

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

## **ПОЧВОВЕДЕНИЕ**

Учебно-методическое пособие

Новосибирск 2014

УДК 631.4  
ББК 40.3

Кафедра почвоведения, агрохимии и земледелия

Составитель д-р. с.-х. наук, доц. *Л. П. Галеева*

Рецензент канд. биол. наук, доц. *Е. В. Дымина*

**Почвоведение:** учеб.-метод. пособие / Новосиб. гос. аграр. ун-т, агроном. фак.; сост. Л. П. Галеева. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2014. – 91 с.

Учебно-методическое пособие содержит теоретические и практические материалы для изучения основных свойств почв, влияния их на рост и развитие культурных растений.

Предназначено для проведения лабораторно-практических занятий и самостоятельной работы по почвоведению для студентов очной формы обучения, обучающихся по направлениям подготовки 110400.62 (35.03.04) – Агрономия, 110400.62 (35.03.03) – Агрохимия и агропочвоведение, 250100.62 (35.03.01) – Лесное дело, 250700.62 (35.03.10) – Ландшафтная архитектура, 250203.65 – Садово-парковое и ландшафтное строительство.

Утверждено и рекомендовано к изданию учебно-методическим советом агрономического факультета (протокол № 5 от 20 мая 2014 г.).

© Новосибирский государственный  
аграрный университет, 2014

## ВВЕДЕНИЕ

Почвоведение – наука о почве, её строении, составе и свойствах, процессах образования, развития и функционирования, закономерностях географического распространения, взаимосвязях с внешней средой, путях и методах рационального использования. Основным объектом почвоведения является почва – сложная полидисперсная биосистема, состоящая из четырёх фаз: твёрдой, жидкой, газообразной и живой и одновременно представляющая собой открытую динамическую систему, находящуюся в непрерывном взаимодействии с другими системами биосферы. Отличительные особенности почвы как природного тела: очень сложный вещественный состав и закономерные изменения важнейших параметров, наличие специфических органических соединений (гумуса), значительное разнообразие соединений большинства химических элементов.

Свойства почвы определяют по результатам анализа. Многообразие методов анализов почв обусловлено особенностями их состава и свойствами, а также целями исследований.

Лабораторные методы анализа почв делят на физические, химические, физико-химические, микробиологические и др.

В практике сельского хозяйства часто недооценивают важность физических свойств почвы и связывают её плодородие в основном с наличием питательных элементов. Многолетние исследования показывают, что нельзя повысить плодородие почвы, не обеспечив растения соответствующим количеством воды, воздуха и тепла.

Химический анализ почв необходим для получения данных, используемых при выборе агротехнических, агрохимических, мелиоративных и других мероприятий для повышения плодородия почв.

Выполнение валовых анализов по общему содержанию химических элементов в почвах необходимо при изучении их генезиса и плодородия.

Получение правильного представления о свойствах почвы, направленности процессов, происходящих в ней, и дальнейшего её рационального использования в сельскохозяйственном производстве возможно по данным лабораторных анализов, для которых очень важно правильно отобрать образцы почвы в поле и подготовить их к анализу.

Отбор почвенных образцов для анализа проводят из разреза по генетическим горизонтам или по слоям из их средней части снизу вверх. Отобранные образцы почв массой 500–1000 г высушивают до воздушно-сухого состояния в матерчатых мешочках либо на чистых листах бумаги, насыпав почву слоем 1–2 см в чистом и сухом помещении, не содержащем в воздухе пыли и газов ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$  и др.).

Высушенные образцы почв хранят в картонных или пластмассовых коробках, имеющих две этикетки: одну оставляют внутри, вторую наклеивают на стенку коробки снаружи. На этикетках указывают: место отбора образца, номер разреза, полное название почвы, горизонт и глубину взятия образца, дату его отбора и фамилию исследователя. Каждому образцу почвы присваивают регистрационный номер для удобства работы с ним в лаборатории.

Большинство анализов проводят с образцами почвы в воздушно-сухом состоянии, измельчённой в ступке и просеянной через сито с диаметром отверстий 1 мм. В воздушно-сухой почве прекращаются микробиологические процессы и её можно использовать для анализа физических и химических свойств. Для определения содержания азота и гумуса, а также гранулометрического состава почвы проводят дополнительную подготовку образцов.

## ТЕМА 1

### Физические и водно-физические свойства почвы

Физические свойства оказывают большое влияние на развитие почвообразовательного процесса, плодородие почвы и развитие растений.

Почва – сложная полидисперсная биосистема, состоящая из четырёх фаз: твёрдой, жидкой, газообразной и живой. Твёрдая фаза представлена минеральными и органическими веществами (скелет почвы); жидкая – водой с растворёнными в ней соединениями и химическими элементами (почвенный раствор); газообразная – почвенным воздухом; живая фаза – живыми микроорганизмами, обитающими в почве. Большая часть почвы (50 % и более) занята твёрдой фазой, а остальная – живыми микроорганизмами, водой и воздухом.

К физическим свойствам почвы относятся плотность твёрдой фазы (удельная масса), плотность (объёмная масса) и порозность почвы, к водно-физическим – влажность почвы: гигроскопическая, максимальная гигроскопическая и полевая.

### Лабораторная работа 1

#### Определение плотности твёрдой фазы почвы

Если взять кусочек сухой почвы и спрессовать его так, чтобы не осталось пор, то отношение массы взятой почвы к полученному объёму и будет **плотностью твёрдой фазы почвы** (ПТФ). Она зависит от химического, минералогического состава и определяется средней плотностью веществ, входящих в данную почву, их относительным содержанием, а также содержанием органического вещества. Измеряется в граммах на один сантиметр кубический ( $\text{г/см}^3$ ).

Знание плотности твёрдой фазы почвы даёт представление о составе входящих в почву минералов и указывает на соотношение минеральной и органической частей в ней.

В среднем ПТФ верхнего горизонта большинства пахотных почв равна  $2,5 \text{ г/см}^3$  и изменяется в зависимости от содержания гумуса, состава и количества минералов, входящих в состав почвы. Чем больше гумуса содержит почва, тем меньше величина ПТФ и наоборот. Например, чернозёмы, тёмно-серые почвы, богатые гумусом (8–10%), имеют небольшую ПТФ ( $2,3\text{--}2,5 \text{ г/см}^3$ ). У дерново-подзолистых почв, образовавшихся на алюмосиликатных породах, имеющих низкое содержание гумуса (2,5%), ПТФ составляет  $2,6\text{--}2,7 \text{ г/см}^3$ . Некоторые скелетные почвы (краснозёмы) имеют ПТФ  $3,0 \text{ г/см}^3$ . Низкая ПТФ у торфяников –  $1,4\text{--}1,8 \text{ г/см}^3$  и ниже.

**Значение плотности твёрдой фазы почвы.** Показатели плотности твёрдой фазы почвы (ПТФ) необходимы для вычисления порозности почвы, указывают на соотношение в ней минеральной и органической частей.

**Принцип метода.** Плотность твёрдой фазы почвы (ПТФ) определяют пикнометрическим способом. Для её вычисления необходимо знать объём и массу твёрдой фазы почвы. Объём твёрдой фазы почвы находят путем вытеснения воды из пикнометра навеской почвы.

### *Ход анализа*

1. В пикнометр объёмом 100 мл (мерную колбу) налить до метки прокипяченную, охлаждённую до  $4^\circ\text{C}$  дистиллированную воду; снаружи пикнометр обсушить фильтровальной бумагой и взвесить на аналитических весах.

2. На аналитических весах на кальке взвесить 10 г воздушно-сухой почвы.

3. Воду из пикнометра перелить в стеклянный стаканчик объёмом 100 мл.

4. В пустой пикнометр вставить пластмассовую воронку и через неё перенести почву с кальки в пикнометр. Оставшиеся на воронке и прилипшие к горловине пикнометра

тра частички почвы осторожно смыть водой из стеклянного стаканчика в пикнометр, доведя его объём водой примерно до половины.

5. Почву с водой в пикнометре аккуратно взболтать и поставить кипятить на электрическую плитку для удаления из почвы воздуха. Кипятить в течение 15 мин с момента закипания, строго соблюдая равномерность кипения, избегая выбросов воды с почвой из пикнометра.

6. После кипячения пикнометр с содержимым охладить до комнатной температуры, прилить сюда оставшуюся в стеклянном стаканчике воду, доведя объём содержимого в пикнометре до метки.

7. Пикнометр с содержимым обтереть снаружи фильтровальной бумагой и взвесить на аналитических весах. Необходимо следить, чтобы температура пикнометра с водой и почвой и первоначальная температура пикнометра с водой была одинаковой. Результаты записать в табл. 1.

Таблица 1

**Определение плотности твёрдой фазы почвы**

Масса пикнометра с водой, г	Навеска почвы, г	Масса пикнометра с водой и почвой, г	Плотность твердой фазы почвы (ПТФ), г/см <sup>3</sup>
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>

Плотность твёрдой фазы почвы (г/см<sup>3</sup>) вычисляют по формуле

$$D = \frac{B}{(A + B) - C},$$

где *D* – плотность твёрдой фазы почвы, г/см<sup>3</sup>;

*B* – навеска почвы, г;

*A* – масса пикнометра с водой, г;

*C* – масса пикнометра с водой и почвой, г.

## Лабораторная работа 2

### Определение плотности почвы

**Плотностью почвы** называют массу единицы её объёма в естественном сложении. Плотность почвы (ПП) – одна из важнейших физических характеристик, влияющая на водный, воздушный и тепловой режимы почвы, её биологические свойства и урожайность сельскохозяйственных культур.

Плотность минеральных почв колеблется от 1,0 до 1,8 г/см<sup>3</sup>. В верхних горизонтах чернозёмных почв плотность составляет 1,0–1,2, в нижних – 1,3–1,6 г/см<sup>3</sup>. У почв с низким содержанием гумуса плотность в верхних горизонтах изменяется в пределах 1,3–1,6 г/см<sup>3</sup>, в нижних – 1,6–1,8 г/см<sup>3</sup>. Наименьшую плотность имеют торфяные горизонты болотных почв – 0,2–0,08 г/см<sup>3</sup>.

Повышенная плотность суглинистых и глинистых почв уменьшает общую порозность и объём пор, занятых воздухом, увеличивает объём неактивных пор, в которых вода практически недоступна растениям, снижает скорость фильтрации воды. Сильно уплотнённая почва в сухом состоянии оказывает большое сопротивление развитию корневой системы растений, при её обработке требуются дополнительные энергозатраты. В переувлажнённой плотной почве создаются неблагоприятные условия аэрации для деятельности микроорганизмов и роста корневой системы. И наоборот, очень рыхлые почвы быстро иссушаются, происходит нарушение контакта семян и корней растений с почвой, что приводит к низкой всхожести семян и плохому росту и развитию растений.

**Значение анализа.** Показатели плотности почвы необходимы для вычисления порозности почвы, массы (веса) почвенного горизонта, для вычисления запасов влаги, питательных веществ, гумуса, микроэлементов в почве, норм



её полива и др. По плотности сложения верхних горизонтов судят об окультуренности почв (табл. 2).

Таблица 2

**Оценка плотности почв (по Н. А. Качинскому, 1970)**

Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	Качественная оценка (для суглинистых и глинистых почв)
Менее 1,0	Почва вспушена или богата органическим веществом (дернина)
1,0–1,1	Типичные значения для культурной свежевспаханной почвы
1,2	Пашня уплотнена
1,3–1,4	Пашня сильно уплотнена
1,4–1,6	Типичные значения для подпахотных горизонтов различных почв
1,6–1,8	Сильноуплотнённые иллювиальные горизонты (подзолистые, солоды, краснозёмы)

**Принцип метода.** В лабораторных условиях плотность почвы определяют из рассыпного образца с нарушенным сложением почвы. Однако такой метод не даёт действительного представления о плотности почвы в её естественном сложении. В полевых условиях в металлические цилиндры берут пробы почвы с ненарушенным сложением, что позволяет определить плотность почвы в естественном сложении.

**Ход анализа**

1. Вычислить объем цилиндра по формуле

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h,$$

где  $V$  – объём цилиндра, см<sup>3</sup>;

$\pi$  – 3,14;

$r$  – радиус цилиндра, см;

$h$  – высота цилиндра, см.

2. Взвесить цилиндр на технических весах.

3. Насыпать в цилиндр почву до краёв, постукивая его о ладонь руки (с целью приближения её плотности к таковой в естественном сложении).

Взвесить цилиндр с почвой на технических весах. Результаты записать в табл. 3.

Таблица 3

**Определение плотности почвы**

Объём цилиндра, см <sup>3</sup>	Масса, г		Масса почвы, г	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>
	пустого цилиндра	цилиндра с почвой		
$V$	$A$	$B$	$C = (B - A)$	$d$

Плотность почвы ( $d$ ) вычисляют по формуле

$$d = \frac{C \cdot K_r}{V},$$

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

$C$  – масса почвы, г;

$K_r$  – коэффициент гигроскопичности;

$V$  – объём цилиндра, см<sup>3</sup>.

**Использование результатов анализа**

Данные о плотности твёрдой фазы почвы (ПТФ) и плотности почвы (ПП) используют для вычисления её порозности (скважности), массы почвенного горизонта (слоя), валовых запасов в почве гумуса, питательных веществ и расчетов доз удобрений и мелиорантов, вносимых на единицу площади.

**Например,** массу почвенного горизонта (слоя) площадью 1 га можно рассчитать по формуле

$$M_{1\text{га}} = S \cdot h \cdot d, \text{ или}$$

$$M_{1\text{га}} = \frac{10000 \text{ м}^2 \cdot \text{см} \cdot \text{г}}{\text{см}^3} = \frac{100000000 \text{ см}^2 \cdot \text{см} \cdot \text{г}}{\text{см}^3} = 100 \cdot h \cdot d,$$

где  $M_{1\text{га}}$  – масса слоя почвы площадью 1 га, т;

$S$  – площадь 1 га (10000 м<sup>2</sup>);

$h$  – мощность горизонта, см;

$d$  – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>.

**Задание.** Определить валовые запасы гумуса и азота в слое почвы 0–50 см ( $h$ ), если плотность почвы составляет 1,3 г/см<sup>3</sup> ( $d$ ), содержание гумуса – 6,5 %, азота – 0,3 %.

