



В.Н. Луганский

# **ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ**

Екатеринбург  
2015

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра лесоводства

В.Н. Луганский

# **ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ**

Учебно-методическое пособие  
по проведению лабораторных занятий  
для обучающихся очной и заочной форм обучения  
по направлениям 35.03.10 «Ландшафтная архитектура»,  
дисциплина «Агрохимия»;  
35.03.01 «Лесное дело», 05.03.06 «Экология и природопользование»,  
20.03.02 «Водопользование природообустройство»  
дисциплина «Почвоведение»;  
21.03.02 «Земельный кадастр», дисциплина «Почвоведение  
и инженерная геология»;  
и аспирантов научного направления 35.06.02 «Лесное хозяйство»

Екатеринбург  
2015

Печатается по рекомендации методической комиссии ИЛП.  
Протокол № 1 от 16 сентября 2014 г.

Рецензент – д-р с.-х. наук, профессор кафедры ботаники и защиты леса  
А.П. Кожевников

Редактор Е.Л. Михайлова  
Оператор компьютерной верстки Т.В. Упова

---

Подписано в печать 27. 10.15		Пл. резерв
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 1,63	Цена руб. коп.

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

## ВВЕДЕНИЕ

В лаборатории студентам 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.

За каждым студентом закрепляется рабочее место, где находится все необходимое для работы. Реактивы общего пользования, приборы находятся на общем столе. Выливать обратно в бутылку неиспользованные реактивы недопустимо, так как это приводит к порче всего реактива. Необходимые навески почв для анализа берутся на кальку.

При выполнении химических анализов необходимо следить за чистотой и сохранностью рабочего места, особенно за чистотой 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 растворе и другие вещества, споласкивают дистиллированной водой.

При пользовании реактивами необходимо следить, чтобы брызги не попали на лицо и одежду.

Не пользоваться надбитой и треснувшей посудой.

Не следует нюхать вещества, наклоняясь и вдыхая.

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 в надлежащем порядке, после окончания работы выключить все электроприборы.

## ПОДГОТОВКА ПОЧВЫ К ЛАБОРАТОРНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ

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

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.

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 его процентное содержание;

- частицы почвы меньше 1 мм, прошедшие через сито, называются мелкоземом и употребляются для 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 нужные навески почвы.

## 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 и 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. Если 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:  $W \% = \frac{A-B}{B-C} \times 100\%$ .

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, %.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ВЕСА ПОЧВЫ

Удельным весом 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 в 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 измерить и записать.

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 высыпают 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

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

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОГО ВЕСА ПОЧВЫ

Объемным весом 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 цилиндра определяют с помощью мерного цилиндра или по формуле, измерив высоту и диаметр цилиндра:

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

## 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 ( $D$ ) и удельного веса ( $d$ ) 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 %.

## 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  $CO_2$  и хлоридных солей. Но при исследовании лесных почв прокаливании 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 прокаливании в холодную муфельную печь. Для обеспечения полного сгорания органического вещества требуется постепенное прокаливании почвы,  $t$  постепенно доводится до 900 °С. В течение получаса нагревание идет медленно, затем постепенно температура повышается до темно-красного каления. Общая продолжительность прокаливании почвы – около 2 ч. После прокаливании тигель вынимается тигельными щипцами из печи и ставится несколько остывшим в эксикатор. После охлаждения взвешивается. Результаты записываются по следующей форме:

- навеска почвы ( $A$ ), г;
- вес тигля с прокаленной почвой ( $B$ ), г;
- вес пустого тигля ( $C$ ), г;
- минеральная часть почвы ( $B-C$ ), г.

В процентах на воздушно-сухую почву минеральная часть равна  $(B-C) \times 100 : A$ .

Потеря от прокаливании в % равна 100 % минус % минеральной части. Для выражения результатов на абсолютно сухую почву найденную цифру

следует умножить на коэффициент  $K$ , полученный при определении гигроскопической влаги. В зависимости от содержания железа окраска прокаленной почвы может быть пепельно-серой, розовой, коричнево-красной и др.

### **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 находится в тесном взаимодействии 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 двуххромового 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.

