеральные удобрения.
  - 1.1. Классификация удобрений.
  - 1.2. Минеральные удобрения.
  - 1.3. Азотные удобрения.

1.4. Содержание: формы азота в почве и их превращения. Аммонификация. Нитрификация. Денитрификация. Пути накопления азота в почве.

1.5. Классификация азотных удобрений.

1.6. Аммиачно-нитратные удобрения, жидкие аммиакаты.

1.7. Аммиачные удобрения (сульфат аммония, хлористый аммоний, жидкий аммиак, аммиачная вода, углеаммиакаты).

1.8. Нитратные удобрения (натриевая, кальциевая селитра).

1.9. Амидные удобрения (мочевина, цианамид кальция). Медленнодействующие азотные удобрения.

1.10. Применение азотных удобрений под отдельные сельскохозяйственные культуры.

1.11. Фосфорные удобрения.

1.12. Содержание и формы соединений фосфора в почве.

1.13. Сырье для производства фосфорных удобрений.

1.14. Классификация фосфорных удобрений.

1.15. Суперфосфат (порошковый, концентрированный, гранулированный).

1.16. Преципитат, томасшлак, термофосфаты, фосфатшлак, обесфторенный фосфат.

1.17. Фосфоритная мука.

1.18. Применение фосфорных удобрений.

1.19. Калийные удобрения.

1.20. Содержание, формы соединений калия в почве и их превращения.

1.21. Хлористый калий, 40%-ная калийная соль.

1.22. Калий – электролит, каинит, калимагнезия.

1.23. Сульфат калия.

1.24. Свойства калийных удобрений.

1.25. Действие калийных удобрений.

1.26. Роль примесей в калийных удобрениях.

1.27. Применение калийных удобрений под некоторые сельскохозяйственные культуры.

1.28. Комплексные удобрения.

1.29. Сложные удобрения.

1.30. Комбинированные удобрения.

1.31. Смешанные удобрения.

1.32. Микроудобрения.

2. Органические удобрения.

3. Гуминовые удобрения.

## ТЕСТЫ

### Раздел 2. Питание растений и методы его регулирования

1) Назовите внешние признаки азотного голодания.

- а) Гофрированность листьев
- б) Светло-зеленая окраска листьев
- в) Ослизиение корней

2) Назовите внешние признаки недостатка калия.

- а) Побурение краев листьев
- б) Пожелтение листьев
- в) Листья приобретают красно-фиолетовую окраску

3) Назовите физиологически кислую соль.

- а)  $\text{CaCO}_3$
- б)  $\text{NaNO}_3$
- в)  $\text{KCl}$

4) Назовите физиологически щелочную соль.

- а)  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- б)  $\text{K}_2\text{SO}_4$
- в)  $\text{NH}_4\text{Cl}$

5) Что такое хозяйственный вынос?

- а) Вынос элементов питания всей массой урожая
- б) Вынос элементов питания товарной частью урожая
- в) Вынос элементов питания стерней и корнями

6) Назовите внутренний фактор питания растений

- а) Потребности самого растения
- б) Почвенный раствор
- в) Почвенные организмы

7) Какова цель основного удобрения?

- а) Обеспечить растения элементами питания в начальный период роста.
- б) Обеспечить растения элементами питания в течение всей вегетации.
- в) Обеспечить растения элементами питания в период нарастания вегетативной массы.

8) Каким удобрением является аммиачная селитра?

- а) Физиологически кислым
- б) Физиологически щелочным
- в) Физиологически нейтральным



9) *Внесение азотных удобрений приводит к:*

- а) Повышению содержания жиров
- б) Повышению содержания белков
- в) Повышению содержания сахаров

10) *При какой реакции почвенного раствора растениями лучше усваивается нитратный азот?*

- а) Нейтральной
- б) Кислой
- в) Щелочной.

**Ключ: 1-б, 2-а, 3-в, 4-а, 5-б, 6-а, 7-б, 8-в, 9-б, 10-б.**

### **Раздел 3 Свойства почвы в связи с питанием растений и применением удобрений**

1) *Основным источником питательных элементов являются:*

- а) Илистая и коллоидная фракции
- б) Скелет почвы
- в) Песчаная фракция

2) *Что такое механическая поглощательная способность?*

- а) Способность почвы поглощать целые молекулы различных веществ поверхностью дисперсных частиц
- б) Способность почвы, как всякого пористого тела, задерживать твердые частицы из воздуха и фильтрующихся вод
- в) Способность почвы поглощать преимущественно анионы в результате образования труднорастворимых соединений при взаимодействии компонентов жидкой, твердой и газовой фаз почвы