### **Выполнение расчётов.**

1. Расчёт запасов гумуса (т/га) в слое почвы 0–50 см при его валовом содержании 6,5 %:

$$\text{Запасы гумуса, т/га} = \% \text{ гумуса} \cdot h \cdot d,$$

$$\text{Запасы гумуса, т/га} = 6,5 \cdot 50 \cdot 1,3 = 422,5.$$

2. Расчёт запасов валового азота (т/га) в слое почвы 0–50 см при его содержании 0,3 %:

$$\text{Запасы валового азота, т/га} = N (\%) \cdot h \cdot d,$$

$$\text{Запасы валового азота, т/га} = 0,3 \cdot 50 \cdot 1,3 = 19,5$$

### **Порозность (скважность) почвы**

Между механическими элементами и агрегатами в почве имеются промежутки – поры. В них размещаются вода, воздух, корни растений. Количество пор и соотношение их по размерам определяют водно-воздушные свойства почвы.

Суммарный объём пор в почве в единице объёма называется **порозностью**.

**Общая порозность** (сумма всех пор) в почве представлена порами, занятыми водой (капиллярные) и воздухом (некапиллярные).

Общая порозность выражается в процентах и рассчитывается на основании плотности твёрдой фазы почвы ( $D$ ) и плотности почвы ( $d$ ) по формуле

$$P_{\text{общ}} = \left( 1 - \frac{d}{D} \right) \cdot 100,$$

где  $P_{\text{общ}}$  – общая порозность, от объёма, %;

1 – единица объёма почвы естественного сложения;

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

$D$  – плотность твёрдой фазы почвы, г/см<sup>3</sup>.

Оценку общей порозности (в процентах) пахотного слоя суглинистых и глинистых почв можно дать по шкале, предложенной Н. А. Качинским (1970) (табл. 4).

Таблица 4

Оценка общей порозности почв

Общая порозность, %	Состояние почвы
Более 70	Избыточно пористая. Почва вспушена
65–55	Отличная. Культурный пахотный слой
55–50	Удовлетворительная порозность для пахотного слоя
Менее 50	Неудовлетворительная порозность для пахотного слоя
40–25	Чрезмерно низкая. Характерна для уплотнённых иллювиальных (подпахотных) горизонтов

Порозность (пористость, скважность) почвы зависит от её гранулометрического состава, структуры, содержания органического вещества и окультуренности.

**Порозность аэрации** – часть общей порозности почвы, заполненная воздухом. Она равна разности между объёмом общей порозности и объёмом воды, содержащейся в почве в момент определения порозности.

Порозность аэрации вычисляют по данным общей порозности, плотности и влажности почвы и выражают в процентах по отношению к объёму почвы.

Порозность аэрации вычисляют по формуле

$$P_{\text{аэр}} = P_{\text{общ}} - (d \cdot B),$$

где  $P_{\text{аэр}}$  – порозность аэрации, %;

$P_{\text{общ}}$  – общая порозность, %;

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

$B$  – содержание воды в почве, %.

## Лабораторная работа 3

### Определение гигроскопической влажности почвы

Почва в воздушно-сухом состоянии всегда содержит некоторое количество влаги, называемой *гигроскопической* (*Г*). Это объясняется тем, что парообразная влага из воздуха поглощается (адсорбируется) почвой и прочно удерживается на поверхности её частиц. Чем больше в воздухе водяных паров (чем выше относительная влажность воздуха), тем больше гигроскопическая влажность почвы, которая выражается в процентах к абсолютно сухой почве. Гигроскопическая вода недоступна для растений, так как она не растворяется и не передвигается в почве.

Наибольшее количество гигроскопической влаги почва содержит при полном насыщении воздуха водяным паром. Такое количество гигроскопической влаги называется *максимальной гигроскопической влажностью* (*МГ*).

Знание максимальной гигроскопической влажности (*МГ*) позволяет вычислить *влажность завядания* растений (*ВЗ*) и рассчитать *запасы недоступной влаги* (труднодоступной – *ЗТВ*) и *продуктивной* (*ЗПВ*) влаги в почве.

**Принцип метода.** Метод основан на удалении из почвы гигроскопической влаги при сушке её образца в сушильном шкафу при температуре 105 °С. Количество поглощённой почвой воды определяется по потере в массе после высушивания почвы.

#### *Ход анализа*

1. Металлический стаканчик с притертой крышкой (бюкс), просушенный в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре 105 °С и охлаждённый в эксикаторе, взвесить на аналитических весах.

2. В бюкс на аналитических весах взвесить 5 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с диаметром отверстий 1 мм.

3. Бюкс с почвой (крышку открыть) поставить в сушильный шкаф на 5–6 ч при температуре 105 °С. Почву сушить до тех пор, пока расхождение в массе после первого и последнего просушивания не будет превышать 0,003 г.

4. Бюкс с высушенной почвой поставить в эксикатор для охлаждения, а затем взвесить на аналитических весах. Результаты записать в табл. 5.

Таблица 5

**Определение гигроскопической влажности почвы**

Номер бюкса	Масса бюкса, г	Масса бюкса с почвой, г		Масса, г		Гигроскопическая влага, %
		до сушки	после сушки	испарившейся воды	сухой почвы	
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a – b</i>	<i>b – c</i>	
	<i>c</i>					<i>Г</i>

Гигроскопическую влажность (*Г*) в процентах вычисляют по формуле

$$Г(\%) = \frac{(a - b)}{(b - c)} \cdot 100,$$

где (*a – b*) – масса испарившейся воды, г;

(*b – c*) – масса сухой почвы, г;

100 – коэффициент пересчета в проценты.

***Использование результатов анализа***

Значение гигроскопической влажности почвы используют для расчёта коэффициента гигроскопичности (*К<sub>г</sub>*), необходимого для пересчёта результатов анализа воздушно-сухой почвы на абсолютно сухую. Вычисляют коэффициент гигроскопичности по формуле

$$K_g = \frac{Г + 100}{100},$$

где *К<sub>г</sub>* – коэффициент гигроскопичности почвы;

*Г* – гигроскопическая влага, %.

## Лабораторная работа 4

### Определение максимальной гигроскопической влаги в почве по методу А. В. Николаева

**Максимальная гигроскопичность (МГ)** – количество влаги (выраженное в процентах от массы почвы), которое почва может поглотить из воздуха, полностью насыщенного водяными парами (относительная влажность 98–100 %).

**Значение анализа.** Показатель максимальной гигроскопической влажности позволяет вычислить **влажность завядания растений (ВЗ)**. В зависимости от свойств почв и вида растений отношение влажности завядания (ВЗ) к максимальной гигроскопичности (МГ) составляет 1,2–2,3 (коэффициент завядания – КЗ). Для растений засушливых районов КЗ меньше, чем для растений, выращиваемых в условиях достаточного и избыточного увлажнения. КЗ зависит от вида растений: 1,3–1,6 – для пшеницы, 1,7–2,3 – для льна, около 2 – для чая. В среднем в расчётах коэффициент завядания равен 1,34–1,5.

**Принцип метода.** Максимальную гигроскопическую влагу определяют путем выдерживания навески почвы в эксикаторе, относительная влажность воздуха в котором равна 98 %, до постоянной массы с последующим высушиванием и взвешиванием (метод полного насыщения).

#### **Ход анализа**

1. В бюкс, предварительно высушенный в термостате и взвешенный на аналитических весах, отвесить 10 г воздушно-сухой почвы.

2. Бюкс с почвой (крышку открыть) поместить в эксикатор, на дне которого налит насыщенный раствор серно-кислого калия ( $K_2SO_4$ ). Эксикатор плотно закрыть и поставить в тёмное место с постоянной температурой.

3. Бюкс с почвой держать в эксикаторе две недели (период полного насыщения водой), вынуть и взвесить на аналитических весах.

4. Бюкс с почвой высушить в сушильном шкафу при 105 °С в течение 5–6 ч и более до установления постоянной массы, охладить в эксикаторе и взвесить на аналитических весах. Результаты записать в табл. 6.

Таблица 6

**Определение максимальной гигроскопической влажности почвы**

Номер бюкса	Масса бюкса, г	Масса бюкса с почвой, г		Максимальная гигроскопическая влажность, %
		после насыщения	после сушки	
	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>МГ</i>

Максимальную гигроскопическую влажность почвы (*МГ*) в процентах вычисляют по формуле

$$МГ(\%) = \frac{(a - b)}{(b - c)} \cdot 100,$$

где (*a* – *b*) – масса испарившейся воды, г;

(*b* – *c*) – масса сухой почвы, г;

100 – коэффициент пересчёта в проценты.

Максимальная гигроскопическая влажность почвы зависит от гранулометрического состава, содержания гумуса и других свойств (табл. 7).

Таблица 7

**Пределы колебания максимальной гигроскопической влажности почв**

Гранулометрический состав	Максимальная гигроскопичность (МГ), %	Почвы (верхний горизонт)	Максимальная гигроскопичность (МГ), %
Глины тяжёлые	20–23	Подзолистые	3–7
Глины	12–18	Чернозёмы	7–15
Суглинки	4–7	Торфяники	30–40
Супеси	2–3	Серозёмы	4–7
Пески тонкие	0,5–1,5	Солонцы	10–15
Пески грубые	0,5–0,1	Каштановые	8–12



## **Использование результатов анализа**

Величина максимальной гигроскопической влажности почв (*МГ*) используется для расчёта влажности завядания (*ВЗ*), значение которой необходимо для вычисления запасов труднодоступной влаги в почве (*ЗТВ*).

Влажность завядания вычисляют в процентах по формуле

$$ВЗ (\%) = МГ \cdot 1,5 (1,34).$$

Влажность завядания (*ВЗ*) является нижним пределом содержания продуктивной влаги в почве и зависит от её типа и гранулометрического состава (табл. 8).

Таблица 8

**Влажность завядания в различных типах почв**

Гранулометрический состав	ВЗ, % на абсолютно сухую почву	
	дерново-подзолистые почвы	чернозёмы
Песчаный	1–3	–
Супесчаный и легкосуглинистый	3–6	4–8
Средне- и тяжелосуглинистый	6–12	9–15
Глинистый	–	16–22

## **Лабораторная работа 5**

### **Определение полевой влажности почвы весовым методом**

**Значение анализа.** Влажность почвы – количественное содержание в ней воды, выраженное в процентах к массе абсолютно сухой почвы. Она влияет на почвообразование, обуславливая интенсивность биологических, физико-химических, химических и физических процессов.

От влажности почвы зависят её структура, физико-механические свойства, а значит, качество обработки, интенсивность минерализации органического вещества, эффективность действия минеральных удобрений и мелиорантов и др.

Влажность почвы – один из основных факторов плодородия почв.

В поле пробы для определения влажности почвы берут буром из скважины или ножом со стенки разреза. Образцы отбирают из отдельных горизонтов (слоёв) почвы и помещают в алюминиевые бюксы с крышками.

**Принцип метода.** Метод определения полевой влажности почвы основан на высушивании навески почвы в течение не менее 6 ч в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянной массы. Количество воды, испарившейся при сушке почвы, выраженное в процентах к массе абсолютно сухой почвы, будет соответствовать её влажности.

### *Ход анализа*

1. На технических весах взвесить алюминиевый бюкс с точностью до 0,01 г.

2. Бюкс на 1/3 наполнить почвой, закрыть крышкой и снова взвесить.

3. Бюкс с почвой (крышку открыть) поставить в сушильный шкаф при температуре 105 °С и сушить до постоянной массы.

4. После сушки бюкс с почвой закрыть крышкой и поставить охлаждать в эксикатор.

5. После охлаждения бюкс с почвой снова взвесить. Результаты записать в табл. 9.

*Таблица 9*

**Определение полевой влажности почвы**

Номер бюкса	Масса бюкса, г	Масса бюкса с почвой, г		Масса, г		Полевая влажность, %
		до сушки	после сушки	испарившейся воды	сухой почвы	
	с	а	в	а – b	b – с	В

Полевую влажность почвы ( $B$ ) в процентах (%) рассчитывают по формуле

$$B(\%) = \frac{(a - b)}{(b - c)} \cdot 100,$$

где  $(a - b)$  – масса испарившейся влаги, г;

$(b - c)$  – масса сухой почвы, г;

100 – коэффициент пересчёта в проценты.

### ***Использование результатов анализа***

Показатели полевой влажности почвы используют для расчёта общих запасов влаги ( $OЗВ$ ) в ней.

**Например.**

$$\text{Общий запас влаги } (OЗВ) = h \cdot d \cdot B.$$

Зная влажность завядания ( $BЗ$ ), можно рассчитать запасы труднодоступной влаги ( $ЗТВ$ ) в почве.

$$\text{Запас труднодоступной влаги } (ЗТВ) = h \cdot d \cdot BЗ.$$

Разница между общими запасами влаги ( $OЗВ$ ) и запасами труднодоступной влаги ( $ЗТВ$ ) соответствует запасам продуктивной влаги ( $ЗПВ$ ).

Запас продуктивной влаги ( $ЗПВ$ ) =  $OЗВ - ЗТВ$ , или  
 $ЗПВ = OЗВ - ЗТВ = (B \cdot h \cdot d) - (h \cdot d \cdot BЗ) = h \cdot d \cdot (B - BЗ)$ , м<sup>3</sup>/га,  
или, зная, что  $BЗ = 1,5 \text{ МГ}$ ,

$$ЗПВ = h \cdot d \cdot (B - 1,5 \text{ МГ}),$$

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

$h$  – мощность слоя почвы, г;

$B$  – полевая влажность почвы, %;

$BЗ$  – влажность завядания, %;

$\text{МГ}$  – максимальная гигроскопическая влага, %.

Расчет запасов продуктивной влаги в почве ведется в миллиметрах на гектар, поэтому необходимо сделать пересчет, введя в формулу коэффициент 0,1:

$$ЗПВ, \text{ мм} = 0,1 \cdot h \cdot d \cdot (B - BЗ).$$

Запасы продуктивной влаги рассчитывают в каждом слое почвы, затем их суммируют для слоя 0–20 и 0–100 см и оценивают по табл. 10.

**Задание.** Рассчитать запасы продуктивной влаги (*ЗПВ*) в слое почвы 0–20 см и дать их оценку, если полевая влажность почвы (*B*) в этом слое составляет 23 %, влажность завядания (*BЗ*) – 10 %, а плотность почвы (*d*) – 1 г/см<sup>3</sup>.

**Выполнение расчёта.**

$$ЗПВ, \text{ мм} = 0,1 \cdot h \cdot d \cdot (B - BЗ),$$

отсюда  $ЗПВ, \text{ мм} = 0,1 \cdot 20 \cdot 1 \cdot (23 - 10) = 26.$

Используя табл. 10, даём оценку запасам продуктивной влаги (*ЗПВ*) в слое 0–20 см, равным 26 мм: удовлетворительные.