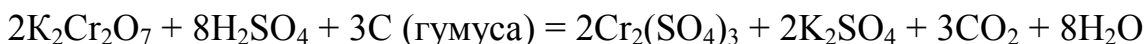
1. Из подготовленной пробы на аналитических весах взять в пробирку навеску в количестве 0,1-0,5 г. Размер навески зависит от количества гумуса в анализируемой почве, чем больше гумуса, тем меньше навески. Для горизонтов  $A_1$ ,  $A_2$  – навеска 0,1-0,2 г, для В, С – 0,5 г.

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.

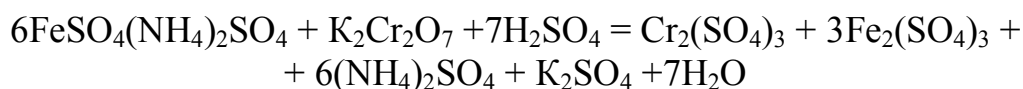
При нагревании происходит окисление гумуса до  $CO_2$ :



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 ( $FeSO_4(NH_4)_2 \cdot 6H_2O$ ) 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  $K_2Cr_2O_7$ . При титровании избытка  $K_2Cr_2O_7$  происходит реакция, которую можно представить уравнением



6. Провести холостое определение – установить, сколько соли Мора идет на титрование 10 мл раствора  $K_2Cr_2O_7$  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

$$A = \frac{(a - b)K_m \cdot 100 \cdot 0,0010362K_{H_2O}}{C},$$

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

а – количество раствора соли Мора, пошедшее на холостое титрование остатка раствора  $K_2Cr_2O_7$ , мл;

в – количество раствора соли Мора, пошедшее на титрование остатка раствора  $K_2Cr_2O_7$ , мл;

$K_m$  – поправка к титру соли Мора;

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

C – навеска воздушно-сухой почвы, г;

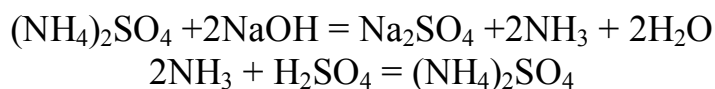
$K_{H_2O}$  – коэффициент для пересчета на абсолютно сухую почву;

100 – коэффициент пересчета в проценты.

## 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  $K_2Cr_2O_7$ . В процессе весь азот переходит в аммиачную форму. Образовавшийся сернокислый аммоний разрушают известью, а выделившийся аммиак отгоняют с водным паром и улавливают в определенный объем титрованного раствора  $H_2SO_4$  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  $CrO_3$  или  $K_2Cr_2O_7$ . 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  $K_2Cr_2O_7$  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 NaOH, присоединить к аппарату для отгонки с готовым приемником и осторожно взбалтывать.

Предварительно в приемник приливают 10-15 мл 0, 2 н раствора  $H_2SO_4$  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 горячим в присутствии метилрота раствором NaOH 0,2 н до перехода окраски в бледно-желтую.

7. Вычислить содержание азота по формуле

$$A = \frac{(a K_1 - b K_2) 0,00028 K_{H_2O} \cdot 100}{C};$$

где А – содержание азота в % к весу абсолютно сухой почвы;

а – количество раствора 0,02 н H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, взятое в приемник, мл;

K<sub>1</sub> – поправка к титру 0,2 н H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;

в – количество 0,2 н NaOH, пошедшее на титрование остатка серной кислоты, не связанной аммиаком, мл;

K<sub>2</sub> – поправка к титру 0,2 н NaOH;

0,00028 г азота соответствует 1 мл 0,2 н раствора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;

100 – коэффициент пересчета в проценты.

K<sub>H<sub>2</sub>O</sub> – коэффициент для пересчета на абсолютно сухую почву;

С – навеска воздушно-сухой почвы, г.

### 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<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> до перехода зеленой окраски раствора в малиновую. Записывают количество израсходованной на титрование кислоты.

7. Вычисляют количество выделившегося из почвы аммиачного азота по формуле

$$X = \frac{an \cdot 14 \cdot 100}{m},$$

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

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

$n$  – 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:

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

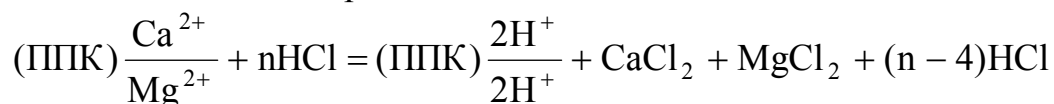
## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБМЕННЫХ КАТИОНОВ

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 различны и определяют ряд свойств (реакцию, буферность, структурное состояние).

