



В.Н. Луганский  
Л.П. Абрамова  
А.В. Бачурина

# **ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ**

Екатеринбург  
2018

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра лесоводства

В.Н. Луганский

Л.П. Абрамова

А.В. Бачурина

# **ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ**

Учебно-методическое пособие

для проведения лабораторных и практических занятий  
для обучающихся по очной и заочной формам. Направления:  
35.03.01 «Лесное дело»; 20.03.02 «Природообустройство  
и водопользование»; 05.03.06 «Экология и природопользование»;  
35.03.05 «Садоводство»; 35.03.10 «Ландшафтная архитектура».

Квалификация – «бакалавр» Дисциплина – Почвоведение.

Направление 21.03.02 «Землеустройство и кадастры».

Квалификация – «бакалавр»

Дисциплина – Почвоведение и инженерная геология.

Направление 35.03.10 «Ландшафтная архитектура».

Квалификация – «бакалавр»

Дисциплина – Агрохимия

Екатеринбург

2018

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛП.  
Протокол № 1 от 20 октября 2017 г.

Рецензент – доцент, канд. с-х. наук А.С. Попов

Редактор Е.Л. Михайлова  
Оператор компьютерной верстки Е.А. Газеева

---

Подписано в печать 20.05.18		Поз. 28
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 2,79	Цена

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

## Оглавление

1. Отбор почвенных образцов для химического анализа .....	5
2. Подготовка почвы к лабораторным исследованиям .....	7
3. Общие правила техники безопасности при работах в лаборатории .....	8
4. Методика проведения агрохимических исследований .....	9
4.1. Определение гигроскопической влаги .....	9
4.2. Определение удельного веса (массы) почвы .....	10
4.3. Определение объемного веса (массы) почвы .....	11
4.4. Определение порозности (скважности) почвы .....	12
4.5. Определение минеральной части почвы и потери при прокаливании .....	12
4.6. Определение гумуса по методу И.В. Тюрина в модификации В.И. Симакова .....	13
4.7. Определение общего азота по И.В. Тюрину .....	15
4.8. Определение щелочно-гидролизующего азота почвы по Корнфильду .....	17
4.9. Определение обменных катионов .....	18
4.9.1. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена-Гильковица .....	18
4.9.2. Определение поглощенных кальция и магния трилометрическим (комплексометрическим) методом .....	19
4.9.3. Определение суммы ионов кальция и магния .....	19
4.9.4. Определение ионов кальция .....	20
4.10. Кислотность почв .....	21
4.10.1. Электрометрические (потенциометрические) измерения рН .....	21
4.10.2. Колориметрическое определение рН по методу Н.И. Алямовского .....	22
4.10.3. Определение обменной кислотности почв по методу А.В. Соколова .....	22
4.10.4. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена .....	23
4.11. Вычисление степени насыщенности почв основаниями .....	24
4.12. Анализ водной вытяжки .....	25
4.12.1. Приготовление водной вытяжки .....	25

4.12.2. Определение сухого остатка .....	26
4.12.3. Определение общей щелочности .....	26
4.12.4. Определение хлор-иона .....	27
4.12.5. Определение сульфат-иона .....	27
4.12.6. Определение ионов кальция и магния .....	28
4.12.7. Определение кальция .....	28
4.12.8. Определение суммы натрия и кальция вычислением .....	29
4.13. Определение подвижного калия в подзолистой почве по методу Я.В. Пейве .....	29
4.14. Определение подвижного фосфора $P_2O_5$ по методу А.Т. Кирсанова .....	31
5. Назначение и обоснование видов и доз химических мелиорантов для повышения плодородия почв .....	35
5.1. Минеральные удобрения, их классификация .....	35
5.2. Перерасчет натурального веса минеральных удобрений в условные туки .....	36
Рекомендуемая литература .....	39
Приложение 1 .....	41
Приложение 2 .....	43
Приложение 3 .....	45
Приложение 4 .....	45
Приложение 5 .....	45
Приложение 6 .....	45
Приложение 7 .....	46
Приложение 8 .....	46
Приложение 9 .....	46
Приложение 10 .....	47
Приложение 11 .....	47
Приложение 12 .....	47
Приложение 13 .....	48
Приложение 14 .....	48
Приложение 15 .....	48
Приложение 16 .....	49

## 1. ОТБОР ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Одной из важнейших предпосылок получения достоверных результатов, реально отражающих химический состав почвы, является правильно отобранный и подготовленный образец для последующих исследований.

При этом в качестве основного требования выступает получение среднего образца, в котором наиболее полно отражена неоднородность химического состава всей партии анализируемого почвенного материала.

Отбор проб для агрохимических анализов осуществляется с помощью специальных приспособлений (шуп, бур) или вручную (лопатой).

В зависимости от назначения отобранные от общей партии образцы подразделяются:

- на разовые (точечные);
- объединенные (общие);
- средние.

Разовая проба представляет собой небольшую часть общей массы исследуемого материала и используется для составления смешанного образца.

Масса разовой пробы зависит от вида анализируемого материала и технических средств, используемых для отбора образца. При анализе почвы (т.е. сыпучих материалов) таковая колеблется от 50 до 150 г.

Общую пробу составляют из примерно равных по массе разовых проб путем смешения.

Однако в связи со слишком большой массой общей пробы из неё после тщательного перемешивания формируют среднюю пробу, масса которой определяется видом и спецификой материала, а также количеством предполагаемых анализов. В случае, если партия исследуемой почвы невелика, то общая или разовая проба может одновременно служить средним образцом.

Каждая средняя проба должна быть однородной и типичной для анализируемой партии материала, реально отражающей её химический состав.

Время и способы отбора проб регламентируются назначением анализов и особенностями исследуемого почвенного материала.

Отбор почвенных образцов проводят тростьевым буром или лопатой со всей глубины пахотного слоя. Однако в специальных исследованиях образцы берут из двух или нескольких слоёв почвы.

Отбор почвенных образцов – процесс весьма трудоемкий, не поддающийся механизации.

Поэтому в зависимости от конструкции бура один смешанный образец составляют из 10–20, а при отборе лопатой – минимум из 5–10 индивидуальных образцов, взятых на типичной для данного участка площадке.

Отбирают индивидуальные образцы в четырех направлениях на расстоянии 8–12 м.

Выбор маршрута при агрохимическом картировании определяется конфигурацией обследуемого участка.

Образцы не следует отбирать непосредственно:

- после внесения минеральных и органических удобрений;
- после внесения извести;
- на краю полей или иных угодий;
- на скоплениях удобрений.

Следует учитывать изменение содержания подвижных элементов питания в течение вегетационного периода. Каждый смешанный образец массой 300–600 г упаковывают в матерчатые или полимерные мешки и маркируют.

При отборе образцов почвы наиболее важны следующие моменты:

- количество взятых индивидуальных образцов;
- правомерность составления смешанных образцов;
- способ отбора образцов.

Взятие индивидуальных или смешанных почвенных образцов – одно из наиболее ответственных звеньев в работе по агрохимическим исследованиям почв. Если не обеспечивать правильного отбора образцов, то последующие анализы почв будут в значительной мере обесценены.

При допущении реально возможного количества образцов не более 20–30 точность среднего для изученных свойств почвы может быть получена от 10 до 15 %.

В случае определения только гумуса, подвижного фосфора, обменного калия и рН в КСl достаточным является составление смешанного образца из 10–15 индивидуальных.

Не менее важным является правильное размещение точек отбора на исследуемой площади. Наиболее точные результаты получаются при размещении точек отбора в шахматном порядке или по двум пересекающимся диагоналям.

Взятие почвенных образцов из разрезов, в том числе из отдельных горизонтов, проводится после описания и определения почвы.

После описания почвы ее диагностируют и определяют тип, подтип, род, вид, разновидность.

Для последующих анализов берутся образцы почв из отдельных горизонтов, начиная с самого нижнего, массой 0,5–1,0 кг. При небольшой мощности горизонта до 10 см образец берут по всей его толщине; до 50 см пробу отбирают из слоя в 5–10 см в его средней части; > 50 см – из слоев в 10 см с не менее чем в двух равномерно распределенных на вертикальном разрезе горизонта глубин. Ширина отбора почвенного материала со стенки разреза в образец должна быть не менее 30 см. Взятые образцы

упаковывают и снабжают этикетками, которые закрепляются на таре. Внутрь мешка также вкладывается этикетка.

## **2. ПОДГОТОВКА ПОЧВЫ К ЛАБОРАТОРНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ**

Для получения достоверных данных, реально отражающих свойства почвы, кроме правильного отбора образцов в полевых условиях, необходимы их квалифицированная подготовка к анализам и хранение.

Большинство почвенных анализов проводят с навесками почвы, доведенными до воздушно-сухого состояния. Поэтому почвенные образцы, взятые в полевых условиях, следует немедленно довести до воздушно-сухого состояния. Почвы просушиваются в сухом хорошо проветриваемом помещении, не содержащем в воздухе пыли, паров аммиака и кислот. Хранение сырых почвенных образцов не допускается, так как под влиянием различных микробиологических процессов могут изменяться химические свойства почвы. Не допускается хранение образцов любой влажности в полиэтиленовой или целлофановой таре.

После высушивания почвы готовят к анализам следующим образом:

- почвенный образец взвешивается, вес записывается;
- почва рассыпается на бумаге, разрушаются наиболее крупные агрегаты, тщательно отбираются посторонние включения – растительные остатки, камни, в случае необходимости следует определить их процентное содержание;
- почва растирается в фарфоровой ступке и просеивается через сито с отверстиями 1 мм. Оставшиеся на сите комочки почвы снова растирают и пропускают через сито. Растирание и просеивание проводят до тех пор, пока на сите ничего не останется или останутся лишь частицы горной породы крупнее 1 мм;
- каменистые зерна, не прошедшие через указанное сито, а также каменистые включения, отобранные вручную, составляют скелет почвы. Скелет почвы после промывания водой и высушивания взвешивают и определяют процентное его содержание;
- частицы почвы меньше 1 мм, прошедшие через сито, называются мелкоземом и используются для проведения анализа.

Почвенный мелкозем перемешивается, помещается в специальные коробки вместе с этикеткой, на коробке делается надпись:

- инвентарный номер;
- номер разреза;
- глубина взятия образца, см;
- фамилия исследователя.

В процессе выполнения различных видов анализов из коробки берут необходимые навески почвы.



### 3. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТАХ В ЛАБОРАТОРИИ

В лаборатории обучающимся приходится работать с кислотами, щелочами и другими веществами, пользоваться аналитическими и электрическими приборами, поэтому требуется соблюдение дисциплины и установленных правил.

Не разрешается выполнять анализы без спецодежды (халата).

Прежде чем приступить к проведению анализа, следует изучить методические указания, составить конспект с указанием принципа метода, последовательности выполнения и расчета полученных результатов. Все работы записываются в специальную тетрадь, сдаются преподавателю.

Лабораторные работы проводятся в парах. За каждым обучающимся закрепляется рабочее место, где находится все необходимое для работы. Контроль за соблюдением техники безопасности и правильности выполнения лабораторной работы осуществляет преподаватель, которому оказывает помощь лаборант, а также дежурные, назначенные из числа обучающихся. Реактивы общего пользования, приборы располагаются на общем столе. Не разрешается бесцельное переливание и добавление реактивов. Выливать обратно в бутылку неиспользованные реактивы категорически недопустимо, так как это приводит к их порче. Необходимые навески почв для анализа взвешиваются на кальке.

При выполнении анализов необходимо следить за чистотой и сохранностью рабочего места и химической посуды. На чистой посуде при ополаскивании вода не задерживается в виде капель, а стекает тонкой пленкой. Для мытья посуды используют водопроводную воду, хромовую смесь, серную и соляную кислоты, перманганат в кислом и щелочном растворах и другие вещества, споласкивают дистиллированной водой.

Пользуясь реактивами необходимо следить, чтобы брызги не попали на лицо и одежду. Названия реактивов указаны на ёмкостях, в которых они хранятся.

Нельзя пользоваться надбитой и треснувшей посудой.

Не следует нюхать вещества, наклоняясь и вдыхая их.

В случае попадания на кожные покровы кислоты в первую очередь рекомендуется тщательно промыть обожженный участок проточной водой (в течение 15–20 мин), чтобы снизить концентрацию химического вещества. После этого следует еще раз промыть пораженный участок уже мыльной водой или раствором пищевой соды (чайная ложка соды на стакан воды).