Таблица 10

**Оценка запасов продуктивной влаги в почве**

Содержание воды (запасы продуктивной влаги), мм	Оценка запасов продуктивной влаги
Слой 0–20 см	
Более 40	Хорошие
40–20	Удовлетворительные
Менее 20	Неудовлетворительные
Слой 0–100 см	
Более 160	Очень хорошие
160–130	Хорошие
130–90	Удовлетворительные
90–60	Плохие
Менее 60	Очень плохие

Полевую влажность используют для расчёта коэффициента гигроскопичности ( $K_r$ ), который используют для пересчёта результатов анализа влажной почвы на воздушно-сухую и рассчитывают по формуле

$$K_r = \frac{100 + B}{100},$$

где *B* – полевая влажность почвы, %.

## **Контрольные вопросы и задания**

1. Назовите основные физические свойства почв и дайте их определения.
2. Дайте понятия плотности, плотности твёрдой фазы и порозности почвы, определите их взаимосвязь и агрономическую оценку.
3. Назовите пределы колебаний величин физических свойств почвы и их оптимальные значения для роста растений.
4. Перечислите мероприятия по улучшению (регулированию) физических свойств почв, механизм их действия.
5. Рассчитайте массу 1 га почвенного горизонта (слоя), если его мощность равна 30 см, а плотность  $1,2 \text{ г/см}^3$ .
6. Рассчитайте по предложенным данным:
7. а) порозность твёрдой фазы и плотность почвы;
8. б) плотность твёрдой фазы почвы при заданных плотности и общей порозности.
9. Дайте определение гигроскопической, максимальной гигроскопической и полевой влажности почвы.
10. Влажность завядания, пределы её колебаний в зависимости от свойств почвы и вида сельскохозяйственных растений.
11. Общий, продуктивный и непродуктивный запасы влаги в почве, их расчёт, оценка и значение для роста сельскохозяйственных культур.
12. Водный режим почв, его типы и приёмы регулирования в разных почвенно-климатических зонах.

## **ТЕМА 2**

### **Гранулометрический (механический) состав почв**

Твёрдая фаза почвы и породы – гетерогенная, полидисперсная система, состоящая из минеральных, органоминеральных и органических частиц разного размера – от молекул до крупных механических элементов ила, пыли, песка

и камней. Частицы почвы разного размера называют **механическими элементами** или **гранулами**.

Свойства механических элементов изменяются в зависимости от их размера. Близкие по размеру и свойствам частицы группируются во фракции.

Группировка частиц по размерам во фракции называется **классификацией механических элементов** (табл. 11).

Таблица 11

**Классификация механических элементов почвы  
(по Н. А. Качинскому, 1970)**

Размер частиц, мм	Название механических элементов	Группа фракций
Более 3	Камни	Каменистая часть (почвенный скелет)
3–1	Гравий	
1–0,5	Песок крупный средний мелкий	Физический песок. Более 0,01 мм
0,5–0,25		
0,25–0,05		
0,05–0,01	Пыль крупная	
0,01–0,005	средняя	Физическая глина Менее 0,01 мм
0,005–0,001	мелкая	
0,001–0,0005	Ил грубый	
0,0005–0,0001	тонкий	
Менее 0,0001	Коллоиды	

**Физический песок (частицы размером более 0,01 мм) и физическая глина (частицы размером менее 0,01 мм) в сумме представляют мелкозём.** Отдельные фракции по-разному влияют на свойства почв и пород, что обусловлено их различным минералогическим и химическим составом, а также физическими и физико-химическими свойствами.

**Камни** (более 3 мм) представлены в основном обломками горных пород, обуславливают отрицательные свойства почв, затрудняющие использование сельскохозяйственной техники и орудий, ухудшают появление всходов и рост растений.

Каменистость учитывают и классифицируют в зависимости от количества частиц размером более 3 мм (табл. 12).

Таблица 12

**Классификация почв по каменистости (по Н. А. Качинскому, 1970)**

Содержание частиц более 3 мм, % от массы почвы	Степень каменистости почвы	Тип каменистости
Менее 0,5	Некаменистая	Устанавливается по характеру скелетной части. Почвы могут быть валунные, галечниковые, щебенчатые
0,5–5,0	Слабокаменистая	
5,0–10,0	Среднекаменистая	
Более 10,0	Сильнокаменистая	

На слабокаменистых почвах ускоряется износ рабочих органов орудий по обработке почв. Средне- и сильнокаменистые почвы нуждаются в мелиоративных работах по удалению камней.

Валунные почвы часто встречаются в северо-западных районах Нечерноземья, щебенчатые – в горных и предгорных районах.

**Гравий** (3–1 мм) состоит из обломков первичных минералов. Высокое содержание гравия в почвах придаёт им такие неблагоприятные свойства, как отсутствие водоподъёмной способности, низкая влагоёмкость и провальная водопроницаемость, что неблагоприятно для произрастания сельскохозяйственных культур.

**Песчаная фракция** (1–0,05 мм) состоит из обломков первичных минералов (кварца, полевых шпатов и др.) и обладает высокой водопроницаемостью, не набухает, не пластична, но обладает незначительной капиллярностью и влагоёмкостью и практически пригодна для возделывания сельскохозяйственных культур (подзолы, подзолистые, дерново-подзолистые, светло-серые лесные, аллювиальные почвы).

**Пыль крупная и средняя** (0,05–0,005 мм).

**Пыль крупная** (0,05–0,01 мм) по минералогическому составу и физическим свойствам близка к песчаной фракции (не пластична, слабо набухает, имеет невысокую влагоемкость).

В составе фракции **средней пыли** (0,01–0,005 мм) преобладает содержание слюд, которые придают ей повышенную пластичность и связность. Эта фракция лучше удерживает влагу, но её водопроницаемость слабая, она не способна к коагуляции, не участвует в структурообразовании и физико-химических процессах, протекающих в почве. Поэтому почвы, обогащённые фракциями крупной и средней пыли, легко распыляются, склонны к заплыванию и уплотнению, имеют слабую водопроницаемость (серые лесные и другие почвы).

**Пыль мелкая** (0,005–0,001 мм) состоит из первичных и вторичных минералов и обладает высокой дисперсностью, обуславливающей ряд свойств, характерных для более крупных фракций. Пыль мелкая способна к коагуляции и структурообразованию, обладает поглотительной способностью, имеет повышенное содержание гумусовых веществ. В свободном, не агрегированном состоянии обилие тонкой пыли придаёт почве также и неблагоприятные свойства: низкая водопроницаемость, большое количество недоступной влаги, высокие набухаемость и усадка, пластичность, трещиноватость, плотное сложение (чернозёмы, каштановые почвы, солонцы).

**Ил** (менее 0,001 мм) состоит в основном из высокодисперсных вторичных минералов, а также частично из первичных (кварц, ортоклаз, мусковит) и определяет в большей степени плодородие почвы. Илистая фракция определяет течение физико-химических процессов в почве, обладает большой поглотительной способностью, содержит много



гумуса, элементы зольного и азотного питания растений (тёмно-серые лесные, чернозёмы, лугово-чернозёмные, каштановые).

**Коллоиды** (менее 0,0001 мм) играют основную роль в физико-химических (обменных) процессах почв, имеющих важное значение в почвенном плодородии. Их количество в почве изменяется от 0–1 до 30–40% к массе почвы. Физико-химические свойства почв определяются не только количеством коллоидов, но в большей степени их состоянием (коагулированное или некоагулированное). Состояние коллоидов в почве зависит от содержания в почвенном поглощающем комплексе щелочных металлов (особенно натрия). Если их много, то коллоидные вещества некоагулированы, что приводит к низкой агрегированности почв, обуславливая их плохую водопроницаемость, медленное капиллярное поднятие воды, высокие набухаемость и вязкость во влажном состоянии (солонцы). И наоборот, в почвах, почвенный поглощающий комплекс которых насыщен кальцием, коллоиды находятся в коагулированном состоянии, которое определяет хорошую агрегированность, водопроницаемость, низкую набухаемость и вязкость почв (чернозёмы, лугово-чернозёмные почвы).

Таким образом, с уменьшением размера механических элементов существенно изменяются их свойства. Довольно резкие изменения свойств механические элементы претерпевают на границе 0,01 мм и далее 0,05 и 0,001 мм. Это позволило разделить все механические элементы на две большие группы фракций: **физический песок** (частицы, диаметр которых более 0,01 мм) и **физическая глина** (частицы, диаметр которых менее 0,01 мм) – табл. 11.

Почвы и породы сложены из фракций механических элементов в различных количественных соотношениях. Относительное содержание в почве или породе фракций меха-

нических элементов называется *механическим* или *гранулометрическим составом*.

Почвы и породы по гранулометрическому составу можно объединить в несколько групп с характерными для них физическими, физико-химическими и химическими свойствами.

В основу классификации почв по гранулометрическому составу положено соотношение физического песка и физической глины. В зависимости от этого почва получает основное название по гранулометрическому составу: песчаная, супесчаная, суглинистая, глинистая (табл. 13).

Таблица 13

**Классификация почв по гранулометрическому составу**

Название почвы	Содержание физической глины (частицы менее 0,01мм), %			Содержание физического песка (частицы более 0,01мм), %		
	Тип почвы					
	1	2	3	1	2	3
Песок рыхлый	0–5	0–5	0–5	100–95	100–95	100–95
связный	5–10	5–10	5–10	95–90	95–90	95–90
Супесь	10–20	10–20	10–15	90–80	90–80	90–85
Суглинок легкий	20–30	20–30	15–20	80–70	80–70	85–80
средний	30–40	30–45	20–30	70–60	70–65	80–70
тяжелый	40–50	45–60	30–40	60–50	55–40	70–60
Глина легкая	50–65	60–75	40–50	50–35	40–25	60–50
средняя	65–80	75–85	50–65	35–20	25–15	50–35
тяжелая	Более 80	Более 85	Более 65	Менее 20	Менее 15	Менее 35

*Примечание.* 1 – почвы подзолистого типа почвообразования; 2 – почвы степного типа почвообразования; 3 – солонцы, сильно солонцеватые почвы.

Содержание механических элементов в физическом песке и физической глине в разных почвах изменяется, поэтому Н. А. Качинский ввёл понятие преобладающих фракций:

гравелистая (3–1 мм), песчаная (1,00–0,05 мм), крупнопылевая (0,05–0,01 мм), пылевая (0,01–0,001 мм) и илистая (менее 0,001 мм).

Поэтому в зависимости от того, какая фракция преобладает, к основному названию почвы по гранулометрическому составу (см. табл. 13) добавляют название этой фракции.

**Например.** Чернозём выщелоченный содержит физической глины 54 %, физического песка – 46 %. Из них физическая глина содержит средней и мелкой пыли 18 %, ила – **36 %**; физический песок содержит песка 13 %, крупной пыли – **33 %**. По соотношению физической глины и физического песка (54 и 46 %, см. табл. 13, 2) почва получает основное название **суглинок тяжёлый**. Дополнительное название почвы по гранулометрическому составу составляется из двух преобладающих механических частиц (гранул) во фракциях – это **крупная пыль** (33 %) и **ил** (36 %). Отсюда полное название почвы с учётом её гранулометрического состава будет следующее: **чернозём выщелоченный тяжело-суглинистый крупно-пылевато-иловатый** (название частиц преобладающей фракции ставится в конце).

### ***Значение гранулометрического состава***

Гранулометрический состав почв оказывает большое влияние на почвообразование и сельскохозяйственное использование почв: на сроки наступления их физической спелости и проведения полевых работ, условия обработки, дозы удобрений, размещение сельскохозяйственных культур.

Песчаные и супесчаные почвы легко поддаются обработке, поэтому их называют **лёгкими**. Они обладают хорошей водопроницаемостью и благоприятным воздушным и тепловым режимом. В то же время они имеют ряд отрицательных свойств, особенно низкую влагоёмкость,

поэтому на этих почвах даже во влажных районах растения страдают от недостатка влаги. Лёгкие почвы бедны гумусом и элементами питания растений, имеют низкую поглотительную способность, наиболее подвержены ветровой эрозии.

Тяжелосуглинистые и глинистые почвы обладают большей связностью и влагоёмкостью, богаче гумусом и питательными веществами. Обработка этих почв требует больших энергетических затрат, поэтому их называют *тяжёлыми*. Эти почвы обладают неблагоприятными физическими и физико-химическими свойствами: имеют низкую водопроницаемость, легко заплывают при увлажнении, образуют на поверхности корку, которая при высыхании трескается, повреждая корни растений и способствует непроизводительным расходам почвенной влаги, а также большую плотность, липкость, обусловленные неблагоприятным воздушным и тепловым режимом. Эти почвы наряду с песчаными и супесчаными непригодны или малопригодны для сельскохозяйственного использования.

Лучшими по всем свойствам почвами являются легко- и среднесуглинистые.

В степных районах, в условиях недостатка осадков, где распространены чернозёмы, наиболее ценными по гранулометрическому составу являются тяжелосуглинистые и глинистые почвы, способные создавать хороший запас влаги.

В северных районах с достаточным или избыточным увлажнением лучшими являются легкосуглинистые почвы. Оценка гранулометрического состава почвы определяется биологическими особенностями сельскохозяйственных культур, возделываемых на ней. Так, например, для картофеля и многих овощных культур наиболее благоприятны супесчаные и легкосуглинистые почвы.

Правильное использование почвы улучшает её свойства. Бесструктурные песчаные и супесчаные почвы необходимо улучшать с помощью глинования, а глинистые – с помощью пескования, с применением органических удобрений в больших дозах.

Методы гранулометрического анализа почв делят на две группы: **визуальные** (применяют в полевых условиях) и более точные – **лабораторные**.

Визуальные методы основаны на определении гранулометрического состава по внешним признакам почвы при помощи органов чувств (на вид, на ощупь, раздавливанием сухого образца). Эти методы ещё называют **органолептическими**. Различают мокрый и сухой способы определения гранулометрического состава почв.

## **Лабораторная работа 6**

### **Мокрый метод определения гранулометрического состава почв**

**Принцип метода** основан на неодинаковой способности влажных почв различного гранулометрического состава к скатыванию в шнур, а шнура – в кольцо.

#### ***Ход анализа***







1. В фарфоровую чашку насыпать примерно 3–4 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с диаметром ячеек 1 мм, и увлажнить до тестообразного состояния (густой пасты), хорошо перемешать и размять в руках.

2. На ладони из почвы раскатать шнур толщиной 2–3 мм и свернуть его в кольцо диаметром 3 см.

3. В зависимости от гранулометрического состава почвы шнур при скатывании может принимать различный вид, по которому (табл. 14) определяют гранулометрический состав данной почвы.