3) *Что такое ёмкость катионного обмена?*

- а) общее содержание всех обменно-поглощенных катионов
- б) совокупность мелкодисперсных частиц почвы
- в) сумма катионов водорода и алюминия

4) *Что такое актуальная кислотность?*

- а) Кислотность, обусловленная обменно-поглощенными ППК ионами водорода, алюминия, железа, марганца, которые могут быть вытеснены в раствор катионами нейтральных солей
- б) Кислотность, обусловленная обменно-поглощенными ППК ионами водорода, алюминия, железа, марганца, которые могут быть вытеснены в раствор катионами гидролитически щелочных солей
- в) Кислотность, обусловленная наличием ионов водорода в почвенном растворе

- 5) *Какие культуры наиболее чувствительны к кислотности почвы?*
- а) Рожь
  - б) Сахарная свёкла
  - в) Гречиха
- 6) *Наличие каких сорняков на поле свидетельствует о кислой реакции почвы?*
- а) Хвоща полевого
  - б) Пырей ползучего
  - в) Вьюнка полевого
- 7) *При какой величине степени насыщенности основаниями нуждаемость в известковании слабая?*
- а)  $V=71-80\%$
  - б)  $V=51-70\%$
  - в)  $V>80\%$
- 8) *Какова доза извести при гидролитической кислотности, равной 10 мг-экв на 100г почвы?*
- а) 10 т/га
  - б) 15т/га
  - в) 20т/га
- 9) *Какому типу почв свойственен следующий состав [ППК] Ca, Mg, H, Al ?*
- а) Каштановой
  - б) Чернозему южному
  - в) Подзолистой
- 10) *Для какого подтипа характерна обменная кислотность?*
- а) Чернозема южного
  - б) Чернозема оподзоленного
  - в) Чернозема типичного

**Ключ: 1-а, 2-б, 3-а, 4-в, 5-б, 6-а, 7-а, 8-б, 9-в, 10-б.**

### **Раздел 5. Удобрения**

- 1) *Какое удобрение будет более эффективным на дерново-подзолистой почве?*
- а) Аммиачная селитра
  - б) Кальциевая селитра
  - в) Сульфат аммония
- 2) *Какое удобрение будет более эффективным под столовую свёклу?*
- а) Натриевая селитра
  - б) Сульфат аммония
  - в) Хлористый аммоний

3) *Какое удобрение может вызвать отравление растений сахарной свеклы при внесении в рядок?*

- а) Хлористый аммоний
- б) Суперфосфат
- в) Аммиачная селитра

4) *При каких значениях гидролитической кислотности и степени насыщенности основаниями суперфосфат целесообразно заменить фосфоритной мукой?*

- а)  $\text{НГ} = 3$ , 2 мг-экв на 100г почвы,  $V = 75\%$
- б)  $\text{НГ} = 2$  мг-экв на 100г почвы,  $V = 90\%$
- в)  $\text{НГ} = 1,2$  мг-экв на 100г почвы,  $V = 60\%$

5) *На каких почвах внесение суперфосфата будет малоэффективным?*

- а) Каштановой
- б) Черноземе выщелоченном
- в) Дерново-подзолистой

6) *Внесение какого удобрения приведет к снижению содержания крахмала в клубнях картофеля?*

- а) Сульфата калия
- б) Хлористого калия
- в) Сульфата калия

7) *Какое из удобрений нецелесообразно вносить на кислой почве одновременно?*

- а) Хлористый калий
- б) Сульфат аммония
- в) Суперфосфат

8) *Какое удобрение нельзя вносить в рядок и в подкормку?*

- а) Аммиачную селитру
- б) Хлористый аммоний
- в) Натриевую селитру

9) *Какое удобрение можно использовать для внекорневой подкормки растений?*

- а) Мочевину
- б) Сульфат аммония
- в) Суперфосфат

10) *Какое удобрение не изменяет реакцию среды почвы?*

- а) Хлористый калий
- б) Суперфосфат
- в) Сульфат аммония

**Ключ: 1-б, 2-а, 3-а, 4-а, 5-в, 6-б, 7-в, 8-б, 9-а, 10-б.**

## ГЛОССАРИЙ

**Актуальная кислотность** – кислотность, обусловленная наличием и концентрацией ионов водорода в почвенном растворе (суспензии) водой.

**Актуальная щёлочность** – щёлочность, обусловленная наличием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей, при диссоциации которых преобладают гидроксильные ионы.

**Аммонификация** – разложение органических азотосодержащих веществ почвы до аммиака при помощи аэробных и анаэробных микроорганизмов.