Не касайтесь обожженного участка руками, это может привести к попаданию на вас остатков кислоты и принести боль пострадавшему. Вообще все манипуляции лучше проводить в плотных перчатках. Освободите обожженную поверхность кожи от одежды, если не получается снять –

отрежьте ножницами. Однако не отдирайте ткань от поверхности кожи, если она не снимается. Если у человека шок (он побледнел, дыхание учащается, пульс едва прощупывается), следует дать пострадавшему 15–20 капель настойки валерианы. После оказания первой помощи необходимо обязательно обратиться к врачу.

В случае попадания на кожные покровы щелочи обработку необходимо проводить, используя слабые растворы уксусной или лимонной кислоты.

При нагревании веществ отверстия пробирок (колб) направить в сторону от себя и работающих рядом.

Отходы и неиспользованные химические реактивы слить в отдельную тару.

Содержать рабочие места следует в надлежащем порядке. После окончания работы необходимо выключить все электроприборы, сдать рабочие места, химическую посуду и оборудование дежурным, которые, в свою очередь, отчитываются перед лаборантом.

## **4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **4.1. Определение гигроскопической влаги**

Гигроскопической называют молекулярную влагу, которая поглощается и прочно удерживается поверхностью почвенных частиц из воздуха. Всякая воздушно-сухая почва содержит некоторое количество гигроскопической влаги. Количество последней зависит от содержания органического вещества, механического состава, минералогического состава почвы и от окружающих условий. Чем выше дисперсность (раздробленность) почвы, выше содержание гумуса, тем больше почва удерживает гигроскопической воды.

Для определения гигроскопической влаги в заранее взвешенный алюминиевый или стеклянный стаканчик с притертой крышкой берется навеска почвы 5 г и помещается в открытом виде в сушильный шкаф, где высушивается при 105 °С в течение 5 ч. После высушивания стаканчик закрывается крышкой, его охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Если необходимо проверить полноту удаления гигроскопической влаги, вновь стаканчик помещают в сушильный шкаф на 30 мин, затем охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Результаты при первом и втором взвешивании совпадают, значит, гигроскопическая вода удалена полностью. Если второе взвешивание дает величину меньше, чем первое, стаканчик с почвой надо поставить вновь в сушильный шкаф на 1,5–3 ч. Убыль в весе, вычисленная в процентах к навеске почвы, и дает содержание гигроскопической влаги.

Результаты записывают по следующей форме:

- № стаканчика;
- вес сырой почвы + вес тары стаканчика (А);
- вес высушенной почвы + вес тары (В);
- вес испарившейся воды (А-В);
- вес тары стаканчика (С);
- вес сухой почвы (В-С).

Влажность определяется по формуле:  $W\% = \frac{A-B}{B-C} 100 \%$ .

Определение гигроскопической влаги проводят также для пересчета результатов анализов на абсолютно сухую почву, что дает возможность сравнения данных.

Для вычисления результатов анализа по отношению к весу сухой почвы определяется коэффициент К (поправка на содержание гигроскопической воды), на который умножаются полученные результаты:

$$K = \frac{100}{100-W},$$

где W – содержание гигроскопической воды, %.

#### **4.2. Определение удельного веса (массы) почвы**

Удельным весом (массой) почвы называется отношение твердой фазы почвы в сухом состоянии к весу воды равного объема. Таким образом, удельный вес – это вес в граммах одного кубического сантиметра твердой фазы сухой почвы, показывает плотность твердой фазы почвы.

Величина удельного веса изменчива и зависит от минералогического состава почвы, от количества органического вещества в ней. Знание удельного веса необходимо для вычисления скважности почвы, определяется в образцах с нарушенной структурой.

Определение удельного веса проводят при помощи пикнометра на 100 мл. С меньшей точностью можно определить удельный вес почвы и в мерной колбе.

##### ***Ход работы***

1. Пустой пикнометр наполняют дистиллированной водой до метки и погружают на 15–20 мин в кристаллизатор или другой сосуд, наполненный водой. Температуру воды в кристаллизаторе измеряют и записывают.

2. Пикнометр вынимают из воды, проверяют уровень воды в пикнометре, обсушивают фильтровальной бумагой, беря пикнометр только за горлышко и стараясь меньше нагреть его рукой. Взвешивают с точностью до 0,01 г.

3. Берут навеску воздушно-сухой почвы 10 г.

4. Отливают около половины воды из пикнометра и через сухую воронку почву высыплют в пикнометр. Частицы почвы, приставшие к стенкам воронки, смывают небольшим количеством воды в пикнометр.

5. Пикнометр нагревают на плитке до кипения и осторожно, чтобы не выбросило воду с почвой, кипятят в течение 30 мин.

6. После кипячения пикнометр охлаждают, доливают водой, а затем ставят в кристаллизатор на 15–20 мин,  $t$  должна быть одинакова с температурой при ее первом измерении.

7. Пикнометр вынимают из кристаллизатора, проверяют в нем уровень воды, при необходимости доливают до метки, обсушивают фильтровальной бумагой и взвешивают.

8. При определении записывается:

- вес почвы, взятой в пикнометр, г;
  - влажность почвы;
  - вес взятой навески почвы, пересчитанной на абсолютно сухую почву, (В), г;
  - вес пикнометра с водой (А), г;
  - вес пикнометра с водой и почвой (С), г;
9. Удельный вес почвы вычисляется по формуле

$$d = \frac{B}{(A+B)-C} \cdot$$

### 4.3. Определение объемного веса (массы) почвы

Объемным весом (массой) почвы называется вес в граммах единицы объема абсолютно сухой почвы с ненарушенным строением. Выражается объемный вес в граммах на  $1 \text{ см}^3$ . Величина его зависит от минералогического, механического состава почвы, структуры, сложения, содержания органического вещества. Объемный вес – показатель плотности сложения почвы.

Величину объемного веса в образцах с ненарушенным строением определяют при помощи бура Дояренко, Некрасова, Лебедева или Качинского. Вырубается тонкостенным металлическим цилиндром определенный (100, 200, 250  $\text{см}^3$ ) объем почвы, содержимое бура переносится в сушильный стаканчик, высушивается до постоянного веса, взвешивается. Вес сухой почвы в граммах, поделенный на объем бура в  $\text{см}^3$ , дает величину объемного веса.

При определении записывается:

- вес стаканчика с сырой почвой (А), г;
- вес стаканчика с высушенной почвой (В), г;
- вес пустого стаканчика (С), г;
- объем бура (U),  $\text{см}^3$ ;
- вес испарившейся влаги (А-В), г;

- вес сухой почвы (В-С), г.

Объемный вес вычисляется по формуле  $D = \frac{B-C}{v}$ .

С некоторой погрешностью можно определить объемный вес в образцах с нарушенной структурой. Для этого взвешивают сушильный стаканчик (или какой-то другой цилиндр), наполняют его почвой. Почву слегка уплотняют путем постукивания стаканчика о ладонь, взвешивают. Вес почвы с поправкой на гигроскопическую влажность делится на объем цилиндра.

Объем стаканчика определяется с помощью мерного цилиндра или по формуле с измерением его высоты и диаметра:

$$V = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h.$$

#### 4.4. Определение порозности (скважности) почвы

Скважностью или порозностью называют суммарный объем всех пор и пустот между твердыми частицами в единице объема, выраженный в процентах от общего объема почвы, взятой без нарушения ее естественного сложения.

Общая порозность (скважность) вычисляется через величину объемного веса массы (Д) и удельного веса массы (d) по формуле

$$P = 100 \left(1 - \frac{D}{d}\right).$$

От порозности зависит полная влагоемкость, воздухоемкость (аэрация), коэффициент фильтрации и другие свойства.

Порозность различных почв различна. Так, плотные глинистые почвы имеют порозность до 20 %, у торфяных почв она повышается до 80 %.

#### 4.5. Определение минеральной части почвы и потери при прокаливании

Твердая фаза почвы состоит из минерального и органического вещества.

Путем прокаливании почвы в муфельной печи при температуре 900 °С можно определить процентное соотношение минеральной и органической части почвы. Однако при прокаливании наряду со сгоранием органического вещества происходит потеря воды, а в случае карбонатных и засоленных почв имеет место потеря CO<sub>2</sub> и хлоридных солей. Но при исследовании лесных почв прокалывание дает достаточно точное представление о соотношении минеральной и органической частей почвы. При исследовании лесных подстилок торфянистых почв путем прокаливании определяется зольность подстилок, торфяных горизонтов.

### ***Ход работы***

В предварительно прокаленный и взвешенный фарфоровый тигель берется навеска воздушно-сухой почвы около 5 г или 1–2 г торфяной почвы или подстилки и ставится для прокаливания в холодную муфельную печь. Для обеспечения полного сгорания органического вещества требуется постепенное прокаливание почвы,  $t$  постепенно доводится до 900 °С. В течение получаса нагревание идет медленно, затем постепенно температура повышается до темно-красного каления. Общая продолжительность прокаливания – около 2 ч. После прокаливания тигель вынимается тигельными щипцами из печи и ставится несколько остывшим в эксикатор. После охлаждения взвешивается. Результаты записываются по следующей форме:

- навеска почвы (А), г;
- вес тигля с прокаленной почвой (В), г;
- вес пустого тигля (С), г;
- минеральная часть почвы (В-С), г.

В процентах на воздушно-сухую почву минеральная часть равна  $(В-С) \times 100 : А$ .

Потеря от прокаливания в процентах равна 100 % минус процент минеральной части. Для выражения результатов на абсолютно-сухую почву, полученную цифру следует умножить на коэффициент К, полученный при определении гигроскопической влаги. В зависимости от содержания железа окраска прокаленной почвы может быть пепельно-серой, розовой, коричнево-красной и др.

### **4.6. Определение гумуса по методу И.В. Тюрина в модификации В.И. Симакова**

Гумус составляет большую часть (80–90 %) органического вещества почвы. Это специфическое соединение, образующееся только в процессе почвообразования. Гумус тесно взаимодействует с минеральной коллоидной частью почвы. Кроме собственно гумуса, в составе органического вещества почвы находятся неразложившиеся остатки растений и животных, плазма микроорганизмов, лигнин, дубильные вещества, смолы, углеводы, жиры и др. Поэтому при подготовке почвы к анализу необходим тщательный отбор всех видимых органических остатков, чтобы исключить все те группы органических веществ, которые не входят в состав гумуса.

Количество гумуса в почве является характерной величиной для каждого типа почв. Гумус играет важную роль в плодородии почвы, от количества и качества гумуса зависят физические и физико-химические свойства почв, гумус является источником питательных веществ, стимулирует рост и развитие растений.

### ***Подготовка почвы к определению гумуса***

Для определения гумуса и азота отбирают среднюю пробу 2–5 г (пробу берут до растирания почвы в ступке). Помещают на стекло или бумагу и тщательно отбирают корешки (под лупой). Мелкие корешки отбирают наэлектризованной эбонитовой или стеклянной палочкой.

После отбора корешков почву растирают в ступке и просеивают через сито с отверстиями диаметром 0,25 мм. Пробу тщательно перемешивают и хранят в пакетике из кальки, обозначив номер разреза и глубину горизонта.

### ***Ход работы***

Метод И.В. Тюрина основан на окислении гумуса 0,4 н раствором двухромового калия ( $K_2Cr_2O_7$ ), приготовленного на серной кислоте, разведенной в воде в объемном отношении 1:1 (мокрое сжигание).

О количестве гумуса судят по количеству хромовой кислоты, пошедшей на его окисление.

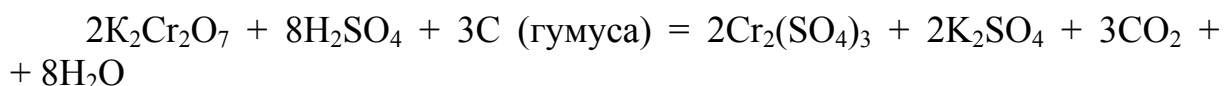
1. Из подготовленной пробы на аналитических весах взять в пробирку навеску в количестве 0,1–0,5 г. Размер навески зависит от количества гумуса в анализируемой почве, чем больше гумуса, тем меньше навески. Для горизонтов  $A_1$ ,  $A_2$  – навеска 0,1–0,2 г, для В, С – 0,5 г.

2. Осторожно перенести навеску в сухую колбу емкостью 100 мл. Пробирку взвесить и по разности в весе установить точную величину навески.