Таблица 14

**Определение гранулометрического состава почвы мокрым методом**

№ п/п	Морфология образца при анализе (внешний вид)	Гранулометрический состав	
		признаки	название
1		Шнур не образуется	Песок
2		Зачатки шнура	Супесь
3		Шнур непрочный, распадается на части при раскатывании	Лёгкий суглинок
4		Шнур сплошной, кольцо с трещинами и переломами	Средний суглинок
5		Шнур сплошной, кольцо с трещинами	Тяжёлый суглинок
6		Шнур сплошной, кольцо без трещин	Глина

**Лабораторная работа 7****Определение гранулометрического состава почвы по методу Н. А. Качинского (метод пипетки)**

Наиболее распространённым методом анализа гранулометрического состава почв является метод пипетки в модификации Н. А. Качинского.

**Принцип метода.** Метод основан на зависимости между скоростью падения почвенных частиц в воде и их диаметром. Более крупные элементы почвы после взмучивания оседают быстрее, чем мелкие. Зная скорость падения частиц разного диаметра, можно отобрать пробу почвенной суспензии, содержащей эти частицы, с заданной глубины, через строго определённое время после взмучивания и определить их содержание.

**Ход анализа**

Прежде всего, необходимо подготовить почву к анализу (модификация С. И. Долгова, А. И. Личмановой):

1. 10 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с диаметром отверстий 1 мм, взвесить с точностью до 0,01 г и поместить в фарфоровую чашку диаметром 10–12 см.

2. Отмерить цилиндром 4%-й раствор пирофосфата натрия из расчёта на каждые 10 г почвы: для некарбонатных, незасолённых, незагипсованных почв легкого гранулометрического состава – 5 мл, для тяжелосуглинистых, глинистых и карбонатных почв – 10 мл, для засоленных и загипсованных – 20 мл.

3. Навеску почвы по каплям смочить соответствующим для данной почвы объемом 4%-го раствора пирофосфата натрия до тестообразного состояния и осторожно, без нажима в течение 10 мин растереть пестиком с резиновым накопчиком.

4. Остаток пирофосфата натрия из цилиндра вылить в фарфоровую чашку, добавить дистиллированную воду и размешать смесь пестиком до состояния суспензии.

5. Полученную суспензию слить через сито с отверстиями диаметром 0,25 мм в стеклянный цилиндр объёмом 1 л для анализа. Размешивание почвы с новой порцией воды продолжать до тех пор, пока вся почва не будет перенесена в цилиндр.

6. Оставшуюся на сите фракцию (частицы размером 1–0,25 мм) смыть в фарфоровую чашку, а затем декантацией водой перенести в другую заранее взвешенную фарфоровую чашку, дать воде отстояться и слить её. Остаток в чашке выпарить на песчаной бане, высушить в шкафу при 105°C до постоянной массы. Определить содержание в почве фракции 1–0,25 мм по формуле

$$x = \frac{A \cdot 100}{C},$$

где  $x$  – количество фракции (частицы размером 1–0,25 мм), %;

$A$  – масса фракции, г;

$C$  – абсолютно сухая навеска почвы, г;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы.

Объем суспензии в цилиндре довести дистиллированной водой до 1 л и проанализировать на содержание оставшихся фракций методом пипетки.

Отбор проб производят специальной пипеткой объемом 20 мл с различной глубины для различных групп механических элементов через определенные промежутки времени (табл. 15).

Таблица 15

**Условия взятия проб почвенных частиц**

Диаметр частиц, мм	Глубина погружения пипетки, см	Время отстаивания суспензии при разных температурах		
		15 °С	20 °С	25 °С
0,05 и менее	25	2 мин 10 с	1 мин 55 с	1 мин 43 с
0,01 и менее	10	21 мин 45 с	19 мин 14 с	17 мин 06 с
0,005 и менее	10	1 ч 26 мин 59 с	1 ч 16 мин 55 с	1 ч 08 мин 25 с
0,001 и менее	7	25 ч 22 мин	22 ч 26 мин	19 ч 57 мин

При подсчётах из массы последней фракции (менее 0,001 мм) вычитают поправку, соответствующую содержанию в суспензии пептизатора (при объеме пипетки 20 мл она составляет 0,016 г, или 1,6 %).

Фарфоровые чашки для отбора проб готовят заранее, предварительно взвесив их на аналитических весах.

***Порядок отбора (взятия) проб:***

- а) измерить температуру суспензии;
- б) определить время отстаивания (см. табл. 15);
- в) содержимое цилиндра взболтать мешалкой движением вверх-вниз в течение 1 мин;
- г) засечь время;
- д) за 30 с до истечения времени отстаивания пипетку подвести к цилиндру и осторожно опустить её на заданную глубину (см. табл. 15);



е) точно в срок произвести отбор пробы в фарфоровую чашку;

ж) пипетку промыть, собирая промывные воды в эту же чашку;

з) пробу выпарить досуха, высушить в сушильном шкафу при температуре 105 °С, охладить в эксикаторе и взвесить на аналитических весах. Результаты записать в табл. 16.

Таблица 16

**Результаты отбора почвенных проб**

Размер частиц пробы, мм	Номер чашки	Масса, г		Масса пробы, г
		пустой чашки	чашки с пробой после сушки	
1–0,25				
0,05				
0,01				
0,005				
Менее 0,001				

Расчёт содержания механических частиц в почве произвести в табл. 17.

Таблица 17

**Расчёт и форма записи результатов анализа**

Размер частиц пробы, мм	Масса пробы		Размер фракции, мм	Расчёт фракции, %	Фракция, %
	г	%			
1–0,25		$x_0$	1–0,25	$x_0$	
0,05 и менее		$x_1$	0,05–0,01	$x_1 - x_2$	
0,01 и менее		$x_2$	0,01–0,005	$x_2 - x_3$	
0,005 и менее		$x_3$	0,005–0,001	$x_3 - x_4$	
0,001 и менее		$x_4$	Менее 0,001	$x_4 - 1,6$	
			0,25–0,05	100 – сумма всех фракций	

Результаты анализа рассчитывают по формуле

$$x = \frac{A \cdot V \cdot 100}{b \cdot c},$$

где  $x$  – количество фракции, %;

$A$  – масса пробы, г;

$V$  – объём суспензии в цилиндре, мл;

$b$  – объём взятой пробы, мл;

$c$  – абсолютно сухая навеска почвы, г;

100 – коэффициент пересчета в проценты.

На основании результатов определяют гранулометрический состав почвы по Н. А. Качинскому, который можно также представить графически в виде циклограммы или профильным методом.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Дайте определение всех механических частиц почвы в порядке уменьшения их размеров.

2. Расскажите о свойствах механических частиц и их влиянии на различные свойства почв.

3. Что такое гранулометрический состав почв? Классификация почв по гранулометрическому составу.

4. Дайте полное название серой лесной почвы по гранулометрическому составу, определённого пипет-методом, если содержание в ней частиц размером менее 0,01 мм составляет 54,5 %, размером 0,05–0,001 мм – 13,6 и размером менее 0,001 мм – 15, %.

5. Какие почвы называют тяжёлыми и легкими и почему?

6. Какой гранулометрический состав почв является наиболее благоприятным для большинства сельскохозяйственных культур и почему?

7. Влияние гранулометрического состава почв на их воздушный, водный, тепловой и пищевой режимы и плодородие.

8. Назовите основные приемы регулирования гранулометрического состава различных почв.

### ТЕМА 3. Гумус почвы

**Гумус почвы** – сложный динамический комплекс органических соединений, образующихся при разложении и гумификации органических остатков в почве.

Основными источниками органического вещества почвы являются отмершие остатки растений в виде наземной и корневой масс, животных, микроорганизмов; продукты разной степени их разложения (*первая группа соединений*) и специфически новообразованное гумусовое вещество – гумус (*вторая группа соединений*). Содержание гумуса в почве является важным показателем ее плодородия.

Поступление органических остатков в различных почвах неодинаково: в лесах основное их количество поступает на поверхность почвы, а в травянистых сообществах значительная часть (30–90 %) поступает в почву в виде отмерших корней.

*К первой группе* органических соединений относятся белки, углеводы, органические кислоты, жиры, лигнин, смолы, воск и др. Эти соединения в сумме составляют всего 10–15 % массы органического вещества почвы (*неспецифическая часть гумуса*).

*Вторая группа* органических соединений почвы – гумусовые вещества, составляющие 85–90 % органической части почвы, – представлена комплексом соединений более сложного строения, макромолекулы которых могут состоять из 1000 атомов и более (*специфическая часть гумуса*).

В составе сухого вещества органических остатков содержатся такие зольные элементы, как калий, кальций, магний, кремний, фосфор, сера, железо и многие другие, в том числе и микроэлементы (1–10 %).

От состава органических остатков зависят направление и скорость их последующего превращения. Наиболее быстро трансформируется опад, богатый легкодоступными

ми для микроорганизмов веществами (белками, аминокислотами, растворимыми углеводами) и основаниями (Ca, Mg). Растительные остатки, богатые лигнином, дубильными веществами, смолами (хвоя, кора, древесина), разлагаются медленно. Из опада культурных растений быстрее разлагаются остатки бобовых трав и медленнее – солома злаковых.

Поступая в почву, органические остатки подвергаются различным превращениям: механическому измельчению почвенными животными, физико-химическим и биохимическим изменениям под влиянием микроорганизмов и других представителей почвенной фауны. В результате такой деятельности в почве происходит **минерализация** органического вещества до конечных продуктов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и простых солей) и **гумификация**. Кроме того, в почве всегда образуются водорастворимые формы органического вещества.

**Гумификация** – совокупность сложных биохимических, физико-химических и химических процессов превращения органических остатков в гумусовые вещества.

Скорость и характер гумусообразования зависят от целого ряда условий, факторов почвообразования и свойств почвы (аэробные и анаэробные условия, количество влаги в почве, её температурный режим, количество и состав органических остатков, вид микроорганизмов, гранулометрический, химический, минералогический состав почвы, её физико-химические и другие свойства).

Содержание гумуса в почвах также зависит от условий и характера почвообразовательного процесса. Максимум гумуса образуется в верхнем горизонте почв и колеблется в пределах 1–15%, резко или постепенно уменьшаясь с глубиной. Наиболее благоприятные условия для накопления гумуса складываются в чернозёмах, имеющих благоприятные условия воздухо-, тепло- и водообеспеченности.

По растворимости гумусовые вещества делятся на следующие группы: **фульвокислоты (ФК)**, **гуминовые кислоты (ГК)** и **гумин**.

**Фульвокислоты (ФК)** – высокомолекулярные азотосодержащие органические кислоты, относящиеся к соединениям органического ряда, растворимые в воде, в слабых растворах кислот и щелочей и легко вымываемые почвенными водами. В высушенном состоянии препараты фульвокислот имеют буровато-жёлтый цвет, а их растворы – от соломенно-жёлтого до оранжевого. Водные растворы фульвокислот сильнокислые (рН 2,6–2,8), они активно воздействуют на многие минералы, разрушая их и образуя устойчивые комплексные соединения с катионами, особенно с трёхвалентными металлами, в частности с железом (комплексо- и хелатообразование).

Фульвокислоты имеют следующий элементный состав: С – 40–52%, Н – 4–6, О – 42–52, N – 3–4,4%. Фульвокислоты преобладают в почвах подзолистого типа, краснозёмах, серозёмах, некоторых почвах тропиков и участвуют в переводе химических элементов из минеральной части почв в подвижное состояние.

**Гуминовые кислоты (ГК)** – высокомолекулярные азотосодержащие органические кислоты циклического строения, нерастворимые в воде и минеральных кислотах, но хорошо растворимые в растворах щелочей. Растворы гуминовых кислот имеют окраску от вишнево-коричневой до чёрной. Гуминовые кислоты характеризуются повышенным по сравнению с фульвокислотами содержанием углерода и азота (С – 52–62%, Н – 2,8–5,8, О – 31–39, N – 4,3–6%, зольные элементы 1–10%). Гуминовые кислоты преобладают в чернозёмах, каштановых почвах, иногда – в серых лесных, дерновых и хорошо окультуренных дерново-подзолистых и других почвах и в малых дозах влияют на развитие растений, активизируя их рост.

**Гумин** – часть гумусовых веществ, нерастворимая ни в одном растворителе (нерастворимый остаток после экстракции фульво- и гуминовых кислот). Эти гумусовые вещества прочно связаны с высокодисперсными глинистыми минералами.

В гумусе, кроме углерода, водорода, кислорода и азота, содержится значительное количество серы, фосфора, кальция, калия и других химических элементов (зольные элементы).

Кислотная природа гуминовых и фульвокислот обусловлена в основном карбоксильными ( $-COOH$ ) и фенолгидроксильными ( $-C_6H_5OH$ ) группами, водород которых может замещаться катионами оснований. Так образуются соли – гуматы и фульваты. Одни из них хорошо растворимы в воде и легко вымываются из почвы осадками (гуматы щелочных металлов и аммония). Другие (гуматы  $Ca$  и  $Mg$ ) не растворимы в воде. Поэтому почвы, содержащие гуматы натрия (солонцовые почвы и солонцы), легко обедняются гумусом, а почвы, богатые гуматами кальция (чернозёмы), содержат много гумуса.

Органическое вещество почвы играет очень важную роль в процессах почвообразования и в плодородии почв. Чем выше содержание гумуса в почве, чем шире в нём соотношение гуминовых и фульвокислот (ГК: ФК), тем лучшими физическими, физико-химическими и другими свойствами обладает почва, тем выше её плодородие. Кроме того, преобладание в составе гумуса гуминовых кислот способствует образованию комковато-зернистой водопрочной структуры почвы, определяющей её поглотительную способность, благоприятный водный, воздушный и пищевой режимы, необходимые для нормального роста сельскохозяйственных культур.

В зависимости от соотношения гуминовых и фульвокислот (ГК: ФК) различают следующие типы гумуса: гуматный (более 1,5), фульватно-гуматный (1–1,5), гуматно-фульват-

ный (1–0,5) и фульватный (менее 0,5). При благоприятных условиях гумусонакопления образуется гумус, обогащённый гуминовыми кислотами (чернозёмы, лугово-чернозёмные, луговые, перегнойные почвы, тёмно-серые лесные).

Содержание гумуса в почве и его тип зависит от географических условий и увеличивается от таёжных подзолистых почв (2–3 %) на юг к дерново-подзолистым, серым лесным (4–6 %) и далее к чернозёмам (в среднем около 10 %), а потом так же закономерно уменьшается до 2–4 % в каштановых почвах сухих степей и до 1–2 % в почвах пустынь (табл. 18).