**Баланс элементов питания** – разность между приходом и расходом элементов питания в почве.

**Биологическая поглотительная способность** – это способность почвы, обусловленная наличием в почве живых организмов – растений, микроорганизмов, насекомых, которые избирательно поглощают из почвенного раствора и воздуха питательные элементы, переводят их в различные соединения собственной массы, предотвращают потери их и обогащают почву органическим веществом.

**Буферность почвы** – способность противостоять изменению реакции среды.

**Вынос элементов питания** – количество элементов питания, отчуждаемых из почвы урожаем основной и побочной продукции с единицы площади.

**Гидролитическая кислотность** – кислотность, обусловленная той частью катионов ППК потенциальной кислотности, которые могут быть вытеснены при обработке почвы 1 Н раствором гидролитически щелочной соли ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ).

**Гипсование** – химическая мелиорация с помощью гипса солонцовых почв, имеющих высокое содержание натрия в ППК и щелочную реакцию.

**Городской мусор** – кухонные отходы, бумага, тряпки, грязь, пыль, зола, по содержанию питательных веществ и удобрительным свойствам сопоставим с подстилочным навозом.

**Денитрификация** – восстановление нитратного азота в анаэробных условиях до газообразного бактериями-денитрификаторами.

**Ёмкость катионного обмена (ЕКО)** – максимальное содержание обменно-поглощенных катионов в почве.

**Известкование** – химическая мелиорация с помощью известковых мелиорирующих средств кислых почв, имеющих высокое содержание в ППК водорода и алюминия и кислую реакцию.

**Компост** – органическое удобрение, образующееся при биотермическом процессе минерализации и гумификации органических компонентов, иногда с добавками минеральных, уменьшающий потери питательных веществ одних (навоз, навозная жижа, фекалии, птичий помёт, осадки сточных вод) с одновременным ускорением разложения других (торф, солома, опилки, бытовой мусор) и переводом в доступные для растений формы питательных элементов их (фосфоритная мука).

**Макроэлементы** – элементы, содержащиеся в растительном организме в значительных количествах (от сотых долей до целых процентов).

**Механическая поглощательная способность** – это способность почвы, как всякого пористого тела, задерживать твёрдые частицы из воздуха и фильтрующихся вод.

**Микроэлементы** – элементы, содержащиеся в растительном организме в незначительных количествах (от стотысячных до тысячных долей процента).

**Минеральные удобрения** – это промышленные или ископаемые продукты, содержащие элементы, необходимые для питания растений и повышения почвенного плодородия.

**Навоз бесподстилочный** – это полидисперсная система твёрдых и жидких выделений животных (нередко с примесью технологической воды) с текучими свойствами.

**Навоз подстилочный** – это смесь твёрдых и жидких выделений животных с подстилкой.

**Навозная жижа** – это перебродившая моча животных, стекающая в жижекторники животноводческих помещений и навозохранилищ.

**Нитрагин** – препарат, содержащий клубеньковые бактерии, которые, развиваясь на корнях бобовых растений, усваивают азот из воздуха и используется для искусственного заражения бобовых.

**Нитрификация** – окисление аммиака в почве до нитратов в аэробных условиях.

**Обменная кислотность** – кислотность, обусловленная наличием в ППК тех ионов водорода, алюминия, железа и марганца, которые могут быть вытеснены в раствор катионами нейтральных солей (КСl), в том числе и удобрений.

**Питание** – это обмен веществ между растением и окружающей средой, переход веществ из среды (почва, воздух) в состав растительной ткани, в состав сложных органических соединений, синтезируемых растением, и выведение ряда веществ из него.

**Поглощательная способность почвы** – это способность почвы поглощать из окружающей среды ионы, молекулы, частицы, микроорганизмы, другие вещества и удерживать их.

**Подкормка** – это удобрение, обеспечивающее улучшение питания растений в период максимального потребления ими питательных элементов.

**Потенциальная кислотность** – кислотность, обусловленная обменно-поглощёнными ППК ионами водорода, алюминия, железа и марганца.

**Потенциальная щёлочность** – щёлочность, обусловленная обменнопоглощённым натрием, способным при вытеснении в раствор усиливать щёлочность почвенного раствора.

**Почвенный поглощающий комплекс (ППК)** – совокупность минеральных, органических и органо-минеральных коллоидов твердой фазы почвы.

**Припосевное (припосадочное, рядковое, местное, локальное)** – это удобрение, предназначенное для улучшения питания молодых растений в начальные критические периоды их роста.

**Промышленные удобрения** – почти все минеральные удобрения, получаемые на специальных туковых заводах.

**Птичий помёт** – это быстродействующее органическое удобрение, состоящее из выделений птиц и подстилки (или без неё), содержащее азот, фосфор и калий в легкодоступной форме.