3. В колбу с навеской медленно прилить из бюретки 10 мл 0,4 н раствора  $K_2Cr_2O_7$ , приготовленного на разбавленной серной кислоте. Осторожно круговыми движениями перемешать содержимое колбы.

4. Закрывать колбу маленькой воронкой-холодильником, поставить колбу на асбестовую сетку и довести до кипения.

При нагревании происходит окисление гумуса до  $CO_2$ .

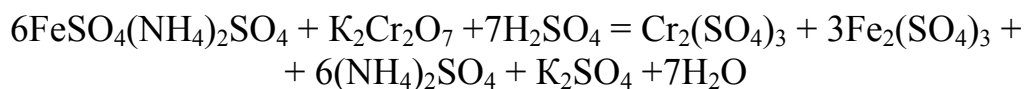


Кипение должно быть слабым и продолжаться точно 5 мин (следить за часами). Сильное кипение приводит к повышению температуры, испарению воды, вследствие чего происходит повышение кислотности раствора и возможно разложение хромовой кислоты, что отразится на точности анализа.

В процессе кипячения раствор меняет окраску и становится буровато-коричневым. Если появляется зеленая окраска, то определение следует повторить, уменьшив навеску, так как зеленая окраска указывает на полное израсходование хромовой кислоты на окисление гумуса.

5. После кипячения дать колбе остыть, затем обмыть горло колбы и воронку минимальным количеством воды (10–15 мл), прибавить 5–8 капель 0,2 % раствора фенилантраниловой кислоты и титровать 0,2 н

раствором соли Мора ( $\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) до перехода вишнево-фиолетовой окраски и синей в темно-зеленую. Когда раствор окрасится в синий цвет, титровать необходимо осторожно, прибавляя раствор соли Мора по 1 капле и тщательно перемешивая титруемую жидкость. Записать количество мл соли Мора, пошедшее на титрование остатка  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . При титровании избытка  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  происходит реакция, которую можно представить уравнением



6. Провести холостое определение – установить, сколько соли Мора идет на титрование 10 мл раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  в серной кислоте. Содержимое колбы с 10 мл титруют так же, как описано выше (без кипячения).

7. Вычислить содержимое гумуса в анализируемой почве по формуле

$$A = \frac{(a-b) \times K_m \times 100 \times 0,0010362 \times K_{\text{H}_2\text{O}}}{C},$$

где А – содержание гумуса, % к весу абсолютно-сухой почвы;

а – количество раствора соли Мора, пошедшее на холостое титрование остатка раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , мл;

в – количество раствора соли Мора, пошедшее на титрование остатка раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , мл;

$K_m$  – поправка к титру соли Мора;

0,0010362 – количество гумуса, соответствующее 1 мл 0,2 н соли Мора;

С – навеска воздушно-сухой почвы, г;

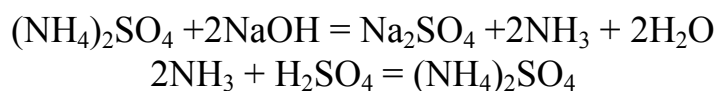
$K_{\text{H}_2\text{O}}$  – коэффициент для пересчета на абсолютно-сухую почву;

100 – коэффициент пересчета в проценты.

#### 4.7. Определение общего азота по И.В. Тюрину

Азот – один из основных элементов питания растений. В почве азот содержится главным образом в составе органического вещества, минерального азота в почве сравнительно мало (2–3 % от его общего запаса).

Принцип метода основан на окислении органического вещества почвы  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . В процессе весь азот переходит в аммиачную форму. Образовавшийся серноокислый аммоний разрушают известью. А выделившийся аммиак отгоняют с водным паром и улавливают в определенный объем титрованного раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,2 н.





### ***Ход работы***

1. На аналитических весах взять навеску почвы 0,2–0,8 г, подготовленную так же, как при определении гумуса.

2. Перенести навеску в колбу емкостью 100 мл и прилить из пипетки 2,5 мл насыщенного раствора  $\text{CrO}_3$  или  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Осторожно взболтать и прибавить 5 мл крепкой серной кислоты (удельный вес 1,84) и вновь осторожно взболтать.

3. Вставить в горло колбы маленькую воронку-холодильник и умеренно кипятить не менее 10 мин до явного позеленения жидкости. Если позеленение наблюдается сразу после прибавления раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и серной кислоты, то необходимо повторить анализ, уменьшив навеску.

4. После охлаждения содержимое колбы перенести при помощи промывалки с дистиллированной водой в перегонную колбу, разбавить примерно до 100–130 мл, тщательно перемешать, прибавить пемзы или 2 кусочка зернистого цинка и, держа колбу в наклонном положении, прилить по стенке 20 мл 50 % раствора  $\text{NaOH}$ , присоединить к аппарату для отгонки с готовым приемником и осторожно взбалтывать.

Предварительно в приемник приливают 10–15 мл 0,2 н раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 3 капли метилрота в качестве индикатора, приемник ставят под перегонный аппарат так, чтобы трубка холодильника погружалась в раствор, но не упиралась в дно, в таком положении трубка остается в продолжении всего анализа.

5. Отгон прекращают, отогнав 50–70 мл дистиллята. Желтая окраска дистиллята указывает на недостаток кислоты в приемнике.

6. Дистиллят нагревают и титруют в присутствии метилрота горячим раствором  $\text{NaOH}$  0,2 н до перехода окраски в бледно-желтую.

7. Вычислить содержание азота по формуле

$$A = \frac{(a \times K_1 - v \times K_2) \times 0,00028 \times K_{\text{H}_2\text{O}}}{C},$$

где  $A$  – содержание азота, % к весу абсолютно-сухой почвы;

$a$  – количество раствора 0,02 н  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , взятое в приемник, мл;

$K_1$  – поправка к титру 0,2 н  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;

$v$  – количество 0,2 н  $\text{NaOH}$ , пошедшее на титрование остатка серной кислоты, не связанной аммиаком, мл;

$K_2$  – поправка к титру 0,2 н  $\text{NaOH}$ ;

0,00028 г азота соответствует 1 мл 0,2 н раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;

$K_{\text{H}_2\text{O}}$  – коэффициент для пересчета на абсолютно-сухую почву;

$C$  – навеска воздушно-сухой почвы, г.

#### 4.8. Определение щелочно-гидролизуемого азота почвы по Корнфильду

Сущность метода заключается в том, что в результате щелочного гидролиза из почвы выделяется аммиак, который улавливается борной кислотой, а затем оттитровывается серной кислотой. Фильтрование не требуется. Вытяжку получают и титруют в одной и той же чашке. Для проведения анализа необходимо иметь чашки Конвея.

##### *Ход работы*

1. 2 г воздушно-сухой почвы помещают во внешнее отделение чашки.
2. Во внутреннюю часть наливают 2 мл двухпроцентной борной кислоты и 2 капли индикатора Гроага.
3. Во внешнюю часть чашки наливают 5 мл 1 н раствора щелочи, не допуская смачивания почвы, для чего чашку надо держать слегка наклонно в сторону перегородки.
4. Не меняя положения чашки, накрывают ее крышкой, края которой смазаны вазелином, и осторожным покачиванием чашки в течение 1 мин добиваются перемешивания почвы со щелочью.
5. Ставят чашку в термостат при 28 °С на 48 ч. За это время происходит выделение аммиака, который поглощается раствором борной кислоты.
6. Чашку вынимают из термостата, снимают крышку и оттитровывают аммиак, поглотившийся борной кислотой. Титрование проводят из микробюретки 0,02 н раствором  $H_2SO_4$  до перехода зеленой окраски раствора в малиновую. Записывают количество израсходованной на титрование кислоты.
7. Вычисляют количество выделившегося из почвы аммиачного азота по формуле

$$X = \frac{a \times n \times 14 \times 100}{m},$$

где X – количество аммиачного азота, мг на 100 г почвы;

a – количество титрованного раствора  $H_2SO_4$ , пошедшего на титрование, мм;

n – нормальность титрованного раствора с учетом поправки;

m – навеска почвы г;

14 – коэффициент пересчета на мг-экв азота;

100 – коэффициент для пересчета на 100 г почвы.

Пример: на титрование с учетом поправки пошло 0,89 мл 0,02 н раствора  $H_2SO_4$ , следовательно:

$$X = \frac{0,89 \times 0,02 \times 14 \times 100}{2} = 12,46 \text{ (мг-экв на 100 г почвы).}$$

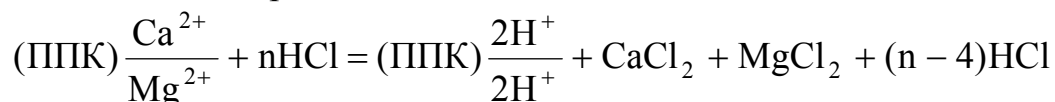
## 4.9. Определение обменных катионов

Твердая фаза почвы состоит из частиц различной крупности, в том числе тонкодисперсных частиц величиной от 0,001 мм и менее. Тонкодисперсная часть почвы складывается преимущественно глинистыми минералами и специфическими соединениями – почвенным гумусом. Она играет важнейшую роль в почвообразовании и носит название почвенного коллоидного или поглощающего комплекса (ППК).

Коллоидные частицы почвы в подавляющем большинстве заряжены отрицательно и поэтому сорбируют катионы. В диффузном слое мицелл почвенных коллоидов находятся обычно кальций, меньше магний, часто, но в небольшом количестве – калий, а также  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Al^{3+}$  и др. Эти катионы способны обмениваться на катионы почвенного раствора и носят название обменных или поглощенных оснований. Количество и состав обменных катионов у различных почв различен и определяет ряд свойств (реакцию, буферность, структурное состояние).

### 4.9.1. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена–Гильковица

Этот метод пригоден только для бескарбонатных почв. Навеска почвы обрабатывается 0,1 н раствором HCl. При этом часть кислоты расходуется на вытеснение и нейтрализацию обменных оснований по схеме



Остаток неиспользованной кислоты учитывается титрованием щелочью известной концентрации.

#### *Ход работы*

1. Взять навеску почвы 20 г (в случае богатых основаниями почв – 10 г) в колбу емкостью 250 мл.
2. Прилить 100 мл 0,1 н соляной кислоты.
3. Взболтать колбу с содержимым в течение часа.
4. Отфильтровать суспензию через сухой складчатый фильтр. Первые мутные порции отбросить (10–15 мл).
5. Взять пипеткой 50 мл фильтрата в колбу емкостью 100 мл, кипятить 1–2 мин, после чего прибавить 2–3 капли фенолфталеина.
6. Титровать горячий фильтрат 0,1 н раствором NaOH до исчезающей в течение 1 мин розовой окраски, записать количество NaOH, пошедшее на титрование.
7. Произвести расчет по следующей формуле:

$$S = \frac{(50 \times K_{HCl} - a \times K_{NaOH}) \times 100 \times 0,1}{C},$$

где  $S$  – сумма обменных оснований, мг-экв/100 г почвы;  
50 – количество фильтрата, взятое для титрования, мл;  
 $a$  – количество 0,1 н NaOH, пошедшее на титрование, мл;  
 $K_{\text{HCl}}$  – поправка к титру соляной кислоты;  
 $K_{\text{NaOH}}$  – поправка к титру щелочи;  
100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;  
0,1 – коэффициент перевода в мг-экв;  
 $C$  – навеска почвы, соответствующая взятому для титрования объему фильтрата, г.

#### 4.9.2. Определение поглощенных кальция и магния трилонометрическим (комплексометрическим) методом

Обменные катионы вытесняют 1 н NaCl с последующим трилонометрическим титрованием. Трилон Б (двунариевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты) образует с ионами кальция и магния прочные комплексы. Если в вытяжку добавить индикатор, дающий цветные соединения с этими ионами, а затем титровать трилоном Б, то ввиду связывания ионов кальция и магния трилоном произойдет изменение окраски. По количеству пошедшего на титрование трилона Б можно рассчитать содержание кальция и магния.

##### ***Ход работы***

1. Поглощенные кальций и магний вытесняются 1,0 н раствором NaCl. Для этого навеску почвы 2–5 г (в зависимости от обменных кальция и магния) промыть на фильтре 1,0 н раствором NaCl до прекращения реакции на кальций (проба по хромогену черному).