Таблица 18

**Среднее содержание и состав гумуса различных типов почв**

Почвы	Гумус, %	Содержание углерода, %		ГК: ФК
		гуминовые кислоты (ГК)	фульво-кислоты (ФК)	
Подзолистые	2,5–4,0	12–30	25–30	0,6–0,8
Серые лесные	4,0–6,0	25–30	25–27	1,0
Чернозёмы (мощные и обыкновенные)	7,0–10,0	35–40	15–20	1,5–2,5
Каштановые	1,5–4,0	25–35	20–25	1,2–1,5
Бурые сухостепные	1,0–1,1	15–18	20–23	0,7
Серозёмы светлые	0,8–1,0	17–23	25–33	0,7
Краснозёмы	4,0–6,0	15–20	22–28	0,6–0,8

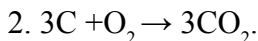
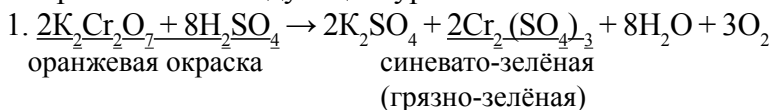
## Лабораторная работа 8

### Определение содержания гумуса в почве по методу

**И. В. Тюрина**

**Принцип метода.** Метод основан на окислении углерода гумусовых веществ до  $\text{CO}_2$  0,4 н. раствором двуххромовокислого калия ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) в серной кислоте ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), разведённой в дистиллированной воде в объёмном отношении 1:1 при нагревании на кипящей водяной бане. По количеству хромовой смеси, пошедшей на окисление органического ве-

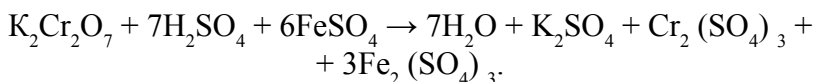
щества, определяют его содержание в почве. Реакция окисления протекает по следующим уравнениям:



В результате окислительно-восстановительной реакции некоторая часть  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  затрачивается на окисление гумуса и меняет оранжевую окраску на синевато-зелёную (грязно-зелёную).

Остаток хромовой кислоты, неизрасходованный на окисление гумуса, оттитровывают 0,2 н. раствором соли Мора в присутствии индикатора – фенилантраниловой кислоты.

При титровании остатка хромовой кислоты солью Мора, представляющей из себя двойную соль –  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , идёт следующая реакция:



В начале титрования жидкость приобретает темно-красно-фиолетовую окраску, которая затем переходит в синюю, а к концу титрования в грязно-зелёную.

### *Ход анализа*

1. Подготовка почвы к анализу. На кальку (белую бумагу) взять немного почвы, просеянной через сито с диаметром отверстий 1 мм и, используя пинцет, лупу и стеклянную палочку, тщательно отобрать корешки. Затем почву хорошо растереть в фарфоровой ступке и просеять через сито с диаметром отверстий 0,25 мм.

2. На аналитических весах взять навеску почвы. Размер навески зависит от содержания гумуса (типа почвы): чем выше содержание гумуса в почве, тем меньше её навеска. И. В. Тюрин рекомендует брать навески почвы в зависимо-



сти от окраски почвы и предполагаемого в ней содержания гумуса (табл. 19).

Таблица 19

**Определение навески почвы по ее окраске и предполагаемому содержанию гумуса**

Окраска почвы	Содержание гумуса, %	Навеска почвы, г
Очень чёрная	10–15	0,05
Чёрная	7–10	0,10
Тёмно-серая	4–7	0,20
Серая	2–4	0,30
Светло-серая	1–2	0,40
Белёсая	0,5–1	0,50

3. Навеску почвы осторожно перенести в коническую колбу на 100 мл, прилить сюда из бюретки 10 мл хромовой смеси и содержимое осторожно перемешать круговыми движениями.

4. Колбу закрыть небольшой стеклянной воронкой, которая служит обратным холодильником, и поставить на асбестовую или этернитовую плитку.

5. Содержимое колбы довести до кипения и кипятить ровно 5 мин с момента появления крупных пузырьков  $\text{CO}_2$ . Кипение должно быть равномерным, чтобы избежать потерь органического вещества при сжигании.

6. После кипячения колбу снять с плитки, дать ей остыть, воронку с внутренней и внешней стороны обмыть из промывалки дистиллированной водой в колбу, доведя объем до 30–40 мл.

7. К жидкости прилить 5 капель 0,2 %-го раствора фенилантраниловой кислоты, тщательно перемешать до приобретения жидкостью тёмно-красно-фиолетовой окраски.

8. Полученную смесь титровать 0,2 н. раствором соли Мора до появления синей окраски. Затем соль Мора прибавлять по каплям до перехода синей окраски смеси в зелёную

(грязно-зелёную). Количество соли Мора, пошедшее на титрование, записать в табл. 20.

9. Параллельно провести холостое определение гумуса с прокаленной почвой или пемзой.

Таблица 20

**Результаты определения содержания гумуса в почве**

Тара + навеска, г	Масса тары, г	Навеска почвы, г	Количество соли Мора, мл, пошедшее на		Гумус, %
			холостое титрование	титрование образца	
		с	а	б	А

10. Содержание гумуса рассчитать по формуле

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

где  $A$  – содержание гумуса, %;

$a$  – количество соли Мора, пошедшее на холостое титрование 10 мл двуххромовокислого калия, мл;

$b$  – количество соли Мора, пошедшее на титрование остатка двуххромовокислого калия (образца), мл;

$K_m$  – поправка к титру соли Мора;

100 – коэффициент пересчета в проценты;

0,0010362 – коэффициент пересчета углерода на гумус (1 мл 0,2 н. раствора соли Мора соответствует такому количеству гумуса);

$K_r$  – коэффициент гигроскопичности;

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

**Использование результатов**

Данные по содержанию гумуса используют для расчёта его запасов по слоям почвы на площади 1 га для оценки плодородия почвы, при расчёте бонитета почв.

**Задание.** Рассчитать запасы гумуса (т/га) в слое 0–20 см чернозёма выщелоченного, если содержание гумуса составляет 7,5 %, а плотность почвы – 1,2 г/см<sup>3</sup>.

**Выполнение расчета.**

Запасы гумуса, т/га = % гумуса ·  $h$  ·  $d$  = 7,5 · 20 · 1,2 = 180.

Пользуясь табл. 21, можно оценить содержание и запасы гумуса в слое почвы 0–20 см. Так, содержание гумуса (7,5 %) – высокое, и соответственно его запасы (180 т/га) – высокие.

*Таблица 21*

**Показатели гумусного состояния почв  
(по Д. С. Орлову, Л. А. Гришиной)**

Содержание гумуса, %		Запасы гумуса, т/га, в слое почвы, см		Оценка запасов гумуса
Пределы содержания	Уровень признака	0–20	0–100	
Более 10	Очень высокое	Более 200	Более 600	Очень высокие
6–10	Высокое	150–200	400–600	Высокие
4–6	Среднее	100–150	200–400	Средние
2–4	Низкое	100–50	100–200	Низкие
Менее 2	Очень низкое	Менее 50	Менее 100	Очень низкие

**Контрольные вопросы и задания**

1. Назовите основные источники органического вещества в почве.
2. Дайте определение гумуса.
3. Каково содержание гумуса в различных почвах?
4. Гуминовые кислоты, их состав, свойства и роль в плодородии почв.
5. Фульвокислоты, их состав, свойства и роль в плодородии почв.
6. Состав гумуса в различных почвах и его роль в плодородии.

7. Рассчитайте запасы гумуса в слое почвы 0–20 см и дайте их оценку, если плотность почвы  $1,0 \text{ г/см}^3$ , а содержание гумуса – 6,5 %.

8. Основные составляющие баланса гумуса в почвах, его особенности в различных севооборотах.

9. Приёмы регулирования баланса гумуса, их особенности в различных почвенно-климатических зонах.

#### ТЕМА 4. Кислотность почв

**Кислотность почв** – способность почвы подкислять почвенный раствор или растворы солей вследствие наличия в составе почвы органических и минеральных кислот, гидролитически кислых солей, а также обменных ионов водорода и алюминия. Количественно кислотность выражается в миллиграмм-эквивалентах водорода на 100 г почвы и величиной pH. При нейтральной реакции раствора pH равна 7, при кислой менее 7, при щелочной более 7.

В зависимости от того, в каком состоянии находятся в почве ионы водорода, различают **актуальную (активную)** и **потенциальную (скрытую)** кислотность, которая в свою очередь подразделяется на **обменную** и **гидролитическую**.

#### Лабораторная работа 9

##### Определение актуальной кислотности почвы потенциометрическим методом

**Актуальная (активная)** кислотность обусловлена ионами  $\text{H}^+$  и  $\text{Al}^{3+}$ , находящимися в почвенном растворе, и вызвана наличием в нём свободных кислот, гидролитически кислых солей и степенью их диссоциации. Величина актуальной кислотности выражается в миллиграмм-эквивален-

тах  $H^+$  в 100 г почвы или в рН (отрицательный десятичный логарифм концентрации ионов водорода в граммах на 1 л раствора).

Градации степени кислотности в зависимости от величины рН приведена в табл. 22.

Таблица 22

**Степень кислотности в зависимости от величины рН**

рН	Реакция почвы (рН)
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
Более 8,5	Сильнощелочная

В почвах величина рН может находиться в пределах от 3 до 8 и более и сильно влиять на физико-химические, химические и другие их свойства (табл. 23).

Таблица 23

**Пределы колебания актуальной кислотности (рН  $H_2O$ ) в некоторых почвах**

Почвы	рН $H_2O$
Торфяно-болотные, болотно-подзолистые	3,0–4,5
Подзолистые, дерново-подзолистые, красноземы	4,5–5,6
Серые лесные оподзоленные	5,6–6,5
Чернозёмы, каштановые, серозёмы	6,5–7,5
Карбонатные, солонцы, солончаки	7,6–8,5

Сельскохозяйственные культуры и микроорганизмы по-разному относятся к актуальной кислотности. Для большинства культурных растений сильнокислая и сильнощелочная реакция почвы отрицательно сказывается на их росте и развитии (табл. 24).

Таблица 24

**Пределы колебания величины рН для развития растений и микроорганизмов (Прянишников, 1940; Ковда, 1973)**

Растения и микроорганизмы	рН	
	оптимум	предел
Пшеница	6,0–7,0	5,0–8,0
Ячмень	-	6,0–7,2
Рожь	5,0–6,0	4,0–7,0
Овёс	5,0–6,0	4,0–8,0
Картофель	5,0	4,0–8,0
Люцерна	7,0–8,0	6,0–8,0
Клевер	6,0–6,5	5,0–8,0
Хлопчатник	6,0–7,3	6,0–8,0
Чайный куст	4,5–6,0	-
Лён	5,0–8,0	4,0–7,0
Табак	4,5–6,5	-
Люпин	4,0–5,0	4,0–6,0
Горох	6,0–7,0	5,0–8,0
Грибы	3,5–6,0	-
Азотобактер	6,0–8,0	-
Нитрификаторы	6,8–8,0	-
Денитрификаторы	7,0–8,0	-

**Значение анализа.** Актуальная кислотность почвы ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) определяет условия жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, а значит, биологическую активность почвы, позволяет судить о подвижности и доступности различных элементов питания, определяющих пищевой режим почв, о правильности подбора видов минеральных удобрений, физико-химических, химических и других свойствах, позволяет осуществить правильный подбор культурных растений для возделывания на ней.

**Принцип метода.** Актуальную кислотность почвы ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) определяют потенциометрическим методом, который основан на измерении разности потенциалов, возникающей между мембраной стеклянного электрода (измерительный) и раствором (суспензией), и зависящей от активности ионов водорода в растворе. По разности по-

тенциалов на стеклянном электроде и электроде сравнения определяют величину рН почвенного раствора.

### *Ход анализа*

1. Подготовить прибор (рН-метр) и электрод для измерения согласно инструкции.

2. На технических весах взвесить на кальке 20 г воздушно-сухой почвы и высыпать её в коническую колбу объёмом 100 мл.

3. Прилить в колбу 50 мл дистиллированной воды и взболтать на ротаторе в течение 1 ч.

4. С помощью рН-метра измерить величину рН водной суспензии почвы, записать её в виде  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  –, установить степень кислотности почвы по табл. 22 и определить, используя табл. 24, какие культурные растения можно возделывать на этой почве. Написать вывод по работе.

Водная вытяжка позволяет извлекать из почвы только часть ионов водорода, наиболее подвижную. Прочно связанные с твёрдой фазой почвы ионы водорода и алюминия (находящиеся в почвенном поглощающем комплексе) можно извлечь только растворами нейтральных (1 н. раствор KCl) и щелочных (1 н. раствор  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) солей. Кислотность почвы, определяемая количеством ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{Al}^{3+}$ , находящихся в почвенном поглощающем комплексе, называется **потенциальной (скрытой)**. Потенциальная кислотность подразделяется на **обменную** и **гидролитическую**.

## **Лабораторная работа 10**

### **Определение обменной кислотности почв потенциометрически и по методу Дайкухара**

**Обменная** кислотность обусловлена количеством ионов  $\text{H}^+$  и  $\text{Al}^{3+}$ , находящихся в почвенном поглощающем комплексе.

**Значение анализа.** Ионы водорода, находящиеся в обменном состоянии в почве, могут переходить в почвенный

раствор, увеличивая его кислотность и тем самым ухудшать условия для нормального роста и развития культурных растений. Одним из способов уменьшения кислотности почвы является известкование. Для решения вопроса о потребности почвы в известковании определяют обменную кислотность.

**Принцип метода.** Обменную кислотность определяют путём вытеснения поглощённых ионов  $H^+$  и  $Al^{3+}$  раствором нейтральной соли и измерения их концентрации в растворе потенциометрически. В качестве вытеснителя ионов  $H^+$  и  $Al^{3+}$  из почвенного поглощающего комплекса используют 1 н. раствор  $KCl$ . Реакция протекает по схеме:

1.  $[ППК] H^+ + KCl \ll [ППК] K^+ + HCl$ , если обменная кислотность обусловлена поглощёнными ионами водорода.

Если же обменная кислотность обусловлена ионами  $Al^{3+}$ , то реакция протекает по схеме:

2.  $[ППК] Al^{3+} + 3KCl \ll [ППК] 3K^+ + AlCl_3$ .

Образующийся хлорид алюминия ( $AlCl_3$ ) является гидролитически кислой солью, которая в водном растворе подвергается гидролизу по схеме:

3.  $AlCl_3 + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3^- + 3HCl$ .