### 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. Взбалтывать 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:

$$S = \frac{(50K_{\text{HCl}} - aK_{\text{NaOH}})100 \cdot 0,1}{C},$$

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.

### **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 декантацией, а затем на фильтре 1,0 н раствором NaCl до прекращения реакции на кальций (проба по хрономогену 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.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММЫ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ

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  $\text{C}_{20}\text{H}_{13}\text{O}_7\text{N}_3\text{S}$  (или хром темно-синий).

5. Оттитровать 0,1-0,05 н раствором трилона Б при энергичном помешивании до перехода окраски раствора от вишнево-красного 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

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

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.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ

1. Разбавить вытяжку дистиллированной водой примерно до 100 мл.

2. Устранить вредное влияние меди и марганца.

3. Прибавить 2 мл 10 % раствора  $\text{NaOH}$  или  $\text{KOH}$  (для выведения рН раствора до 12).

4. Внести 0,2-0,3 г сухого мурексида  $\text{C}_8\text{H}_8\text{N}_6\text{O}_6\text{H}_2\text{O}$ .

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

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



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.

## КИСЛОТНОСТЬ ПОЧВ

При разложении органических остатков образуется много органических кислот и, если они нейтрализуются не полностью, 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 водно-растворимыми 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 почвы.

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.

### **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.

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 КСl (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.

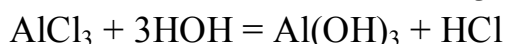
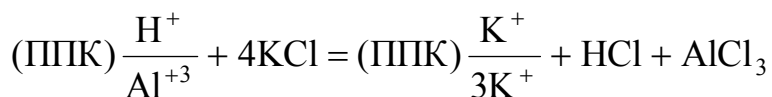
### **Колориметрическое определение рН по методу Н.И. Алямовского**

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.

1. Насыпать в пробирку почвы до нижней метки.
  2. Прилить в пробирку до верхней метки 1,0 н раствор КСl (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.

### **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 КСl 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  $\text{CO}_2$ .
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  $\text{Na}_3(\text{AlF}_6)$  выпадет через 10-15 мин.
8. Оттитровать полученный раствор 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  $\text{H}^+$  и  $\text{Al}^{3+}$  и отдельно  $\text{H}^+$  по формуле

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

где  $a$  – количество 0,01 н раствора NaOH, пошедшее на титрование, мл;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;

$c$  – 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.

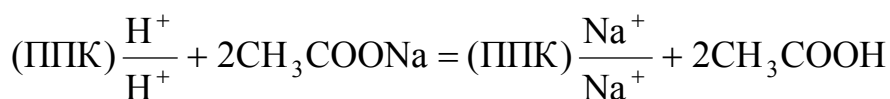
10. Вычислить содержание алюминия, мг-экв на 100 г почвы, по разности результатов первого и второго определения, выраженных в мг-экв на 100 г почвы.

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

Определение  $Al^{3+}$  ионов необходимо, потому что подвижный алюминий оказывает вредное действие на растения и почвенную микрофлору, связывает фосфорную кислоту в труднодоступные для растений формы.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ КИСЛОТНОСТИ ПО МЕТОДУ КАПШЕНА

Гидролитическая кислотность – вид потенциальной кислотности, проявляется в почве при взаимодействии ее поглощающего комплекса с раствором гидролитически щелочной соли, например  $CH_3COONa$ .



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  $CH_3COONa$ .
3. Взбалтывать 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 полученный раствор  $NaOH$  до исчезающей в течение 0,5-1,0 мин розовой окраски.
7. Произвести расчет по следующей формуле:

$$H = \frac{aK_{NaOH} \cdot 100 \cdot 0,1 \cdot 1,75}{C},$$

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

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

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

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.

## 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

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

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.

$S + H$ , 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.

## 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  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$  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.

### ***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: сухой остаток, т.е. общая сумма воднорастворимых веществ, дающая представление о концентрации почвенного раствора; прокаленный остаток, т.е. общая сумма минеральных воднорастворимых веществ; щелочность и кислотность; 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.