Измерить объем фильтрата, довести дистиллированной водой до определенной величины (250–500 мл), хорошо перемешать. Взять пипеткой две пробы по 50 мл в конические колбы на 250 мл: одну для определения суммы кальция и магния, вторую для определения одного кальция.

2. Определить содержание суммы ионов кальция и магния и ионов кальция с помощью трилона Б.

#### 4.9.3. Определение суммы ионов кальция и магния

##### ***Ход работы***

1. Разбавить вытяжку в колбе, прилив в нее дистиллированной воды (20–30 мл).

2. Для устранения влияния марганца и меди, затрудняющих титрование, добавить в колбу 5–10 капель 1 % раствора солянокислого гидроксидламина и 1 мл 2 %  $\text{Na}_2\text{S}$ .

3. Для создания щелочной реакции прилить 5 мл буферного раствора.

4. Добавить индикатор хромоген черный  $C_{20}H_{13}O_7N_3S$  (или хром темно-синий).

5. Оттитровать 0,1–0,05 н раствором трилона Б при энергичном помешивании до перехода окраски раствора от вишнево-красной через фиолетово-синюю в голубую, при титровании с хромом темно-синим – до появления синего оттенка. Рекомендуется проводить титрование со «свидетелем» (заведомо перетитрованной пробой).

6. Вычислить сумму кальция и магния по формуле

$$Ca^{+2} + Mg^{+2} = \frac{a \times 0,05 \times K \times 100}{C} \text{ мг-экв на 100 г почвы,}$$

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

0,05 – нормальность раствора трилона;

К – поправка к титру трилона;

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

100 – коэффициент пересчета результатов анализа на 100 г почвы.

#### 4.9.4. Определение ионов кальция

##### *Ход работы*

1. Разбавить вытяжку дистиллированной водой примерно до 100 мл.

2. Устранить вредное влияние меди и марганца.

3. Прибавить 2 мл 10 % раствора NaOH или KOH (для выведения рН раствора до 12).

4. Внести 0,2–0,3 г сухого мурексида  $C_8H_8N_6O_6H_2O$ .

5. Титровать раствором трилона Б до перехода ярко-пурпуровой окраски в лиловую, имея в качестве «свидетеля» колбу с нетитрованным раствором.

6. Вычислить содержание кальция по формуле

$$Ca^{+2} = \frac{a \times 0,05 \times K \times 100}{C} \text{ (мг-экв ионов кальция на 100 г почвы).}$$

Обозначения те же, что и при вычислении суммы ионов кальция и магния.

Содержание ионов магния вычисляется по разности между суммой ионов кальция и магния и содержанием кальция в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы.

#### 4.10. Кислотность почв

При разложении органических остатков образуется много органических кислот, и если они нейтрализуются не полностью, то почвы приобретают кислую реакцию. Особенно часто это наблюдается под деревянистой растительностью.

Кислотность почв вызывается присутствием ионов водорода. В зависимости от того, в каком состоянии находятся в почве ионы водорода, различают актуальную (активную) кислотность и потенциальную – гидролитическую и обменную.

Актуальная кислотность связана с наличием ионов водорода в почвенном растворе, обуславливается различными воднорастворимыми кислотами и их кислыми солями (угольной, щавелевой, лимонной, фульвокислотой и др.).

Потенциальная кислотность вызывается при взаимодействии почвенных коллоидов с растворами солей.

Для характеристики кислотности (щелочности), т.е. реакции почвы, определяют величину рН суспензии почвы в воде (актуальная кислотность) и в КСl (потенциальная кислотность).

В зависимости от величины рН реакция почв может быть:

- 3,0–4,5 – сильнокислая;
- 4,6–5,5 – кислая;
- 5,6–6,5 – слабокислая;
- 6,6–7,0 – нейтральная;
- 7,1–7,5 – слабощелочная;
- 7,6–8,5 – щелочная;
- > 8,5 – сильнощелочная.

Для произрастания растения, жизнедеятельности микроорганизмов и направления биохимических процессов почвы наиболее благоприятна слабокислая, нейтральная или слабощелочная реакция.

Кислую реакцию имеют подзолистые и дерново-подзолистые почвы, нейтральную – черноземы, слабокислую – серые лесные почвы, слабощелочную – сероземы и т.д.

Величину рН определяют колориметрическими и электрометрическими методами.

##### 4.10.1. Электрометрические (потенциометрические) измерения рН

Электрометрические (потенциометрические) измерения рН проводят при помощи приборов: потенциометра, ионометра и др. Они дают возможность определить рН в мутных и окрашенных вытяжках, в самой почве. Этот метод более точный.

### *Ход работы*

1. В стеклянный стаканчик емкостью 50 мл взять навеску почвы 10 г.
2. Прилить 25 мл дистиллированной воды (при определении актуальной реакции) или 1,0 н раствора KCl (при определении потенциальной реакции).
3. Поместить стаканчик на столик датчика рН-метра и опустить в него электроды, обмытые дистиллированной водой и обсушенные фильтровальной бумагой, на глубину 1,5–2,0 см.
4. Взять отсчет по шкале (через 1 мин) и записать показание.

#### 4.10.2. Колориметрическое определение рН по методу Н.И. Алямовского

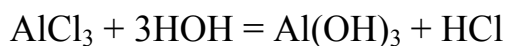
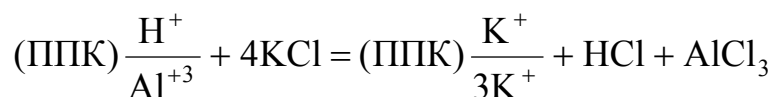
Колориметрический метод состоит в том, что водная или солевая вытяжка из почвы в присутствии универсального индикатора в зависимости от реакции принимает определенную окраску, которую сравнивают с образцовой цветной шкалой.

### *Ход работы*

1. Насыпать в пробирку почвы до нижней метки.
  2. Прилить в пробирку до верхней метки 1,0 н раствор KCl (или дистиллированную воду). Соотношение почвы и раствора 1:2,5.
  3. Содержимое пробирки тщательно взболтать и оставить на сутки для отстаивания жидкости.
  4. Взять пипеткой 5 мл прозрачной вытяжки в пробирку из компаратора.
  5. Прилить 0,3 мл комбинированного индикатора.
  6. Определить рН испытуемого раствора, сравнивая его окраску с окраской эталона стандартной шкалы прибора Алямовского.
  7. Записать результат определения.
- Окрашенные вытяжки обесцвечиваются.

#### 4.10.3. Определение обменной кислотности почв по методу А.В. Соколова

Обменная кислотность – вид потенциальной кислотности. Проявляется при взаимодействии почвенного поглощающего комплекса с раствором нейтральной соли. Вызывается обменными водородом и алюминием.



Метод Соколова дает возможность определить в почве общую обменную кислотность и ионы  $\text{H}^+$  (свободной кислоты) и  $\text{Al}^{3+}$  отдельно.

### *Ход работы*

1. Взять навеску почвы 40 г и перенести ее в колбу емкостью 250 мл.
  2. Прилить 100 мл 1,0 н раствора KCl и взбалтывать в течение 1 ч.
  3. Профильтровать суспензию через сухой складчатый беззольный фильтр.
  4. Взять пипеткой по 25 мл вытяжки в 2 колбы емкостью 100 мл.
  5. Прокипятить содержимое двух колбочек для удаления CO<sub>2</sub>.
  6. Оттитровать горячий раствор в одной колбочке 0,01 н раствором NaOH в присутствии 3–5 капель фенолфталеина до слабо-розового окрашивания.
  7. Во вторую колбочку после кипячения прибавить 1,5 мл 3,5 % раствора NaF для полного осаждения алюминия. Осадок Na<sub>3</sub>(AlF<sub>6</sub>) выпадет через 10–15 мин.
  8. Оттитровать на холоде 0,01 н раствором NaOH в присутствии 3–5 капель фенолфталеина до слабо-розового окрашивания.
- Количество щелочи, израсходованной при первом титровании, соответствует суммарному содержанию ионов водорода и алюминия, а при втором титровании – содержанию ионов водорода.
9. Вычислить суммарное содержание H<sup>+</sup> и Al<sup>3+</sup> и отдельно H<sup>+</sup> по формуле

$$(a \times 100) : (c \times 100).$$

- где а – количество 0,01 н раствора NaOH, пошедшее на титрование, мл;  
100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;  
с – навеска почвы, соответствующая объему вытяжки, взятой для титрования, г;  
100 (в знаменателе) – для перехода к нормальному раствору, так как 1 мл нормального раствора содержит 1 мг-экв.
10. Вычислить содержание алюминия, мг-экв на 100 г почвы, по разности результатов первого и второго определения, выраженных в мг-экв на 100 г почвы.

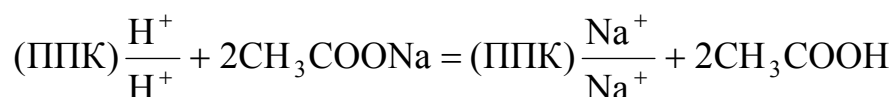
Для выражения содержания алюминия в миллиграммах на 100 г почвы количество миллиграмм-эквивалентов умножают на 9 (эквивалентный вес алюминия).

Определение Al<sup>3+</sup> ионов необходимо, потому что подвижный алюминий оказывает вредное действие на растения и почвенную микрофлору, связывает фосфорную кислоту в труднодоступные для растений формы.

#### 4.10.4. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена

Гидролитическая кислотность – вид потенциальной кислотности, проявляется в почве при взаимодействии ее поглощающего комплекса с раствором гидролитически щелочной соли, например CH<sub>3</sub>COONa.





Уксусная кислота, которая образуется, оттитровывается щелочью.

#### *Ход работы*

1. Взять навеску почвы 40 г в колбу емкостью 250 мл.
2. Прилить 100 мл 1,0 н раствора  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .
3. Взболтать суспензию в течение 1 ч.
4. Профильтровать суспензию через сухой складчатый фильтр. Первые мутные порции отбросить.
5. Взять пипеткой 50 мл фильтрата в колбу емкостью 100 мл, добавить 2–3 капли фенолфталеина.
6. Оттитровать 0,1 н раствором  $\text{NaOH}$  до не исчезающей в течение 0,5–1,0 мин розовой окраски.
7. Произвести расчет по следующей формуле

$$H = \frac{a \times K_{\text{NaOH}} \times 100 \times 0,1 \times 1,75}{C},$$

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

$a$  – количество 0,1 н  $\text{NaOH}$ , пошедшее на титрование, мл;

$K_{\text{NaOH}}$  – поправка к титру  $\text{NaOH}$ ;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;

1,75 – поправка на полноту вытеснения;

0,1 – коэффициент пересчета, мг-экв;

$C$  – навеска почвы, соответствующая взятому для титрования объему фильтрата, г.

По величине гидролитической кислотности рассчитывают норму извести, которую необходимо внести в почву для нейтрализации кислотности пахотного слоя почвы. Для расчета нормы извести в тоннах на 1 га следует величину гидролитической кислотности умножить на 1,5.

#### **4.11. Вычисление степени насыщенности почв основаниями**

Степенью насыщенности называют отношение суммы обменных оснований к емкости поглощения. Степень насыщенности показывает, какую часть от поглощенных катионов составляют поглощенные основания. Выражают ее в процентах и вычисляют по формуле

$$U = \frac{S}{S+H} \times 100,$$

где  $U$  – степень насыщенности почв основаниями, %;

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

$H$  – гидролитическая кислотность, мг-экв на 100 г почвы.

S + Н, выраженная в мг-экв на 100 г почвы, называется емкостью поглощения, зависит от содержания в почве илистых частиц, гумуса, минералогического состава.

Степень насыщенности вычисляется при обосновании необходимости известкования почв, а также для характеристики поглощающего комплекса той или иной почвы, так как, кроме абсолютной величины содержания поглощенного иона водорода, важно его относительное содержание в почве.

#### 4.12. Анализ водной вытяжки

Жидкая фаза почвы, находящаяся в свободном состоянии и заполняющая капиллярные и некапиллярные поры в почве, называется почвенным раствором. По составу и концентрации почвенного раствора почвы могут быть засоленными и незасоленными.

Анализ водной вытяжки дает представление о содержании в почве водорастворимых веществ как органических, так и минеральных, состоящих преимущественно из простых (воднорастворимых) солей. Засоленными почвами считаются почвы, в которых содержание воднорастворимых веществ больше 0,2 %.