Обменную кислотность определяют потенциометрически, измеряя концентрацию ионов водорода в растворе ( $pH_{KCl}$ ), либо оттитровывают образующуюся в результате этих реакций  $HCl$  щёлочью и по её количеству, используя расчётную формулу, вычисляют величину обменной кислотности ( $pH_{KCl}$ ).

### *Ход анализа*

1. На технических весах взвесить на кальке 40 г почвы и высыпать её в коническую колбу объёмом 250 мл.

2. К почве прилить 100 мл 1 н. раствора  $KCl$  и взболтать на ротаторе в течение 1 ч.



3. При потенциометрическом определении  $pH_{KCl}$  необходимо в полученную суспензию опустить электрод прибора и измерить величину обменной кислотности, записав её как  $pH_{KCl}$ .

При химическом определении величины  $pH_{KCl}$  полученную после взбалтывания в течение 1 ч суспензию отфильтровать через сухой складчатый фильтр.

4. В коническую колбу на 100 мл отобрать 50 мл фильтрата.

5. Прибавить сюда 2–3 капли фенолфталеина и тщательно всё перемешать.

6. Оттитровать фильтрат 0,1 н. раствором NaOH до слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин.

Результаты анализа записать в табл. 25.

Таблица 25

**Результаты определения обменной кислотности почвы**

Количество 0,1 н. NaOH, пошедшее на титрование, мл	Нормальность раствора NaOH	Количество фильтрата для титрования, мл	Навеска почвы, г	Обменная кислотность, мг-экв/100 г почвы
а	н	б	с	ОК ( $pH_{KCl}$ )

Обменную кислотность (ОК) рассчитывают по формуле

$$OK(pH_{KCl}) = \frac{a \cdot n \cdot 100 \cdot 100 \cdot 1,75}{b \cdot c},$$

где ОК – обменная кислотность почвы, мг-экв/100 г почвы;

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

*n* – нормальность раствора NaOH;

*b* – количество фильтрата, взятое для титрования, мл;

*c* – навеска почвы, г;

100 – коэффициент для пересчёта на весь объём фильтрата;

100 – коэффициент для пересчёта на 100 г почвы;

1,75 – коэффициент пересчёта на неполноту вытеснения водорода.

Оценку почвы по величине обменной кислотности ( $pH_{KCl}$ ) делают по табл. 26.

Таблица 26

**Градация почв по величине обменной кислотности ( $pH_{KCl}$ )**

$pH_{KCl}$	Реакция почвы
$\leq 4,0$	Очень сильнокислая
4,1–4,5	Сильнокислая
4,6–5,0	Среднекислая
5,1–5,5	Слабокислая
5,6–6,0	Близкая к нейтральной
Более 6,0	Нейтральная

**Использование результатов анализа**

Обменную кислотность почвы (ОК) необходимо знать при расчёте доз извести для мелиорации кислых почв. Зная величину обменной кислотности почвы и её гранулометрический состав, используя результаты исследований ВИУА, можно приближённо установить дозу извести для кислой почвы (табл. 27).

Таблица 27

**Ориентировочные дозы извести ( $CaCO_3$ ) для дерново-подзолистых почв, т/га (данные ВИУА)**

Гранулометрический состав почв	$pH_{KCl}$					
	4,5 и менее	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4
Супесь и лёгкий суглинок	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0
Средний и тяжёлый суглинок	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5

**Лабораторная работа 11**

**Определение гидролитической кислотности почвы по Каппену**

**Гидролитическая** кислотность обусловлена количеством ионов  $H^+$  и  $Al^{3+}$ , находящихся в почвенном поглощающем комплексе.

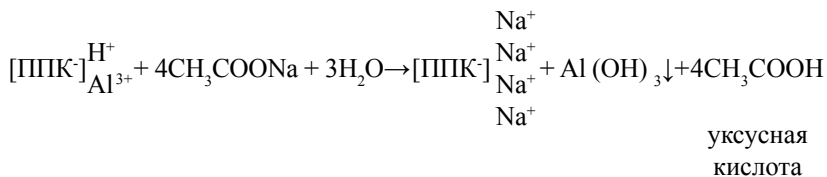
**Значение анализа.** Более полное вытеснение ионов водорода и алюминия происходит при действии на почву растворов гидролитически щелочных солей. Гидролитическая кислотность больше обменной, её используют при определении дозы извести для устранения избыточной кислотности почв, а также при вычислении ёмкости поглощения и степени насыщенности почв основаниями кислых почв, по которым судят о степени потребности почв в известковании (табл. 28).

Таблица 28

**Пределы колебания гидролитической кислотности  
в некоторых почвах**

Почвы	Гидролитическая кислотность ( $H_r$ ), мг-экв/100 г почвы
Подзолы	8–10
Подзолистые	5–8
Дерново-подзолистые	4–5
Серые лесные оподзоленные	3–4
Чернозёмы оподзоленные	2–4
Чернозёмы выщелоченные	1–2

**Принцип метода.** Гидролитическая кислотность определяется количеством поглощённых почвой ионов  $H^+$  и  $Al^{3+}$ , вытесняемых гидролитически щелочной солью ( $CH_3COONa$ ):



Количество образующейся уксусной кислоты ( $CH_3COOH$ ) эквивалентно количеству поглощённых ионов водорода и алюминия в почве и определяет величину гидролитической кислотности, которую выражают в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы и обозначают  $H_r$ .

### Ход анализа

1. На технических весах на кальке взвесить 40 г воздушно-сухой почвы и перенести в коническую колбу объёмом 500 мл.

2. К почве прилить 100 мл 1 н. раствора  $\text{CH}_3\text{COONa}$  с рН 8,2 и взболтать в течение 1 ч на ротаторе.

3. Суспензию отфильтровать через сухой складчатый фильтр, стараясь перенести на фильтр как можно больше почвы. Мутный фильтрат необходимо перефильтровать через этот же фильтр.

4. В коническую колбу на 100 мл отобрать 50 мл фильтрата.

5. Прибавить сюда 2–3 капли фенолфталеина и тщательно всё перемешать.

6. Оттитровать фильтрат 0,1 н. раствором  $\text{NaOH}$  до слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин.

Результаты анализа записать в табл. 29.

Таблица 29

#### Результаты определения гидролитической кислотности почвы

Количество 0,1 н. раствора $\text{NaOH}$ , пошедшее на титрование, мл	Нормаль- ность раствора $\text{NaOH}$	Количество фильтрата для титрования, мл	Навеска почвы, г	Гидролитичес- кая кислот- ность, мг-экв / 100 г почвы
a	n	b	c	$H_r$

Гидролитическую кислотность ( $H_r$ ) рассчитать по формуле

$$H_r = \frac{a \cdot n \cdot 100 \cdot 100 \cdot 1,75}{b \cdot c} ;$$

где  $H_r$  – гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы;

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

$n$  – нормальность раствора NaOH;  
 $b$  – количество фильтрата, взятое для титрования, мл;  
 $c$  – навеска почвы, г;  
 100 – коэффициент для пересчёта на весь объём фильтрата;  
 100 – коэффициент для пересчёта на 100 г почвы;  
 1,75 – коэффициент пересчёта на неполноту вытеснения водорода.

### ***Использование результатов анализа***

Величину гидролитической кислотности ( $H_r$ ) используют для расчёта доз извести ( $\text{CaCO}_3$ ) при мелиорации кислых почв.

Дозу извести можно рассчитать двумя способами:

1) так как внесённая в почву известь перемешивается с пахотным слоем почвы и нейтрализует её кислотность, поэтому для расчёта дозы извести необходимо знать:

- а) массу пахотного горизонта площадью 1 га;
- б) количество ионов водорода в пахотном слое, кг/га;
- в) количество  $\text{CaCO}_3$ , необходимое для нейтрализации 1 кг водорода.

**Задание.** Рассчитать дозу извести, если  $H_r = 6,0$  мг-экв/100 г почвы, мощность пахотного слоя 20 см ( $h$ ), а плотность почвы равна  $1,2$  г/см<sup>3</sup> ( $d$ ).

#### **Выполнение расчёта:**

а) рассчитываем массу пахотного горизонта площадью 1 га

$$M_{1\text{ га}} = 100 \cdot h \cdot d, \text{ т/га},$$

$$M_{1\text{ га}} = 100 \cdot 20 \cdot 1,2 = 2400 \text{ т},$$

где  $h$  – мощность пахотного слоя, см;

$d$  – плотность пахотного слоя почвы, г/см<sup>3</sup>.

б) рассчитываем количество обменного водорода в слое почвы

0–20 см массой 2400 т, зная, что  $H_f = 6,0$  мг-экв/100 г почвы, т.е. в 100 г почвы содержится 6,0 мг-экв, или 6,0 мг обменного водорода, тогда в 2400 т почвы водорода будет:

$$\frac{2400 \text{ т} \cdot 6 \text{ мг}}{100 \text{ г}} = \frac{2400000000 \text{ г} \cdot 6 \text{ мг}}{100 \text{ г}} = 144 \text{ кг/га};$$

в) 144 кг обменного водорода в слое почвы 0–20 см необходимо нейтрализовать известью ( $\text{CaCO}_3$ ). На нейтрализацию 1 кг обменного водорода согласно реакции



требуется 50 кг извести. Отсюда извести потребуется всего

$$50 \text{ кг} \cdot 144 = 7200 \text{ кг, или } 7,2 \text{ т/га.}$$

2) по величине гидролитической кислотности ( $H_f$ ), используя метод К. К. Гедройца

$$D \text{ CaCO}_3 = 0,05 \cdot H_f \cdot h \cdot d, \text{ т/га,}$$

где 0,05 – коэффициент пересчета на  $\text{CaCO}_3$ ;

$H_f$  – величина гидролитической кислотности, мг-экв / 100 г почвы;

$h$  – мощность мелиорируемого слоя почвы, см;

$d$  – плотность слоя почвы, г/см<sup>3</sup>.

$$D \text{ CaCO}_3 = 0,05 \cdot 6 \cdot 20 \cdot 1,2 = 7,2 \text{ т/га.}$$

Видим, что доза извести, рассчитанная обоими способами, получилась одинаковой, следовательно, при её расчётах лучше использовать более простой способ – по методу К. К. Гедройца.

Для торфяных горизонтов, оторфованных и хорошо унавоженных почв плотность почвы составляет менее 1 г/см<sup>3</sup> (для верховых торфов менее 0,1 г/см<sup>3</sup>). Расчёт дозы извести для таких почв по формуле  $H_f \cdot 1,5$  даёт завышенные результаты. Поэтому при расчёте дозы извести на таких почвах не-

обходимо кроме гидролитической кислотности обязательно учитывать массу пахотного слоя.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Что такое реакция почвенной среды, единицы её измерения и пределы колебания в различных почвах? Агрономическое значение кислотности почв.

2. Дайте определения и раскройте сущность видов почвенной кислотности.

3. Отношение различных культурных растений к величине рН почвы.

4. Влияние кислотности на степень подвижности основных веществ и элементов в почве.

5. Особенности применения различных видов минеральных удобрений в зависимости от кислотности почв.

6. Мероприятия по регулированию почвенной кислотности. Основные виды химических мелиорантов для кислых почв и химизм их действия.

7. Использование отдельных видов кислотности почв для расчёта доз извести.

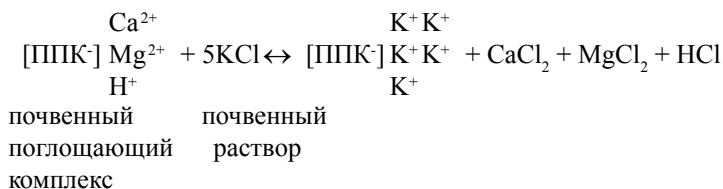
8. Рассчитайте дозу извести для нейтрализации кислотности почвы по методу К. К. Гедройца, если её гидролитическая кислотность составляет 5 мг-экв/100 г, плотность – 1,2 г/см<sup>3</sup>, а произвестковать необходимо слой почвы мощностью 25 см.

### **ТЕМА 5. Физико-химическая (обменная) поглотительная способность почв**

*Поглотительная способность почвы* – способность почвы поглощать и удерживать пары, газы и растворённые или взмученные в почвенном растворе вещества или их части и живые организмы.

Совокупность компонентов почвы, участвующих в процессах поглощения, К. К. Гедройц назвал **почвенным поглощающим комплексом** (ППК). Основную часть ППК составляют почвенные коллоиды.

**Физико-химическая (обменная) поглощательная способность** – это способность почвы поглощать и обменивать ионы, находящиеся на поверхности коллоидных частиц (в диффузном слое), на ионы почвенного раствора. Большая часть коллоидных частиц почвы имеет отрицательный заряд. Коллоиды и почвенный раствор обмениваются между собой в основном катионами:



Основные закономерности обменного поглощения катионов следующие:

1) обмен катионов ППК на катионы почвенного раствора происходит в эквивалентных (равных) количествах согласно их валентности по законам обменных химических реакций;

2) любой поглощённый катион может быть вытеснен и заменён любым другим катионом почвенного раствора;

3) энергия поглощения и вытеснения катионов различна и зависит от величины валентности и атомной массы и возрастает, согласно К. К. Гедройцу, в ряду:  $\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{H}^+ < \text{Ca}^{2+} < \text{Ba}^{2+} < \text{Al}^{3+} < \text{Fe}^{3+}$ ;

4) обменное поглощение носит обратимый характер;

5) скорость обмена зависит от строения ядер коллоидных частиц, строения кристаллических решёток глинистых минералов и др.

В поглощённом состоянии в почве могут находиться различные катионы:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,



Mn<sup>2+</sup> и др. Общее количество всех катионов, по К.К. Гедройцу, называется **ёмкостью поглощения** или **ёмкостью катионного обмена** (ЕКО), которую выражают в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы. Ёмкость поглощения зависит от гранулометрического состава и содержания гумуса в почве (от содержания минеральных и органических коллоидов) и влияет на её агрономические свойства. Почвы лёгкого гранулометрического состава и с низким содержанием гумуса имеют малую ёмкость поглощения – 3–5 мг-экв/100 г почвы; в суглинистых чернозёмах она может достигать 40 мг-экв/100 г почвы и больше (табл. 29).

Наибольшая ёмкость поглощения характерна для типичных высокогумусных чернозёмов, в составе обменных катионов которых преобладают Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup>, а степень их насыщенности основаниями составляет 100 % (табл. 30).