### ***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.

### ***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.

$$\text{HCO}_3^- \% = 0,00061 \text{ а} \cdot \text{К} \cdot 20,$$

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.

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

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

где 100 – коэффициент пересчета, мг-экв.;

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

**Определение хлор-иона**

1. В пробу, в которой оттитрована общая щелочность, прибавить 1 мл 10 % раствора  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

2. Титровать вытяжку 0,01 н раствором  $\text{AgNO}_3$  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:

$$\text{Cl}\% = a \cdot K \cdot 0,000355 \cdot 20,$$

где a – количество 0,01 н раствора  $\text{AgNO}_3$ , пошедшего на титрование, мл;

K – поправка к титру азотнокислого серебра;

0,000355 г – такому количеству хлора соответствует 1 мл 0,01 н  $\text{AgNO}_3$ ;

20 – коэффициент пересчета на 100 г почвы.

Содержание хлор-иона в миллиэквивалентах вычисляют по формуле

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

**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  $\text{BaSO}_4$  прибавить по каплям горячий 10 % раствор  $\text{BaCl}_2$  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  $\text{HCl}$ , 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  $\text{SO}_4^-$  по формуле

$$\text{SO}_4^- \% = a \cdot 0,4114 \cdot 10,$$

где a – вес осадка  $\text{BaSO}_4$ , г;

0,4114 – коэффициент пересчета на ион  $\text{SO}_4^-$ %;

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

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

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

**Определение ионов кальция и магния**

Для определения водно-растворимых 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 гидроксилamina для устранения влияния марганца, 2-3 капли 1 % раствора сульфида натрия для устранения влияния меди 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 миллиэквивалентах по формуле

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

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

0,01 – нормальность трилона;

К – поправка к титру трилона;

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

100 – коэффициент для пересчета на 100 г почвы.

**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 гидроксилamina, 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 содержимое кальция по формуле

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

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 содержимое 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.



**Определение суммы натрия и калия вычислением**

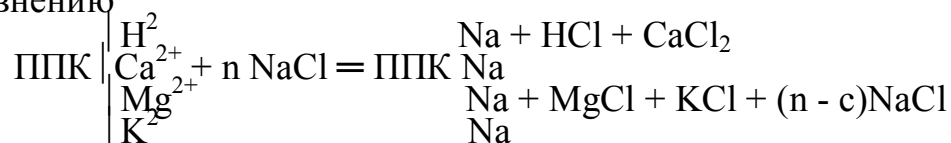
В растворе сумма анионов эквивалентна сумме катионов. Для вычисления суммы натрия и калия (суммируют величины миллиграмм эквивалентов всех анионов ( $\text{HCO}_3^-$ ) и катионов ( $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ )). Разницу между этими числами принимают за содержание натрия и калия. В водных вытяжках 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.

**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 кобальтнитрита 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

№ пробирок	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кол-во	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 содержимое калия в миллиграммах на 100 г почвы.

Таблица 2

Температура, °С	Содержание K <sub>2</sub> O, мг/л	№ пробирок 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 <sub>2</sub> O (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.

### **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 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

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
Больше 20	Почва не нуждается в фосфорных удобрениях (слабая эффективность фосфатов, т.е. много доступной для растений $P_2O_5$ )

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Агрехимический методы исследования почв [Текст]. М., 1960.
2. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв [Текст] / Е.В. Аринушкина. М., 1962.
3. Гречин, И.П. Практикум по почвоведению [Текст] / И.П. Гречин, И.С. Кауричев [и др.]. М., 1964.
4. Возбуцкая, А.Е. Химия почвы [Текст] / А.Е. Возбуцкая. М., 1964.
5. Рахманов, И.Г. Руководство к лабораторно-практическим занятиям по почвоведению [Текст] / И.Г. Рахманов, С.И. Юркина. Л., 1963.
6. Радов, А.С. Практикум по агрохимии [Текст] / А.С. Радов, И.В. Пустовой, А.В. Корольков. 3 изд., перераб. и доп. М., 1978.
7. Почвоведение [Текст] / под ред. Кауричева И.С. М., 1969.
8. Роде, А.А. Почвоведение / А.А. Роде, В.Н. Смирнов. М., 1972.