В засоленных почвах чаще всего встречаются соли NaCl, NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub> и др.

По степени вредности для растений В.А.Ковда располагает легкорастворимые соли в таком порядке:



В кислых заболоченных и торфяно-болотных почвах вредным для растений является избыточное количество воднорастворимых соединений закисного железа, марганца, алюминия.

##### 4.12.1. Приготовление водной вытяжки

1. Отвесить на технических весах 100 г почвы, просеянной через сито с отверстиями диаметром 1 мм.

2. Навеску перенести в колбу емкостью 500–750 мл и прилить 500 мл дистиллированной воды.

3. Взболтать содержимое колбы в течение 3 мин и отфильтровать вытяжку через плотный сухой складчатый фильтр. Чтобы фильтрат был прозрачным, на фильтр следует перенести часть почвы. Если первые порции фильтрата мутные, их перефильтровывают (для анализа пригоден только прозрачный фильтрат). Водная вытяжка анализируется тотчас после окончания фильтрации (так как после приготовления вытяжки легко загнивают).

В водной вытяжке определяются: 1) сухой остаток, т.е. общая сумма воднорастворимых веществ, дающая представление о концентрации почвенного раствора; 2) прокаленный остаток, т.е. общая сумма минеральных воднорастворимых веществ; 3) щелочность и кислотность; 4) катионы ( $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ ) и анионы ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{NO}_3^-$ ).

Результаты анализа водных вытяжек представляются в процентах, затем пересчитываются в мг-экв на 100 г почвы.

#### 4.12.2. Определение сухого остатка

1. 50 мл фильтрата взять пипеткой и перенести в заранее высушенную и взвешенную на аналитических весах фарфоровую чашку диаметром 7 см.
2. Выпарить на водяной бане досуха.
3. Протереть чашку снаружи и просушить в сушильном шкафу в течение 3 ч при температуре 105 °С.
4. Охладить чашку в эксикаторе и взвесить на аналитических весах.
5. Вычислить сухой остаток в процентах от веса почвы.

#### 4.12.3. Определение общей щелочности

1. В две колбы емкостью 100 мл взять по 25 мл вытяжки.
2. Прибавить по 1–2 капли метилоранжа в каждую колбу.
3. Титровать вытяжки 0,01–0,02 н раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$  до слабо-розового окрашивания. Титрование ведут со «свидетелем». В этих же пробах определяют хлор-ион.
4. Вычисляют общую щелочность в процентах и в миллиграмм-эквивалентах.

$$\text{HCO}_3^- \% = 0,00061 \times a \times K \times 20,$$

где 0,00061 – такому количеству  $\text{HCO}_3^-$  соответствует 1 мл 0,01 н  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  
а – количество 0,01 н  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , пошедшее на титрование 25 мл фильтрата, мл;

К – поправка к титру 0,01 н серной кислоты;

20 – коэффициент для пересчета на 100 г почвы.

Содержание  $\text{HCO}_3^-$  в миллиграмм-эквивалентах вычисляют по формуле

$$\frac{\text{HCO}_3^- \% \times 100}{61} = \text{мг-экв на 100 г почвы},$$

где 100 – коэффициент пересчета, мг-экв;

61 – эквивалентный вес  $\text{HCO}_3^-$ .

#### 4.12.4. Определение хлор-иона

1. В пробу, в которой оттитрована общая щелочность, прибавить 1 мл 10 % раствора  $K_2CrO_4$ .

2. Титровать вытяжку 0,01 н раствором  $AgNO_3$  до красновато-бурого окрашивания. Вторая порция раствора должна находиться рядом, с ней надо сравнивать оттенок титруемой жидкости.

Появление исчезающей красновато-бурой окраски показывает окончание титрования.

3. Вычислить содержание хлор-иона:

$$Cl\% = a \times K \times 0,000355 \times 20,$$

где  $a$  – количество 0,01 н раствора  $AgNO_3$ , пошедшего на титрование, мл;

$K$  – поправка к титру азотнокислого серебра;

0,000355 г – такому количеству хлора соответствует 1 мл 0,01 н  $AgNO_3$ ;

20 – коэффициент пересчета на 100 г почвы.

Содержание хлор-иона в миллиграмм-эквивалентах вычисляют по формуле

$$(Cl\% \times 100) : 35,5 = (\text{мг-экв на } 100 \text{ г почвы}).$$

#### 4.12.5. Определение сульфат-иона

1. Взять 50 мл вытяжки в стакан емкостью 200 мл и прибавить 2–3 капли метилрота.

2. Нейтрализовать фильтрат аммиаком и подкислить 10 % раствором соляной кислоты до розовой окраски.

3. Нагреть до кипения и для осаждения  $BaSO_4$  прибавить по каплям горячий 10 % раствор  $BaCl_2$  в количестве 1–2 мл, тщательно перемешивая.

4. Прокипятить 2–3 мин и оставить в теплом месте на 2–3 ч.

5. Отфильтровать осадок через плотный фильтр, промыть осадок горячей водой, подкисленной  $HCl$ , до исчезновения реакции на барий.

6. Осадок подсушить на воронке, поместить во взвешенный тигель и озолить при температуре не выше 600–700 °С в течение 20–25 мин.

7. Тигель охладить в эксикаторе и взвесить.

8. Вычислить содержание  $SO_4^-$  по формуле

$$SO_4^{-}\% = a \times 0,4114 \times 10,$$

где  $a$  – вес осадка  $BaSO_4$ , г;

0,4114 – коэффициент пересчета на ион  $SO_4^{-}\%$ ;

10 – коэффициент пересчета на 100 г почвы воздушно-сухой.

$\text{SO}_4^-$  в миллиграмм-эквивалентах вычисляют по формуле

$$(\text{SO}_4^- \% \times 1000) : 48,03 = (\text{мг-экв на } 100 \text{ г почвы}).$$

#### 4.12.6. Определение ионов кальция и магния

Для определения воднорастворимых кальция и магния применяют трилонометрический метод.

Определение суммы кальция и магния проводится в следующем порядке.

1. В две колбы емкостью 250 мл взять пипеткой определенный объем водной вытяжки (25 мл).

2. Разбавить вытяжку дистиллированной водой до 100 мл.

3. Добавить в каждую колбу по 5–10 капель 1 % раствора солянокислого гидроксиламина для устранения влияния марганца, 2–3 капли 1 % раствора сульфида натрия для устранения влияния и 5 мл хлоридно-аммиачного буфера и 10–15 капель индикатора хромогена черного.

4. Титровать содержимое одной колбы 0,01 н раствором трилона Б до перехода вишнево-красной окраски в голубую. Вторая колба служит «свидетелем».

5. Вычислить сумму кальция и магния в миллиграмм-эквивалентах по формуле

$$(a \times 0,01 \times K \times 100) = (\text{мг-экв кальция и магния на } 100 \text{ г почвы}),$$

где  $a$  – количество трилона Б, пошедшее на титрование, мл;

0,01 – нормальность трилона;

$K$  – поправка к титру трилона;

$C$  – навеска почвы, соответствующая количеству вытяжки, занятой для титрования, г;

100 – коэффициент для пересчета на 100 г почвы.

#### 4.12.7. Определение кальция

1. Взять определенный объем водной вытяжки (25 мл) в две колбы емкостью 250 мл.

2. Прибавить в каждую колбу 5–10 капель 1 % раствора гидроксиламина, 2–3 капли 1 % раствора сульфида натрия, 2 мл 10 % раствора КОН или NaOH (для доведения рН раствора до 12) и внести 0,2–0,3 г мурексида.

3. Титровать 0,1 н раствором трилона до перехода ярко-пурпурной окраски в лиловую, имея в качестве «свидетеля» колбу с перетитрованным раствором.

4. Вычислить содержащее кальция по формуле

$$(a \times 0,01 \times 100 \times K) : C = (\text{мг-экв кальция на } 100 \text{ г почвы}),$$

с теми же обозначениями, что и при вычислении суммы кальция и магния.

Для вычисления содержания кальция в процентах полученное число умножить на 20,04 и разделить на 1000.

5. Вычислить содержащее магния в водной вытяжке по разности между суммой кальция и магния и содержанием кальция в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы. Для вычисления магния в процентах полученное число умножить на 12,16 и разделить на 1000.

#### 4.12.8. Определение суммы натрия и кальция вычислением

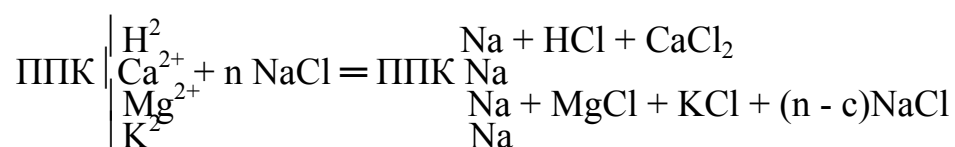
В растворе сумма анионов эквивалентна сумме катионов. Для вычисления суммы натрия и калия (суммируют величины миллиграмм-эквивалентов всех анионов ( $\text{HCO}_3^-$ ) и катионов ( $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ )). Разницу между этими числами принимают за содержание натрия и калия. В водных вытяжках количество натрия значительно превышает количество калия, поэтому всю полученную разность принимают за натрий (мг-экв на 100 г почвы). Умножая количество миллиграмм-эквивалентов натрия на 23 (эквивалентный вес натрия) и разделив на 1000, получим количество натрия в процентах.

Для проверки результатов анализа водной вытяжки следует сравнить сумму анионов и катионов (процентных) с величиной сухого остатка.

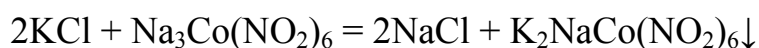
#### 4.13. Определение подвижного калия в подзолистой почве по методу Я.В. Пейве

Поглощенный калий наряду с водорастворимыми соединениями калия служит основным источником питания растений.

Путем обработки почвы однонормальным раствором хлористого натрия производится вытеснение поглощенного и водорастворимого калия по уравнению



Определение перешедшего в вытяжку калия осуществляется при помощи сухой соли кобальтнитрата натрия, с которым растворимые соли калия образуют осадок, по уравнению



В основу метода положен принцип наименьших концентраций. Этот метод состоит в том, что образование осадка при осаждении кобальтнитритом происходит лишь до определенной наименьшей концентрации калия в данном растворе. Эта наименьшая концентрация калия в растворе, при которой не образуется осадок, для определенной температуры является величиной постоянной. По величине наименьшей концентрации находится для данных условий и с учетом разбавления содержание калия в исследуемом растворе. Опытным путем установлены величины наименьших концентраций в миллиграммах на литр, при которых не происходит выпадение осадка в пределах разных значений температур.

### *Ход анализа*

1. Берется навеска почвы (25 г) и помещается в коническую колбу.
2. К навеске почвы приливается 50 мл однонормального раствора NaCl.
3. Содержимое встряхивается в течение 5 мин и отфильтровывается через сухой складчатый фильтр.
4. Готовится штатив с 10 пробирками.
5. В каждую пробирку градуированной пипеткой вносится определенное количество прозрачного фильтрата по табл. 1.

Таблица 1

Количество (объем) внесенного фильтрата, мл

№ пробирки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество (объем), мл	5,0	4,0	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0	0

Все пробирки доливаются до объема 5 мл однонормальным раствором NaCl и в каждую пробирку прибавляется 0,1 г сухого кобальтнитрита натрия.

6. Содержимое встряхивается и отстаивается в течение 30 мин.
7. В десятую пробирку вставляется термометр для измерения температуры исследуемого раствора.
8. Через 30 мин производится наблюдение у окна или лампы за выпадением осадка и образованием мути.

Отмечается первая пробирка в ряду, в которой нет никакой мути. Раствор в этой пробирке имеет предельную концентрацию, при которой не может быть выпадения осадка в данных условиях.

9. По табл. 2 определяется содержание подвижного калия в миллиграммах на 100 г почвы.