Таблица 30

**Ёмкость катионного обмена и катионный состав  
основных типов почв, мг-экв/100 г почвы**

Почва	Горизонт	Глубина, см	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	ЕКО
Дерново-средне-подзолистая	A <sub>1</sub>	5–10	7,6	2,6	Нет	0,3	10,5
	A <sub>2</sub>	20–30	14,0	3,8	-	2,0	19,8
	B	50–60	19,9	3,7	-	1,2	24,8
	C	180–190	13,3	2,4	-	0,1	15,8
Серая лесная	A <sub>пах.</sub>	0–19	17,9	4,0	-	0,5	22,4
	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	19–38	15,8	4,9	-	0,5	21,2
	B	71–115	17,1	6,9	-	0,6	24,0
	BC	115–140	17,6	8,2	-	0,2	26,0
Чернозём типичный	A	0–10	43,9	9,6	0,1	Нет	53,7
	AB	70–80	27,8	9,6	0,05	-	37,7
	C	160–170	27,6	9,5	0,05	-	37,2
Солонец чернозёмно-луговой средний	A <sub>1</sub>	0–14	26,8	8,3	1,5	-	36,6
	B <sub>1</sub>	14–25	21,3	10,5	4,3	-	36,1
	B <sub>2</sub>	37–47	20,5	12,2	6,5	-	39,5
	C <sub>kg</sub>	103–113	18,0	14,0	4,8	-	36,8

Ёмкость поглощения используют для вычисления степени насыщенности почв основаниями ( $V$ ) и степени солонцеватости ( $C_c$ ).

**Обменными**, или **поглощёнными**, катионами называют катионы, находящиеся в диффузном слое компенсирующих ионов коллоидной мицеллы и способные обмениваться на катионы почвенного раствора. К ним относятся катионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ .

В зависимости от состава поглощённых катионов почвы делятся на насыщенные и ненасыщенные основаниями. **Насыщенные основаниями** почвы в составе поглощённых катионов не имеют водорода (кроме чернозёмов оподзоленных и осолоделых) и алюминия (чернозёмы, солонцы и др.). **Ненасыщенные основаниями** почвы кроме  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  содержат в поглощённом состоянии  $\text{H}^+$  и  $\text{Al}^{3+}$  (подзолистые, дерново-подзолистые, светло-серые, солоды).

Ионы  $\text{H}^+$  и  $\text{Al}^{3+}$ , частично переходя в почвенный раствор, могут создавать значительную кислотность почв ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  3,5). Ионы  $\text{Al}^{3+}$  в повышенных концентрациях (3–7 мг-экв/100 г почвы) токсичны для многих растений.

Ионы  $\text{Na}^+$  в поглощённом состоянии отрицательно влияют на физические и водно-физические свойства, усиливая пептизацию почвенных коллоидов и подщелачивая почвенный раствор иногда до pH 9 и выше, оказывая неблагоприятное влияние на рост растений.

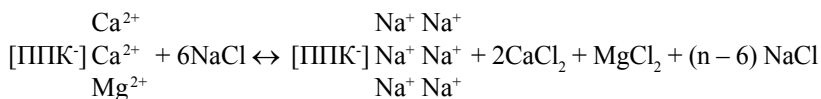
Установлено, что оптимальные физические, физико-химические и другие свойства почв, а также условия питания растений складываются при относительном содержании поглощённого кальция более половины (60–70 %) ёмкости катионного обмена и меньшем содержании других катионов.

## Лабораторная работа 12

### Определение обменных катионов кальция и магния комплексометрическим (трилонометрическим) методом

**Значение анализа.** Для агрономической характеристики почв и повышения их плодородия необходимо знать состав обменных катионов: одни из них ( $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) определяют кислотность почв, высокое содержание других ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ) – плохие физические, физико-химические и другие свойства.

**Принцип метода.** Метод основан на вытеснении обменных катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  1 н. раствором  $\text{NaCl}$ , при этом катионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  переходят в раствор в виде хлористых солей  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{MgCl}_2$ :



Количественное определение катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в растворе производят трилоном Б, который, вступая во взаимодействие с непрочными соединениями, образованными при добавлении в раствор хромогена чёрного, связывает все катионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , изменяя вишнёво-красную окраску раствора на голубовато-синюю, характерную для хромогена чёрного.

### Ход анализа

1. В колбу объёмом 500 мл вставить воронку с хорошо подогнанным к её стенкам и смоченным дистиллированной водой фильтром.

2. На технических весах взвесить 5 г почвы и аккуратно перенести её на фильтр в воронке.

3. Промыть почву на фильтре 1 н. раствором  $\text{NaCl}$  до полного вытеснения  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  из почвы.

При промывании почвы соблюдать следующие правила:

а) раствор NaCl приливать по стеклянной палочке постепенно, чтобы слой раствора NaCl над почвой не превышал 1,5–2 см;

б) новую порцию раствора NaCl для отмывания катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  из почвы приливать только после того, как полностью профильтруется предыдущая порция.

4. Собрав в колбе примерно 250 мл фильтрата, сделать пробу на полноту вытеснения  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  из почвы. Для этого необходимо:

а) в чистую пробирку собрать из-под воронки 2–3 мл фильтрата;

б) прилить в пробирку 1 мл 4%-го раствора щавелевокислого аммония  $((\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4)$ , хорошо перемешать содержимое и на пламени спиртовки или электроплитке довести его до кипения;

в) если в пробирке после закипания образовался тонкодисперсный осадок в виде мути, значит, катионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  ещё полностью не вытеснены из почвы, поэтому необходимо продолжить промывание почвы до полного отсутствия мути в пробирке при закипании на пламени спиртовки, которое говорит о полном вытеснении катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  из почвы.

5. После полного вытеснения катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  из почвы необходимо измерить мерным цилиндром общий объём фильтрата.

6. Пипеткой или мерным цилиндром отобрать 50 мл фильтрата в коническую колбу объёмом 100 мл.

7. Прилить в колбу 5 мл хлоридно-аммиачного буферного раствора для создания щелочной реакции, хорошо перемешать.

8. Прибавить сюда же 13–14 капель хромогена чёрного и хорошо перемешать раствор (получается раствор вишнёво-красного цвета).

9. Полученный раствор оттитровать 0,05 н. раствором трилона Б до изменения вишнёво-красной окраски на синюю или голубовато-синюю. Количество трилона Б, пошедшее на титрование, и результаты анализа записать в табл. 31.

Таблица 31

**Результаты определения содержания суммы поглощённых катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в почве**

Навеска почвы, г	Общий объём фильтрата, мл	Объём фильтрата для титрования, мл	Количество 0,05 н. раствора трилона Б, пошедшее на титрование, мл	Сумма $\text{Ca}^{2+}$ и $\text{Mg}^{2+}$ , мг-экв/100 г почвы
$c$	$b_1$	$b_2$	$a$	$S$

Сумму обменных катионов вычисляют по формуле

$$S = \frac{a \cdot 0,05 \cdot \kappa \cdot b_1 \cdot 100 \cdot K_r}{c \cdot b_2},$$

где  $S$  – сумма поглощённых  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , мг-экв/100 г почвы;

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

0,05 – нормальность трилона Б;

$\kappa$  – поправка к титру трилона Б;

$b_1$  – общий объём фильтрата, мл;

$b_2$  – объём фильтрата для титрования, мл;

$c$  – навеска почвы, г;

100 – коэффициент пересчёта на 100г почвы;

$K_r$  – коэффициент гигроскопичности (для пересчёта на абсолютно сухую почву).

**Использование результатов анализа**

Значения суммы обменных оснований ( $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ ) используют при вычислении степени насыщенности почв основаниями ( $V$ ), которая указывает, какую часть ёмкости поглощения ( $EKO$ ) занимают обменные основания и по ко-

торой судят о степени нуждаемости почвы в известковании, фосфоритовании.

**Степень насыщенности почв основаниями ( $V$ )** – это отношение суммы поглощённых оснований к ёмкости катионного обмена ( $EKO$ ), выраженное в процентах:

$$V(\%) = \frac{S \cdot 100}{EKO}; \quad EKO = S + H_T; \quad V(\%) = \frac{S \cdot 100}{S + H_T},$$

где  $V$  – степень насыщенности почвы основаниями, %;

$S$  – сумма поглощённых  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ , мг-экв/100 г почвы;

$H_T$  – гидролитическая кислотность почвы, мг-экв/100 г почвы;

$EKO$  – ёмкость катионного обмена, мг-экв/100 г почвы;

100 – коэффициент пересчёта в проценты.

В разных типах почв степень насыщенности основаниями ( $V$ ) колеблется от 5 до 100 %.

При установлении нуждаемости почв в известковании учитывают не только сумму поглощённых оснований ( $S$ ), но и гранулометрический состав почвы и величину её обменной кислотности ( $pH_{KCl}$ ) (табл. 32).

Таблица 32

**Установление потребности почвы в известковании**

Сильная		Средняя		Слабая		Отсутствует	
$pH_{KCl}$	$V, \%$	$pH_{KCl}$	$V, \%$	$pH_{KCl}$	$V, \%$	$pH_{KCl}$	$V, \%$
<i>Тяжело- и среднесуглинистые почвы</i>							
5,0	45	5,0–5,5	45–60	5,5–6,0	60–70	6,0	70
4,5	50	4,5–5,0	50–65	5,0–5,5	65–75	5,5	75
4,0	55	4,0–4,5	55–75	4,5–5,0	70–80	5,0	80
<i>Легкосуглинистые почвы</i>							
5,0	35	5,0–5,5	35–55	5,5–6,0	55–65	6,0	65
4,5	40	4,5–5,0	40–60	5,0–5,5	60–70	5,5	70
4,0	45	4,0–4,5	45–55	4,5–5,0	65–75	5,0	75
<i>Супесчаные и песчаные почвы</i>							
5,0	30	5,0–5,5	30–45	5,5–6,0	45–55	6,0	55
4,5	35	4,5–5,0	35–50	5,0–5,5	50–60	5,5	60
4,0	40	4,0–4,5	40–55	4,5–5,0	55–65	5,0	65

## Контрольные вопросы и задания

1. Дайте понятие поглотительной способности почвы, назовите её виды, сущность и значение.
2. Почвенный поглощающий комплекс (ППК), его катионный состав в разных почвах и основные свойства почв, зависящие от него.
3. Сущность и основные закономерности физико-химической (обменной) поглотительной способности.
4. Обменное и необменное поглощение катионов.
5. Сумма поглощённых оснований, ёмкость катионного обмена и степень насыщенности почв основаниями в основных типах почв, взаимосвязь этих показателей и их влияние на свойства почвы.
6. Значение поглотительной способности почв и состава обменно-поглощённых катионов в плодородии почв.
7. Приёмы регулирования катионного состава почвенного поглощающего комплекса.
8. Рассчитайте степень насыщенности почвы основаниями ( $I$ ) и определите её нуждаемость в известковании, если  $S = 23$  мг-экв/ 100 г,  $H_r = 4,5$  мг-экв/100 г,  $OK (pH_{КСЛ}) = 4,5$ , а её гранулометрический состав – среднесуглинистый.

## ТЕМА 6

### Щёлочность, солонцеватость и засолённость почв

**Щёлочность почв** – способность почвы подщелачивать водный раствор.

Различают **актуальную** и **потенциальную щёлочность** почв.

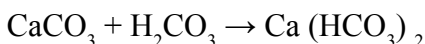
**Актуальная щёлочность** обусловлена содержанием в почвенном растворе или водной вытяжке гидролитически щелочных солей ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и др.), кото-

рые при диссоциации создают повышенную концентрацию гидроксил-ионов:

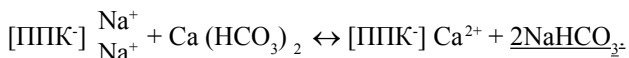


Актуальная щёлочность выражается величиной рН водной вытяжки или в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы при определении её титрованием водной вытяжки кислотой.

**Потенциальная щёлочность** определяется содержанием обменного  $\text{Na}^+$ , который может переходить в раствор и подщелачивать его. В карбонатных и засоленных почвах в результате дыхания растений или разложения растительных остатков образуется большое количество угольной кислоты ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), которая может растворять содержащийся в почвах карбонат кальция ( $\text{CaCO}_3$ ), переводя его в растворимый  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ :



В результате катионного обмена между почвенным поглощающим комплексом засоленных почв и раствором  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  образуется  $\text{NaHCO}_3$ , который подщелачивает почвенный раствор:



Сильная щёлочность почвы оказывает неблагоприятное действие на развитие растений и микроорганизмов, усиливает пептизацию почвенных коллоидов, ухудшает структурное состояние и физические свойства почвы, затрудняющие её сельскохозяйственное использование.

### **Лабораторная работа 13**

#### **Определение обменного натрия в почве по методу Шолленбергера**

**Значение анализа.** Содержание обменного натрия в некоторых почвах может достигать от 13–15 до 60% ёмкости поглощения (солонцы, солончаки), приводит к высокой дис-



пергированности их органической и минеральной части и возникновению в них щелочной реакции ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  8–14). Почвы с высоким содержанием обменного натрия (солонцовые почвы) имеют плохие водно-физические и физико-механические свойства: во влажном состоянии – сильно набухают; приобретают высокую вязкость и липкость, в сухом – становятся очень плотными. Водопроницаемость у них низкая и большая часть почвенной влаги в них недоступна для растений.

Эффективное средство повышения плодородия солонцовых почв – замена в ППК натрия на кальций гипса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) или других кальцийсодержащих солей.

Радикальным средством повышения плодородия солонцов, имеющих высокое содержание обменного натрия, является гипсование. Определение необходимости гипсования солонцов и расчёт доз гипса определяют по содержанию обменного натрия в почвенном растворе.

**Принцип метода.** Обменный натрий вытесняют из почвенного поглощающего комплекса почв раствором уксусно-кислого аммония (ацетатом аммония, или хлористого аммония), определяя его содержание в дальнейшем на пламенном фотометре.

### *Ход анализа*

1. Взвесить на технических весах 5 г почвы и аккуратно перенести её на фильтр в воронке, вставленной в колбу объёмом 500 мл.

2. Промыть почву на фильтре 1 н. раствором  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  или  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ( $\text{pH}$  7,0) до полного вытеснения катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , которое определяют с помощью хромогена чёрного:

- а) в пробирку из-под воронки собрать 2–3 мл фильтрата;
- б) добавить в фильтрат 2–3 капли хромогена чёрного, хорошо перемешать;
- в) отсутствие винно-красного окрашивания раствора указывает, что обменные катионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  полностью вытеснены из ППК.

3. Объём фильтрата в мерной колбе довести до метки дистиллированной водой, перемешать и определить содержание обменного натрия на пламенном фотометре.