**Сапропель** – органические и минеральные отложения пресноводных озёр и прудов, используемые в качестве известковых удобрений.

**Сидеральное (зелёное) удобрение** – свежая растительная масса, обычно бобовых, запахииваемая в почву для обогащения её и последующих культур органическим веществом и питательными элементами.

**Система удобрений в севообороте** – это многолетний план применения удобрений в севообороте с учетом плодородия почвы, биологических особенностей культур, состава и свойств удобрений, составляемый на полную ротацию каждого севооборота.

**Система удобрений в хозяйстве** – это комплекс агротехнических и организационно-хозяйственных мероприятий по наиболее рациональному, планоному применению удобрений в целях повышения урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почвы.

**Сложные удобрения** – это удобрения, содержащие разные питательные элементы в одной молекуле (одинарные соли).

**Смешанные удобрения** – это удобрения, получаемые путем механического смешивания двух и более простых и комплексных удобрений.

**Степень насыщенности почвы основаниями** – сумма поглощенных оснований, выраженная в процентах от ёмкости катионного обмена.

**Технология внесения удобрений** – это комплекс последовательно производимых операций по внесению удобрений.

**Удобрение основное** – это удобрение, обеспечивающее питание растений на протяжении всей вегетации.

**Удобрения** – вещества, содержащие элементы питания для растений, или усиливающие мобилизацию питательных веществ в почве, повышающие жизненные процессы в ней и изменяющие свойства самой почвы.

**Удобрения бактериальные** – это удобрения, содержащие культуры микроорганизмов, способствующих при их внесении в почву накоплению в ней усвояемых форм питательных элементов.

**Удобрения зелёные или сидерация** – это выращивание на поле некоторых бобовых (донник, люпин, чина, озимая вика и др.) и небобовых (рапс) растений и запашка их зелёной массы в почву для обогащения её азотом и органическим веществом.

**Удобрения комбинированные (сложно-смешанные)** – это удобрения, содержащие два и более питательных элемента в одной грануле, получаемые в едином технологическом процессе при взаимодействии азотной, фосфорной и серной кислот с аммиаком, природными фосфатами, солями калия, аммония и др.

**Удобрения комплексные** – это удобрения, содержащие два и более питательных элемента.

**Удобрения косвенного действия** – удобрения, улучшающие свойства почвы и способствующие мобилизации имеющихся в ней в труднодоступной форме элементов питания.

**Удобрения местные** – это удобрения, получаемые в местах их использования, непосредственно в хозяйствах или вблизи их – навоз, навозная жижа, птичий помет, компосты, торф, зеленое удобрение и др.

**Удобрения органические** – это удобрения, содержащие питательные вещества, главным образом в составе органических соединений, и являющиеся обычно продуктами естественного происхождения разной степени разложения.

**Удобрения прямого действия** – удобрения, улучшающие питание растений различными элементами питания (азотом, фосфором, калием, микроэлементами).

**Физико-химическая (обменная) поглощательная способность** – это способность почвы поглощать ионы почвенного раствора, преимущественно катионы, путем эквивалентного обмена на одноименно заряженные ионы диффузного слоя коллоидов (ППК).

**Физиологическая кислотность удобрения (соли)** – свойство удобрения подкислять реакцию среды, связанное с преимущественным использованием растениями катионов из состава соответствующей соли.

**Физиологическая щелочность удобрения (соли)** – свойство удобрения подщелачивать реакцию среды, связанное с преимущественным использованием растениями анионов из состава соответствующей соли.

**Физическая поглощательная способность** – это способность почвы поглощать (положительная адсорбция) или отторгать (отрицательная) целые молекулы различных веществ поверхностью дисперсных, преимущественно коллоидных частиц.

**Химическая мелиорация почв** – это регулирование состава поглощенных ППК катионов путем замены избытка нежелательных среди них (водород, алюминий, железо, марганец в кислых почвах, натрий – в щелочных).

**Химическая поглощательная способность** – это способность почвы образовывать труднорастворимые соединения при взаимодействии различных компонентов жидкой, твердой и газовой фаз.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

ШАПОВАЛОВ ВИКТОР ФЕДОРОВИЧ

# **АГРОХИМИЯ**

*Лабораторный практикум с заданиями  
для самостоятельной работы аспирантов*

*учебно-методическое пособие  
для аспирантов высших учебных заведений  
по агрономическим специальностям*

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 28.03.2018. Формат 60x84 1/24 Бумага печатная.  
Усл. п.л. 4,18. Тираж 25. Издат. № 5642 .

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский р-он, с. Кокино, Брянский ГАУ