Таблица 2

Определение содержания подвижного калия ( $K_2O$ ) в почве

Температура, °С	Содержание $K_2O$ , мг/л	№ пробирки и количество вытяжки, мл								
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
		5,0	4,0	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0
Количество $K_2O$ (мг на 100 г почвы)										
24	24	4,8	6,0	8,0	9,6	12,0	13,5	15,8	20,0	24,0
23	23	5,7	4,6	7,7	9,2	11,5	12,8	15,2	19,1	23,0
22	22	4,4	5,5	7,3	8,8	11,0	12,2	14,6	18,3	22,0
21	21	4,2	5,25	7,0	8,4	10,5	11,8	14,0	17,5	21,0
20	20	4,0	5,0	6,7	8,0	10,0	11,1	13,3	16,7	20,0
19	19	3,8	4,75	6,3	7,6	9,5	10,5	12,6	15,8	19,0
18	18	3,6	4,5	6,0	7,2	9,0	10,0	12,0	15,0	18,0
17	17	3,4	4,25	5,6	6,7	8,5	9,4	11,3	14,4	17,0
16	16	3,2	4,0	5,3	6,4	8,0	8,9	10,7	13,3	16,0
15	15	3,0	3,7	5,0	6,0	7,5	8,3	10,0	12,5	15,0
14	14	2,8	3,5	4,7	5,6	7,0	7,8	9,3	11,7	14,0
13	13	2,6	3,25	4,3	5,2	6,5	7,2	8,6	10,8	13,0
12	12	2,4	3,0	4,0	4,8	6,0	6,7	8,0	10,0	12,0

Если в испытуемом образце калия много (осадок образуется и в 9-й пробирке), то надо определение повторить, предварительно разбавив вытяжку и приняв во внимание это разбавление при расчете.

При оценке обеспеченности почвы калием исходят из следующего:

- высокая обеспеченность –  $> 20$  мг  $K_2O$  на 100 г почвы;
- средняя обеспеченность – 20–10 мг;
- низкая обеспеченность –  $< 10$  мг.

#### 4.14. Определение подвижного фосфора $P_2O_5$ по методу А.Т. Кирсанова

Подвижные формы фосфатов в подзолистых, дерново-подзолистых и серых лесных почвах определяются по методу А.Т. Кирсанова.

Метод основан на извлечении из почвы доступного растениями фосфора 0,2 н  $HCl$  с помощью молибденовой сини, образующейся при восстановлении фосфорно-молибденовой кислоты металлическим оловом.

В вытяжку переходят все фосфаты кальция, большая часть фосфатов полуторных окислов, фосфор из апатита. Органически связанный фосфор в этой вытяжке отсутствует.

По мнению автора этого метода, 0,2 н раствор соляной кислоты по концентрации соответствует растворяющей силе корневых выделений растений.



### *Ход работы*

1. Навеска почвы (5 г) помещается в коническую колбочку емкостью 100 мл.

2. Приливается пипеткой 25 мл 0,2 н раствора HCl.

3. Содержимое колбочки взбалтывается в течение 1 мин, затем отстаивается 15 мин.

4. Содержимое колбочки отфильтровывается через сухой складчатый фильтр.

5. В пробирку берется 5 мл фильтрата и приливается 5 мл реактива «Б» (раствор молибденовокислого аммония в HCl).

6. Раствор в пробирке обрабатывается оловянной палочкой до получения голубого окрашивания, не усиливающегося при дальнейшем помешивании.

Помешивать жидкость, опуская и поднимая в ней оловянную палочку, не делая при этом резких движений палочкой вниз, так как ее концом можно пробить дно пробирки.

Оловянную палочку перед употреблением промыть дистиллированной водой и вытереть фильтровальной бумагой.

Интенсивно-синяя окраска указывает на хорошую обеспеченность почвы подвижными фосфатами, а зеленовато-синяя – на недостаток  $P_2O_5$ .

7. Окраску испытуемого раствора сравнить со стандартной шкалой, записать количество  $P_2O_5$  в миллиграммах на 100 г почвы.

8. Одновременно готовится стандартная шкала. Для этого берется пипеткой из каждой колбы, содержащей стандартный раствор, по 5 мл в пробирки и приливается в них по 5 мл реактива «Б». Содержимое обрабатывается оловянной палочкой. Можно воспользоваться готовой шкалой.

9. Если испытуемый раствор имеет более интенсивную окраску, чем стандартный раствор в последней пробирке, то определение следует повторить. Для этого следует взять 10 мл фильтрата и разбавить в 5 раз 0,2 н соляной кислотой (т.е. прилить 40 мл ее). Разбавление провести в мерной колбочке на 50 мл. После взбалтывания взять 5 мл разбавленного фильтра и произвести обработку оловянной палочкой, предварительно прибавив 5 мл реактива «Б».

При вычислении сделать соответствующую поправку на разбавление.

10. На основании полученных данных судят о степени нуждаемости растений в фосфорных удобрениях. Чем меньше содержится в почве доступных фосфатов, тем выше потребность растений в фосфорных удобрениях (табл. 3).

Таблица 3

Оценка обеспеченности почв подвижным фосфором ( $P_2O_5$ )

Содержание $P_2O_5$ на 100 г почвы, мг	Степень нуждаемости в фосфорных удобрениях
Меньше 7	Сильная нуждаемость (большая эффективность фосфорных удобрений)
От 7,5 до 20	Средняя нуждаемость в фосфорных удобрениях
Больше 20	Почва не нуждается в фосфорных удобрениях (слабая эффективность фосфатов, т.е. много доступной для растений $P_2O_5$ )

В результате лабораторных исследований почв полученные данные вносятся в табл. 4 и анализируются.

Таблица 4

## Оценка физических и химических свойств почвы по результатам их лабораторного изучения (лабораторные работы 1–4)

Скелетность, %	Общие физические свойства			pH KCl потенциальная	Гидролитическая кислотность (H), мг-экв на 100 г почвы	Сумма обменных оснований (S), мг-экв на 100 г почвы	Ёмкость поглощения (E), мг-экв на 100 г почвы	Степень насыщенности основаниями (V), %	Обеспеченность питательными веществами, мг на 100 г почвы	
	Удельный вес (масса) d	Объёмный вес (масса) D, г/см <sup>3</sup>	Порозность (скважность), %						Подвижный фосфор ( $P_2O_5$ )	Подвижный калий ( $K_2O$ )

Таким образом, в учебно-методическом пособии изложены доступные методики, которые позволяют проводить основные виды агрохимических анализов и получать репрезентативные данные. Эти данные используются для дальнейшего проектирования и проведения мелиоративных мероприятий. При этом основная задача исследователя – это объективная и корректная интерпретация. В табл. 4 включаются показатели, которые являются наиболее значимыми и информативными при комплексной оценке «действительного» плодородия изучаемых на лабораторных занятиях образцов почв.

Ниже представлены основные критерии для оценки плодородия почвы по конкретным почвенным образцам.

## Общие критерии для подготовки выводов

1. В соответствии со скелетностью почвы оцениваются: некаменистая – до 0,5 %; слабокаменистая – 0,5–5 %; среднекаменистая – 5–10 %; сильнокаменистая – более 10 %.

2. В зависимости от объёмного веса (массы): рыхлая – 0,90–0,95 г/см<sup>3</sup>; нормальная – 0,95–1,15 г/см<sup>3</sup>; уплотнённая – 1,15–1,25 г/см<sup>3</sup>; сильноуплотнённая – более 1,25 г/см<sup>3</sup>. Для большинства культур оптимальным считается объёмный вес 1,0–1,25 г/см<sup>3</sup>.

3. Почва по показателю порозности (скважности) (P, %) оценивается: оптимальная – 45–50 %; благоприятная – 50–80 %; недостаточная – 35–40 %; корненипроницаемая – 26–30 %.

4. Реакция почвы характеризуется при pH 3,5–4 как сильнокислая; 4,6–5,5 – кислая; 5,6–6,5 – слабокислая; 6,6–7,0 – нейтральная; 7,1–7,5 – слабощелочная; 7,6–8,5 – щелочная; более 8,5 – сильнощелочная.

5. Полная доза внесения извести в почву рассчитывается из показателя гидролитической кислотности Н (мг-экв на 100 г)

$$M \text{ CaCO}_3 \text{ (т/га)} = 1,5 \text{ Н.}$$

6. Ёмкость поглощения Е (мг-экв на 100 г) рассчитывается  $E = S + H$  как сумма показателей обменных катионов (S, мг-экв/100 г почвы) и гидролитической кислотности (H, мг-экв/100 г почвы).

7. Степень насыщенности V (%) определяется  $V = S / (S + H)$  и характеризуется как высокая при V более 75 %; средняя – при V 50–75 %; низкая – при V менее 50 %.

8. По обеспеченности доступным фосфором (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) почвы оцениваются как низкообеспеченные при его содержании менее 7 мг на 100 г; среднеобеспеченные – 7,5–20,0 мг на 100 г; высокообеспеченные – более 20 мг на 100 г.

9. По обеспеченности доступным калием (K<sub>2</sub>O) почвы оцениваются как низкообеспеченные при его содержании менее 10,0 мг на 100 г; среднеобеспеченные – 10,0–20,0 мг на 100 г; высокообеспеченные – более 20 мг на 100 г.

10. Дозы внесения в почвы минеральных удобрений определяются по нормативно-справочной литературе (приложения).

## **5. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ВИДОВ И ДОЗ ХИМИЧЕСКИХ МЕЛИОРАНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ**

### **5.1. Минеральные удобрения, их классификация**

Применение минеральных удобрений для воспроизводства плодородия остается эффективной мерой.

Минеральные удобрения подразделяют на простые (односторонние) и комплексные (комбинированные).

Простые удобрения содержат только один элемент питания. Это определение несколько условно, так как в простых удобрениях, кроме одного из основных элементов питания, могут содержаться сера, магний, кальций, микроэлементы.

В состав комплексных удобрений входят два или три основных элемента питания (азот и фосфор, фосфор и калий, азот и калий, азот, фосфор и калий). Комплексные удобрения по способу производства подразделяют на сложные, сложно-смешанные и смешанные.

Сложные удобрения получают в едином технологическом процессе при химическом взаимодействии исходных компонентов: полупродуктов (кислот, аммиака, аммиакатов, плава, аммиачной селитры и т.д.), калийных солей, фосфорита или апатита.

Сложно-смешанные удобрения образуются путем взаимодействия простых удобрений (аммиачная селитра, простой или двойной суперфосфат, хлористый калий и т.д.) с фосфорной или серной кислотой и аммонизации смеси аммиакатами.

Смешанные удобрения получают механическим смешиванием готовых, как правило, односторонних туков. В настоящее время разработан способ получения гранулированных комплексных удобрений путем прессования соответствующих смесей порошкообразных туков.

В каждой грануле сложных и сложно-смешанных туков, а также комплексных гранулированных, получаемых путем прессования тукосмесей, находятся все содержащиеся в удобрении элементы питания в строго определенных соотношениях. Эти удобрения не слеживаются даже при длительном хранении и имеют хорошие физические свойства.

Однако смешанным удобрениям присущи существенные недостатки. При хранении, транспортировке и внесении смешанных туков в почву наблюдается их расслоение (сегрегация), что вызывает неравномерное распределение питательных веществ по площади и, следовательно, снижает эффективность удобрений. Кроме того, из-за ухудшения физико-химических свойств нельзя смешивать между собой все удобрения. Смешанные удобрения недопустимо долго хранить, поэтому их нужно готовить непосредственно перед внесением.

В смешанных удобрениях отдельные питательные вещества находятся только в гранулах исходных компонентов, например азот в гранулах мочевины, фосфор в гранулах суперфосфата. Из-за рассредоточения питательных веществ в смешанных удобрениях по отдельным гранулам и неравномерного их распределения в почве растениям приходится затрачивать больше энергии, чем если бы вещества находились в одной грануле. Питательные вещества из одной гранулы лучше поглощаются растениями.

Простые удобрения в зависимости от того, какой элемент питания в них содержится, подразделяют на азотные, фосфорные и калийные.

Все соли, применяемые в виде удобрений делятся на физиологически кислые (ФК) и физиологически щелочные (ФЩ), которые соответственно подкисляют или подщелачивают среду в почве. К кислым удобрениям отнесены хлористый аммоний, сернокислый аммоний, хлористый калий, калийные соли, мочевины, к щелочным – натриевая и калиевая селитра.

Обоснование эффективных видов, доз, сроков и способов внесения минеральных удобрений является основной задачей агрохимика. Параметры внесения минеральных и органических удобрений во многом определяются объектами, где намечается их применение.

В приложениях представлены основные нормативные материалы для агрохимической оценки почв и назначения мелиоративных мероприятий.

## **5.2. Перерасчет натурального веса минеральных удобрений в условные туки**

В нашей стране в настоящее время планирование производства и поставок минеральных удобрений осуществляется в условных туках: азотные удобрения в перерасчете на сульфат аммония с содержанием 20,5 % азота, фосфорные – на 18,7 % и фосфоритная мука – на 19 % фосфорного ангидрида ( $P_2O_5$ ) и калийные удобрения – 41,6 % окиси калия ( $K_2O$ ). Для перерасчета отдельных форм минеральных удобрений в условные туки применяют следующие коэффициенты (табл. 5).

Коэффициенты перерасчета в условные туки определяют путем деления величины содержания питательных веществ в конкретном удобрении на величину, принятую для условной единицы, т. е. для азотных удобрений – на 20,5, фосфорных – на 18,7, фосфоритной муки – на 19 и калийных удобрений – на 41,6. Например, чтобы определить коэффициент перерасчета для двойного суперфосфата, содержащего 42,5 % действующего вещества ( $P_2O_5$ ), следует 42 разделить на 18,7, и получим коэффициент перерасчета в условные туки для двойного суперфосфата, равный 2,25. Таким образом, с изменением содержания действующего вещества в удобрениях для их перевода в условные туки должен применяться другой пересчетный коэффициент.

Для перевода минеральных удобрений в 100 %-ное содержание питательных веществ физический вес данного удобрения умножают на величину процентного содержания в нем питательного вещества и делят на 10. Например для определения питательного вещества в 500 кг 40 %-ной калийной соли, содержащей 40 % окиси калия, проводят следующий расчет:

$$500 \times 40 / 100 = 200 \text{ кг } K_2O.$$

В сложных удобрениях количество питательных веществ определяют таким же образом отдельно по азоту, фосфору ( $P_2O_5$ ) и калию ( $K_2O$ ).

Применяется также и выражение всех питательных веществ в удобрениях, почве и растениях не в форме окислов ( $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $MgO$ ,  $CaO$  и т.д.), а в виде элементов (P, K, Mg, Ca и т.д.).

Коэффициенты пересчета из окислов в элементы питательных веществ и, наоборот, из элементов в окислы питательных веществ следующие:

1 $P_2O_5 = 0,4364$ P	1 P = 2,2911 $P_2O_5$
1 $K_2O = 0,8301$ K	1 K = 1,2046 $K_2O$
1 $CaO = 0,7147$ Ca	1 Ca = 1,3992 $CaO$
1 $CaCO_3 = 0,4004$ Ca	1 Ca = 2,4972 $CaCO_3$
1 $MgO = 0,6031$ Mg	1 Mg = 1,6579 $MgO$

Пользуясь указанными коэффициентами, можно пересчитать содержание питательных веществ в удобрениях из формы окислов в форму элементов и, наоборот, перевести питательные вещества из элементарной формы в форму окислов. Например в суперфосфате, содержащем 20 % усвояемой  $P_2O_5$ , действующего вещества в элементарной форме (P) будет  $20 \times 0,4364 = 8,7$  %; количество калия в элементарной форме (K) в хлористом калии, содержащем 60 %  $K_2O$ , составит  $60 \times 0,8301 = 49,8$  % и т.д.

Таблица 5

Коэффициенты перерасчета минеральных удобрений в условные туки

Удобрение	Содержание основного питательного вещества, %	Коэффициенты пересчета в условные туки
1	2	3
Азотные удобрения в пересчете на условное содержание 20,5 % азота (N)		
Сульфат аммония	20,5	1,00
Аммиачная селитра	34,9	1,70
Натриевая селитра	15,6	0,76
Кальциевая селитра	16,6	0,81
Мочевина	46,0	2,20
Хлористый аммоний	26,0	1,27
Сульфат аммония-натрия	18,0	0,88

Окончание табл. 5

1	2	3
Аммиачная вода	20,5	1,00
Нитрофоска	11,0	0,54
Нитрофос	25,0	1,22
Аммофос из фосфоритной муки	10,7	0,52
Аммофос из апатитового концентрата	12,9	0,63
Аммонизированный суперфосфат	1,7	0,08
Фосфорные удобрения в пересчете на условное содержание 18,7 % фосфорного ангидрида (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		
Суперфосфат простой порошковидный	18,7	1,0
Суперфосфат простой гранулированный	19,5	1,04
Суперфосфат простой из фосфоритной муки	14,0	0,75
Суперфосфат гранулированный из фосфоритной муки	14,4	0,77
Суперфосфат двойной	45,8	2,45
Аммонизированный суперфосфат	14,0	0,75
Аммофос из фосфоритной муки	47,0	2,51
Аммофос из апатитового концентрата	50,8	2,72
Обесфторенный фосфат	32,0	1,71
Нитрофоска	11,0	0,59
Нитрофос	10,4	0,56
Фосфатшлак	12,0	0,64
Калийные удобрения в пересчете на условное содержание 41,6 % окиси калия (K <sub>2</sub> O)		
Хлористый калий	60	1,44
40 %-ная калийная соль	40	0,96
30 %-ная калийная соль	30	0,72
Хлористый калий-электролит	41,6	1,0
Сульфат калия	52,0	1,25
Каинит	10,0	0,24
Сильвинит	13,9	0,33
Калимагнезия	28–30	0,67–0,72
Калимаг	18	0,43

Другие нормативно-справочные материалы рассмотрены в приложениях.

## Рекомендуемая литература

Агрохимические методы исследования почв [Текст]. М.: Изд-во АН СССР, 1960., 555 с.

Анспок, П.И. Справочник агрохимика Нечерноземной зоны [Текст] / П.И. Анспок, Ю.А. Штиканс, Р.Р. Визла. Л.: Колос: Ленингр. отд-ние, 1981. 328 с.

Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв [Текст] / Е.В. Аринушкина. М.: Изд-во МГУ, 1970. 488 с.

Вальков, В.Ф. Почвоведение [Текст]: учебник для вузов / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. М.: ИКЦ Март; Ростов н/Д: Изд. центр «Март», 2004. 496 с.

Васильев, В.А. Справочник по органическим удобрениям [Текст] / В.А. Васильев, Н.В. Филиппова. М.: Росагропромиздат, 1988. 255 с.

Возбуцкая, А.Е. Химия почвы [Текст] / А.Е. Возбуцкая. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1964. 397 с.

Волкова, И.Н. Экологическое почвоведение [Текст]: учеб. пособие / И.Н. Волкова; Яросл. гос. ун-т им. П.Г. Демидова. Ярославль: ЯрГУ, 2013. 112 с.

ГОСТ 12.3.037-84. Система стандартов безопасности труда. Применение минеральных удобрений в сельском и лесном хозяйстве. Общие требования безопасности [Текст] М.: Рос. комитет СССР по стандартам, 1984.

ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава [Текст]. М.: Стандартиформ, 2015. 19 с.

ГОСТ 26107-84. Методы определения общего азота [Текст]. М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1984. 8 с.

ГОСТ 26213-91. Методы определения органического вещества [Текст]. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991. 6 с.

ГОСТ 26483-85. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО [Текст]. М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1985. 4 с.

ГОСТ 54650-2011. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО [Текст]. М.: Стандартиформ, 2013. 8 с.

Гречин, И.П. Практикум по почвоведению [Текст] / И.П. Гречин, И.С. Куричев и др. М.: Колос. 1964. 423 с.

Дербенцева, А.М. Агрохимия [Текст] / А.М. Дербенцева. Владивосток: Изд-во Дальневосточного ун-та 2006. 100 с.

Ефимов, В.Н. Система удобрений [Текст] / В.Н. Ефимов. М.: КолосС, 2003. 320 с.

Ковриго, В.П. Почвоведение с основами геологии [Текст] / В.П. Ковриго, И.С. Кауричев, Л.М. Бурлакова. М.: Колос, 2000. 416 с.



- Минеев, В.Г. Агрохимия [Текст] / В.Г. Минеев. М.: МГУ 2006. 720 с.
- Михайлова, Л.А. Агрохимия: курс лекций. В 3 ч. Ч. 1: Удобрения: виды, свойства, химический состав / Л.А. Михайлова. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2015. 426 с.
- Муха, В.Д. Практикум по агрономическому почвоведению [Текст] / В.Д. Муха. М.: Лань, 2013. 480 с.
- Победов, В.С. Справочник по применению удобрений в лесном хозяйстве. М., 1977. 184 с.
- Победов, В.С. Справочник по удобрениям в лесном хозяйстве [Текст] / В.С. Победов и др.; под ред. В.С. Победова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 172 с.
- Почвоведение [Текст] / под ред. Кауричева И.С. М., 1969. 543 с.
- Радов, А.С. Практикум по агрохимии [Текст] / А.С. Радов, И.В. Пустовой, А.В. Корольков. 3 изд., перераб. и доп. М., 1978. 851 с.
- Рахманов, И.Г. Руководство к лабораторно-практическим занятиям по почвоведению [Текст] / И.Г. Рахманов. Л., 1963.
- Справочник по удобрениям в лесном хозяйстве [Текст] / В.С. Победов, И.М. Булавин, Е.А. Лебедев и др. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Агроиздат, 1986. 172 с.
- Справочник по применению удобрений в лесном хозяйстве [Текст]. М., 1977, 184 с.
- Ягодин, Б.А. Агрохимия [Текст] / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. М.: Мир, 2004. 351 с.

## Агрохимические свойства пахотного горизонта основных почвенных разностей

Почвы	Мощность перегной- ного слоя, см	Валовое содержание, %				рН соле- вой вы- тяжки	Гидролити- ческая ки- слотность, мг-экв/100 г почвы	Сумма по- глощенных оснований, мг-экв/100 г почвы	Степень насыщен- ности ос- новани- ями, %
		перегноя	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
Сильноподзолистые супесчаные и песчаные	5 – 15	1,5 – 2,0	0,08 – 0,16	0,03 – 0,07	1,6 – 2,0	4,0 – 5,0	1,0 – 7,0	1 – 3	20 – 35
Среднеподзолистые супесчаные и песчаные	12 – 15	2,0 – 3,0	0,10 – 0,15	0,13 – 0,17	1,8 – 2,0	4,5 – 5,5	2,0 – 5,0	2 – 5	35 – 60
Слабоподзолистые супесчаные и песчаные	15 – 20	2,5 – 3,5	0,11 – 0,15	0,10 – 0,13	1,8 – 2,0	5,0 – 6,5	1,0 – 3,0	2 – 5	50 – 70
Сильноподзолистые тяжелосуглинистые и суглинистые	10 – 15	2,0 – 2,5	0,13 – 0,18	0,06 – 0,10	1,8 – 2,2	4,0 – 5,0	5,0 – 10,0	2 – 10	30 – 50
Среднеподзолистые тяжелосуглинистые и суглинистые	12 – 17	2,5 – 3,5	0,15 – 0,18	0,08 – 0,12	1,8 – 2,8	4,5 – 5,5	3,0 – 6,0	3 – 15	40 – 70
Слабоподзолистые тяжелосуглинистые и суглинистые	15 – 20	2,5 – 3,5	0,15 – 0,20	0,08 – 0,11	2,0 – 2,4	5,0 – 6,5	2,0 – 3,5	5 – 15	70 – 90
Подзолисто-глеевые и глееватые суглинистые	Различная, но выше, чем у под- зо-листых	3,0 – 6,0	0,25 – 0,40	0,10 – 0,22	2,0 – 2,4	4,0 – 4,5	5,0 – 6,0	10 – 15	40 – 70

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
Подзолисто-глеевые и глееватые супесчаные	То же	2,0 – 5,0	0,20 – 0,30	0,07 – 0,13	2,0 – 2,4	3,5 – 4,0	4,0 – 5,0	8 – 12	30 – 60
Светло-серая лесная	20 – 30	2,0 – 3,0	0,10 – 0,20	0,06 – 0,15	1,5 – 2,5	4,8 – 5,5	1,5 – 3,0	4,5 – 10,0	70 – 80
Темно-серая лесная	40 – 60	4,0 – 8,0	0,20 – 0,35	0,10 – 0,20	1,8 – 2,5	5,0 – 5,8	1,3 – 2,7	11 – 17	75 – 80
Оподзоленные черноземы	50 – 70	4,0 – 8,0	0,20 – 0,45	0,15 – 0,20	2,0 – 2,5	5,0 – 6,5	1,0 – 7,0	35 – 50	70 – 80
Выщелоченные черноземы	70 – 100	6,0 – 10,0	0,30 – 0,50	0,15 – 0,20	2,0 – 2,5	5,2 – 7,2	1,0 – 4,0	45 – 55	70 – 90
Мощные черноземы	80 – 100 и более	8,0 – 12,0	0,40 – 0,50	0,15 – 0,25	2,0 – 2,5	5,5 – 7,2	Около 1,0	50 – 60	90 – 95
Обыкновенные черноземы	65 – 80	6,0 – 10,0	0,25 – 0,40	0,15 – 0,25	1,8 – 2,5	Около 7,0	Нет	35 – 45	98 – 100
Южные черноземы	45 – 60	4,0 – 7,0	0,20 – 0,30	0,12 – 0,20	1,8 – 2,5	То же	»	25 – 35	100
Приазовские черноземы	До 150	4,5 – 6,0	0,20 – 0,30	0,15 – 0,25	2,0 – 2,5	» »	»	35 – 40	100
Темно-каштановые	40 – 50	3,0 – 4,5	0,20 – 0,30	0,12 – 0,20	2,0 – 2,5	7,0 – 7,5	»	25 – 35	100
Каштановые	35 – 45	2,5 – 3,5	0,15 – 0,25	0,12 – 0,20	2,0 – 2,5	6,7 – 7,4	»	25 – 35	100
Светло-каштановые серо-бурые	10 – 25	1,6 – 3,5	0,10 – 0,20	0,15 – 0,19	1,8 – 2,25	Выше 7,0	»	11 – 15	100
Бурые пустынно-степные	15 – 25	1,0 – 2,0	0,09 – 0,15	0,10 – 0,15	1,0 – 2,5	То же	»	15 – 20	100
Солонцы	10 – 40	1,0 – 3,5	0,07 – 0,20	0,10 – 0,20	1,2 – 2,5	» »	»	15 – 30	100
Солончаки	10 – 60	1,0 – 5,0	0,07 – 0,25	0,12 – 0,20	1,5 – 3,0	» »	»	19 – 38	100
Сероземы (типичные)	8 – 10	1,0 – 2,0	0,10 – 0,18	0,08 – 0,20	1,9 – 2,25	» »	»	8 – 10	100
Красноземы	15 – 25	3,0 – 7,0	0,20 – 0,30	0,06 – 0,20	0,6 – 0,9	3,8 – 4,3	10 – 20	2 – 6	10 – 40

Допустимость смешения удобрений (по И.М. Стребкову)

43

Удобрения	Аммиачная селитра	Сульфат аммония	Мочевина	Суперфосфат простой	Суперфосфат нейтрализованный	Суперфосфат гранулированный	Суперфосфат двойной	Преципитат	Фосфоритная мука	Фосфатшлаки, томасшлаки	Аммофос, диаммонийфосфат	Хлористый калий, хлористый калий-электролит	40%-ная калийная соль	Сернокислый калий, шенит	Поташ, карбонаты, цементная пыль	Сильвинит	Каинит
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Аммиачная селитра	М	У	Н	Н	У	У	У	У	У	Н	У	У	У	У	Н	У	У
Сульфат аммония	У	М	У	М	М	М	М	М	М	Н	М	У	У	М	Н	У	У
Мочевина	Н	У	М	Н	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	Н	У	У
Суперфосфат простой	Н	М	Н	М	М	М	М	М	М	Н	М	У	У	М	Н	У	У
Суперфосфат нейтрализованный	У	М	У	М	М	М	М	М	М	Н	М	У	У	М	Н	У	У
Суперфосфат гранулированный	У	М	У	М	М	М	М	М	М	Н	М	У	У	М	Н	У	У
Суперфосфат двойной	У	М	У	М	М	М	М	М	М	Н	М	У	У	М	Н	У	У
Преципитат	У	М	У	М	М	М	М	М	М	Н	М	У	У	М	Н	У	У
Фосфоритная мука	У	М	У	М	М	М	М	М	М	М	М	У	У	М	Н	У	У
Фосфатшлаки, томасшлаки	Н	Н	У	Н	Н	Н	Н	Н	М	М	Н	У	У	М	Н	У	У
Аммофос, диаммонийфосфат	У	М	У	М	М	М	М	М	М	Н	М	У	У	М	Н	М	М

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>	<i>17</i>	<i>18</i>
Хлористый калий, хлористый калий-электролит	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	М	М	М	Н	М	М
40%-ная калийная соль	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	М	М	М	Н	М	М
Сернокислый калий, шенит	У	М	У	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	Н	М	М
Поташ, карбонаты, цементная пыль	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	М	Н	Н
Сильвинит	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	М	М	М	М	Н	М	М
Каинит	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	М	М	М	М	Н	М	М

Примечание. Буквы в месте пересечения вертикальных и горизонтальных граф обозначают: М – смешивать можно; У – смешивать можно непосредственно перед внесением; Н – нельзя смешивать.

### Приложение 3

#### Группировка почв по содержанию гумуса, усвояемых форм Р и К (для пахотного горизонта 0–25 см)

Группа	Степень обеспеченности	Гумус, %	Содержание, мг/100 г почвы	
			Подвижный фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Подвижный калий (K <sub>2</sub> O)
1	Очень низкая	<3,0	<3,0	<3,0
2	Низкая	1,1–2,0	3,1–6,0	3,1–6,0
3	Средняя	2,1–3,0	6,1–13,0	6,1–12,0
4	Повышенная	>3,0	>13,0	>12,0

### Приложение 4

#### Группировка почв по содержанию гумуса

Оценка обеспеченности	Содержание гумуса, %
Крайне бедные	До 1,0
Бедные	1,01–2,0
Недостаточно обеспеченные	2,01–3,0
Среднеобеспеченные	3,01–4,0
Хорошо обеспеченные	4,01 и больше

### Приложение 5

#### Группировка почв по обеспеченности усвояемыми формами питательных веществ

Степень обеспеченности	Содержание питательных веществ, мг на 100 г почвы		
	Подвижный фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Подвижный калий (K <sub>2</sub> O)	Гидролизующий азот
Очень низкая	<3,0	<4,0	<4,0
Низкая	3,1–8,0	4,1–8,0	4,1–5,0
Средняя	8,1–15,0	8,1–15,0	5,1–7,0
Повышенная	15,1–20,0	15,1–20,0	7,1–10,0

### Приложение 6

#### Группировка почв по степени кислотности

Степень кислотности	Значение pH в KCl	Степень кислотности	Значение pH в KCl
Сильнокислые	4,0 – 4,5	Слабокислые	5,1 – 5,5
Среднекислые	4,6 – 5,0	Близкие к нейтральным	5,6 – 6,0

Приложение 7

Расчет доз извести на паровых полях

Порода, выращиваемая в предстоящей ротации	Верхняя граница подщелачивания почвы рН в KCl	Расчетная доза чистого сухого CaCO <sub>3</sub> , т/га
Ель	4,5–5,0	Нг0,2
Сосна, лиственница, береза, липа, клен	5,1–5,5	Нг0,3

Приложение 8

Дозы органических удобрений, т/га

Вид удобрений	Песчаные почвы и рыхлые супеси			Легкосуглинистые почвы и связные супеси		
	Содержание гумуса, %					
	до 2	2–3	3–4	до 2	2–3	3–4
Низинный торф	200	100	60	100	80	40
Торфофекальные, навозные компосты	40	35	30	30	25	20

Приложение 9

Дозы извести для дерново-подзолистых почв Центрального района Нечерноземной зоны, т/га

Почвы по механическому (гранулометрическому) составу	Реакция почвы								
	3,8–3,9	4,0–4,1	4,2–4,3	4,4–4,5	4,6–4,7	4,8–4,9	5,0–5,1	5,2–5,3	5,4–5,5
Песчаные	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	-
Супесчаные	7,0	5,5	4,5	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	-
Легкосуглинистые	8,0	6,5	5,5	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,5
Среднесуглинистые	9,0	8,0	6,5	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
Тяжелосуглинистые	10,5	9,5	7,5	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0
Глинистые	14,5	10,5	9,0	7,0	6,5	6,0	5,0	5,0	4,5

Приложение 10

Классификация пахотных почв по степени  
нуждаемости в известковании

Почвы по механическому (гранулометрическому составу)	Содержание органического вещества, %	Уровни рН КСl					
		не нуждаются		нуждаются		сильно нуждаются	
		1	1а	2	3	4	5
Песчаные	<4	6,2-5,5	6,3	5,4-5,2	5,1-4,8	4,7-4,3	4,2
	4-8	5,8-5,1	5,9	5,0-4,8	4,7-4,5	4,4-4,1	4,0
	8,1-15	5,5-4,8	5,6	4,7-4,5	4,4-4,2	4,1-3,9	3,8
Супесчаные и легкосуглинистые	<4	6,5-5,8	6,6	5,7-5,4	5,3-4,9	4,8-4,4	4,2
	4-8	6,1-5,4	6,2	5,3-5,0	4,9-4,6	4,5-4,2	4,1
	8,1-15	5,7-5,0	5,8	4,9-4,6	4,5-4,2	4,1-3,8	3,7
Средние и тяжелосуглинистые	<4	6,8-6,1	6,9	6,0-5,6	5,5-5,1	5,0-4,6	4,5
	4-8	6,3-5,6	6,4	5,5-5,2	5,1-4,8	4,7-4,4	4,3
	8,1-15	6,0-5,2	6,1	5,1-4,8	4,7-4,4	4,3-4,0	3,9
Глины тяжелые	<4	7,2-6,4	7,3	6,3-5,9	5,8-5,4	5,3-4,8	4,7
	4-8	6,9-5,9	7,0	5,8-5,5	5,4-5,1	5,0-4,7	4,6
	8,1-15	6,5-5,5	6,6	5,4-5,5	5,0-4,7	4,6-4,3	4,2
Торфяные	>15	4,3	-	4,2-3,9	3,8-3,5	3,4-3,1	3,0

Приложение 11

Дозы внесения азотных удобрений, кг д.в./га

Группа обеспеченности	Почва			
	песчаная	супесчаная и легкосуглинистая		
	Сосна	Сосна	Ель, лиственница	Лиственные породы
1	-	55	-	-
2	50	45	50	30
3	50	25	30	20
4	Только подкормки			

Приложение 12

Дозы внесения фосфорных и калийных удобрений, кг д.в./га

Группа обеспеченности	Почва							
	песчаная		супесчаная и легкосуглинистая					
	Сосна		Сосна		Ель, лиственница		Лиственные породы	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	130	110	140	100	-	-	-	-
2	100	85	110	75	100	55	120	50
3	50	45	60	35	50	30	65	30
4	20	25	20	20	20	20	20	20



Приложение 13

Дозы предпосевного внесения минеральных удобрений

Категория почв по содержанию гумуса	Доза удобрений, кг/га					
	по д.в.			в туках		
	N	P	K	Naa	Pc	Kx
Крайне бедные	Песчаные почвы и рыхлые супеси					
	0	30	20	0	65	33
Бедные, недостаточно и среднеобеспеченные	30	40	30	86	205	50
Крайне бедные	Легкосуглинистые почвы и связные супеси					
	90	40	20	57	205	33
Бедные, недостаточно и среднеобеспеченные	50	50	40	144	256	67

Примечание. Здесь и далее Naa – аммиачная селитра; Pc – суперфосфат; Kx – хлористый калий.

Приложение 14

Дозы подкормок для сеянцев сосны и ели первого года выращивания на песчаной и супесчаной почве

Вид подкормки	Порядковый номер подкормки	Доза удобрений, кг/га		
		по д.в.		в туках
		N	Nm	Naa
1	1-й	20	44	57
	2-й	30	65	86
2	1-й	40	65	86

Приложение 15

Дозы подкормок азотными удобрениями в посевном отделении питомника 1-го года выращивания сеянцев, кг/га

Группа обеспеченности	№ подкормки	Почва			
		песчаная	супесчаная и легкосуглинистая		
		Сосна	Сосна	Ель	Лиственные породы
1	1	-	25	-	-
	2	-	30	-	-
	3	-	40	-	-
2	1	25	20	20	30
	2	45	40	30	-
	3	20	20	30	25
3	2	40	30	-	-
4	1	30	25	20	25

Приложение 16

Дозы подкормок азотными удобрениями в посевном отделении питомника  
2-го года выращивания сеянцев, кг/га

Группа обеспеченности	№ подкормки	Ель	Лиственные породы
2	1	40	30
	2	60	50
	3	60	-
3	1	30	20
	2	40	30
	3	40	-
4	1	30	-