### ***Использование результатов анализа***

По содержанию обменного натрия в почвенном поглощающем комплексе определяют степень солонцеватости почвы и дозу гипса по методу К. К. Гедройца, необходимую для вытеснения избытка поглощённого натрия из почвы кальцием гипса (табл. 33).

*Таблица 33*

**Зависимость степени солонцеватости почв  
от содержания обменного натрия, %**

Степень солонцеватости	Содержание обменного натрия в почвах	
	высокогумусных	малогумусных
Несолонцеватые	Менее 5	Менее 3
Слабосолонцеватые	5–10	3–5
Среднесолонцеватые	10–15	5–10
Сильносолонцеватые	15–20	10–15
Солонцы	Более 20	Более 15

***Степень солонцеватости*** почв рассчитывают по формуле

$$C_c = \frac{Na \cdot 100}{EKO},$$

где  $C_c$  – степень солонцеватости от ёмкости поглощения, %;

Na – содержание обменного натрия, мг-экв/100 г почвы;

100 – коэффициент пересчёта в проценты;

$EKO$  – ёмкость поглощения, мг-экв/100 г почвы.

Дозы гипса для мелиорации солонцовых почв рассчитывают по формуле

$$D_{CaSO_4 \cdot 2H_2O} = 0,086 \cdot h \cdot d \cdot (Na - 0,05 \cdot EKO),$$

где  $D_{CaSO_4 \cdot 2H_2O}$  – доза гипса, т/га;

0,086 – значение 1 мг-экв. гипса, г;

$h$  – мощность мелиорируемого слоя почвы, см;

$d$  – плотность мелиорируемого слоя почвы, г/см<sup>3</sup>;

Na – содержание обменного натрия в почве, мг-экв/100 г почвы;

0,05 – величина, показывающая, что до 5 % обменного натрия от ёмкости поглощения допустимо в почве;

$EKO$  – ёмкость катионного обмена почвы, мг-экв/100 г почвы.

### **Лабораторная работа 14** **Анализ водной вытяжки** **для определения засолённости почв**

**Значение анализа.** Засолённые почвы (солонцы, солончаки, солонцеватые почвы и их комплексы) содержат в своём профиле легкорастворимые соли в количествах, токсичных для сельскохозяйственных растений. Повышенная концентрация солей в почвенном растворе создаёт его высокое осмотическое давление, ухудшая условия для произрастания растений (пищевой, тепловой и воздушный режимы, водно-физические, физико-механические свойства почвы).

Анализ водной вытяжки позволяет определить степень засолённости почв, необходимость их промывки, а анализ природных грунтовых вод и вод водоёмов – возможность их использования для орошения.

#### ***Приготовление водной вытяжки***

1. На технических весах взвесить 100 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с диаметром отверстий 1 мм.

2. Навеску почвы поместить в колбу объёмом 1 л и прилить сюда 5- кратное количество (500 мл) дистиллированной воды, не содержащей CO<sub>2</sub>.

3. Содержимое колбы взболтать в течение 3 мин и профильтровать через двойной фильтр. Чтобы фильтрат был

прозрачным, суспензию, перед тем как перенести на фильтр, необходимо тщательно взбалтывать. Первые мутные порции фильтрата необходимо снова профильтровать. Фильтрат для анализа должен быть прозрачным.

### ***Ход анализа***

1. Пипеткой отобрать 50 мл фильтрата и перенести в предварительно высушенную и взвешенную на аналитических весах чашку.

2. Взятый объём фильтрата выпарить на водяной бане досуха.

3. Чашку с остатком обтереть снаружи и высушить в сушильном шкафу при температуре 105°C в течение 3 ч.

4. Чашку с остатком охладить в эксикаторе и взвесить на аналитических весах.

5. Результаты анализа записать в табл. 33, а содержание сухого остатка вычислить в процентах на воздушно-сухую почву по формуле.

### ***Определение общей суммы минеральных водорастворимых веществ (прокалённый остаток)***

Прокалённый остаток даёт представление об общем количестве минеральных солей и характеризует минерализацию водной вытяжки.

### ***Ход анализа***

1. Фарфоровую чашку с высушенным сухим остатком прокалить в течение 1–2 ч в муфельной печи или термостате при температуре 60°C.

2. Чашку с остатком охладить в эксикаторе и вновь прокалить в муфельной печи в течение 30 мин.

3. Чашку с остатком охладить и взвесить на аналитических весах. Прокаливание и взвешивание повторять до тех

пор, пока масса чашки с остатком не станет постоянной (после полного сгорания органического вещества).

4. Результаты анализа записать в табл. 34, а содержание прокалённого остатка вычислить в процентах на воздушно-сухую почву по формуле.

Таблица 34

**Результаты определения сухого и прокалённого остатков**

Общий объём воды, мл	Объём вытяжки для выпаривания, мл	Масса фарфоровой чашки, г		Масса сухого остатка, г	Сухой остаток, %
		пустой	с сухим остатком		
$V_1$	$V_2$	$a$	$b_1$	$b_1 - a$	<i>Сух. ост.</i>
			с прокалённым остатком	Масса прокалённого остатка, г	Прокалённый остаток, %
$V_1$	$V_2$	$a$	$b_2$	$b_2 - a$	<i>Прок. ост.</i>

$$\text{Сух. ост., \%} = \frac{(b_1 - a) \times V_1 \times 100}{V_2 \times C}$$

$$\text{Прок. ост., \%} = \frac{(b_2 - a) \times V_1 \times 100}{V_2 \times C}$$

где  $(b_1 - a)$  – масса сухого остатка, г;

$(b_2 - a)$  – масса прокалённого остатка, г;

$V_1$  – общий объём воды, взятый для приготовления водной вытяжки, мл;

$V_2$  – объём вытяжки, взятый для выпаривания, мл;

$C$  – навеска почвы, г;

100 – коэффициент перевода в проценты.

Потеря при прокаливании (разность между количеством сухого и прокалённого остатков) даёт сумму органических водорастворимых веществ.

## ***Определение щёлочности водной вытяжки***

Различают ***щёлочность от нормальных карбонатов***, обусловленную только наличием карбонатов щелочных металлов, прежде всего  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$ , и ***общую щёлочность***, обусловленную как карбонатами щелочных металлов, так и бикарбонатами щелочных и щелочно-земельных металлов, главным образом  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .

### ***Определение щёлочности от нормальных карбонатов***

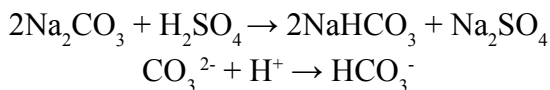
#### ***Ход анализа***

1. В коническую колбу объёмом 100 мл взять пипеткой 25 мл водной вытяжки.

Если вытяжка слабо окрашена органическим веществом, взять ещё 25 мл вытяжки во вторую колбу, которую в дальнейшем использовать как «свидетеля».

а) в одну колбу прилить 2 капли фенолфталеина, хорошо перемешать содержимое. Появление красного окрашивания раствора свидетельствует о наличии свободных карбонатов; во вторую колбу фенолфталеин ***не приливать!***

б) окрашенный фенолфталеином раствор оттитровать 0,02 н. раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$  до обесцвечивания индикатора по уравнению:



Как видно из уравнения, сода оттитровывается по фенолфталеину лишь наполовину, поэтому общее количество  $\text{CO}_3^{2-}$  равно удвоенному количеству кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), затраченной на титрование.

Слабоокрашенные вытяжки титруют со «свидетелем». Титрование ведут до тех пор, пока цвет вытяжки в обеих колбочках не станет одинаковым (цвет титруемого раствора такой же, как у «свидетеля»).

3. Содержание карбонатов в миллиграмм-эквивалентах на 100 г воздушно-сухой почвы рассчитать по формуле

$$\text{CO}_3^{2-} \text{ (мг-экв/100 г почвы)} = \frac{2 \times a \times V_1 \times H}{V_2 \times C};$$

где  $\text{CO}_3^{2-}$  – содержание карбонатов, мг-экв/100 г почвы;

2 – коэффициент для перевода бикарбонатов в карбонаты;

$a$  – количество раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , пошедшее на титрование, мл;

$V_1$  – общий объём воды, взятой для приготовления водной вытяжки, мл;

$H$  – нормальность титрованного раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;

$V_2$  – объём вытяжки, взятый для титрования, мл;

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

Содержание карбонатов в процентах рассчитывают по формуле

$$\text{CO}_3^{2-} (\%) = 0,03 \times \text{CO}_3^{2-} \text{ (мг-экв/100 г почвы)},$$

где  $\text{CO}_3^{2-} (\%)$  – содержание карбонатов, %;

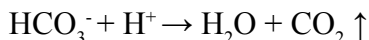
0,03 – миллиграмм-эквивалент  $\text{CO}_3^{2-}$ , г.;

$\text{CO}_3^{2-}$  – содержание карбонатов, мг-экв/100 г почвы.

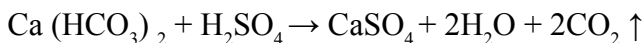
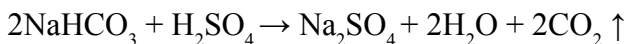
### ***Определение общей щёлочности***

Общую щёлочность, или щёлочность от бикарбонат-ионов  $\text{HCO}_3^-$ , определяют путём титрования взятого объёма вытяжки раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в присутствии индикатора метилового оранжевого до перехода жёлтой окраски раствора в розовую.

Ионы  $\text{HCO}_3^-$  взаимодействуют с водородом кислоты по схеме:



При титровании протекают реакции:



## Ход анализа

1. По окончании титрования растворимых карбонатов, а если они отсутствуют – непосредственно после добавления фенолфталеина, в ту же колбу добавляют 2 капли метилоранжа и титруют 0,02 н. раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$  до перехода жёлтой окраски в розовую. Изменение окраски трудноуловимо, поэтому титрование необходимо проводить, поставив колбу на лист белой бумаги в присутствии «свидетеля» – колбы с таким же объёмом вытяжки, в которую добавлено 2 капли метилоранжа.

2. Титрование закончено тогда, когда окраска титруемого раствора из жёлтой перейдёт в розовую.

Количество 0,2 н. раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , затраченное на титрование в присутствии фенолфталеина и метилоранжа, будет соответствовать общей щёлочности.

3. Общую щёлочность выражают в миллиграмм-эквивалентах на 100 г воздушно-сухой почвы по формуле

$$\text{HCO}_3^- (\text{мг-экв/100 г почвы}) = \frac{(a + b) \times H \times V_1 \times 100 \times K_f}{V_2 \times C}$$

где  $a$  – количество раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , пошедшее на титрование карбонат-ионов ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), мл;

$b$  – количество раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , пошедшее на титрование гидро-карбонат-ионов ( $\text{HCO}_3^-$ ), мл;

$H$  – нормальность титрованного раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;

$K_f$  – коэффициент гигроскопичности почвы;

$V_1$  – общий объём воды, взятый для приготовления водной вытяжки, мл;

$V_2$  – объём вытяжки, взятый для титрования общей щёлочности (ионов  $\text{HCO}_3^-$ ), мл;

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

Содержание  $\text{HCO}_3^-$  в процентах рассчитывают по формуле



$\text{HCO}_3^- (\%) = 0,061 \times \text{HCO}_3^- (\text{мг-экв/100 г почвы}),$   
 где  $\text{HCO}_3^- (\%)$  – содержание гидрокарбонатов ( $\text{HCO}_3^-$ ), %;  
 0,061 – миллиграмм-эквивалент  $\text{HCO}_3^-$  г.;  
 $\text{HCO}_3^-$  – содержание  $\text{HCO}_3^-$  мг-экв/100 г почвы.

### ***Определение хлор-иона аргентометрическим методом***

Ионы хлора в водных вытяжках определяют для установления степени хлоридного засоления почв и его влияния на развитие культурных растений. Степень хлоридного засоления почвы в баллах можно определить с помощью дикорастущих растений-индикаторов, произрастающих на ней (табл. 35).

*Таблица 35*

**Содержание хлора в почве и солеустойчивость  
дикорастущих растений**

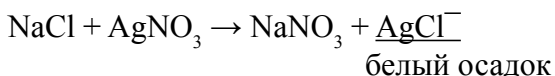
Засоление, баллов	Количество хлора в почве, %	Виды растений	Степень засоления
1	0,01–0,04	Пальчатка, донник белый	Очень слабая
2	0,04–0,10	Каролиния, лебеда, солончак	Слабая
3	0,10–0,20	Кермек, кохия, полынь приморская	Средняя
4	0,20–0,30	Сведа, петросимония	Сильная
5	0,30–0,40	Солянка, кошачья лапка, солерос	Очень сильная

### ***Ход анализа***

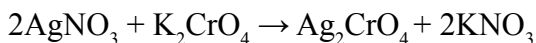
1. В колбочки с вытяжкой, где определяли общую щёлочность ( $\text{HCO}_3^-$ ), прилить по 1 мл 10-% раствора хромово-кислого калия ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) и хорошо перемешать содержимое.

2. Содержимое одной колбочки титровать 0,01 н. раствором  $\text{AgNO}_3$  до установления красновато-бурого окраши-

вания, вторая колбочка с раствором выполняет роль «свидетеля», с ней всё время сравнивают оттенок титруемой жидкости. При титровании реакция идёт по уравнению:



Выпадает белый осадок AgCl. После полного связывания иона хлора серебром каждая последующая капля AgNO<sub>3</sub> при титровании вступает в реакцию с K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, придавая раствору красновато-бурый оттенок (Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>), что означает конец титрования:



3. Содержание хлор-иона в миллиграмм-эквивалентах на 100 г воздушно-сухой почвы вычисляют по формуле

$$\text{Cl}^- (\text{мг-экв}/100 \text{ г почвы}) = \frac{a \times H \times V_1 \times 100 \times K_f}{V_2 \times C}$$

где  $a$  – количество раствора AgNO<sub>3</sub>, пошедшее на титрование, мл;

$H$  – нормальность раствора AgNO<sub>3</sub>;

$V_1$  – общий объём воды, взятой для приготовления водной вытяжки, мл;

$K_f$  – коэффициент гигроскопичности почвы;

$V_2$  – объём вытяжки, взятой для титрования, мл;

$C$  – навеска почвы, г.

Содержание хлор-иона в процентах рассчитывают по формуле

$$\text{Cl}^- (\%) = 0,0355 \times \text{Cl}^- (\text{мг-экв}/100 \text{ г почвы}),$$

где Cl<sup>-</sup> (%) – содержание хлор-иона, %;

0,0355 – миллиграмм-эквивалент Cl<sup>-</sup>, г;

Cl<sup>-</sup> – содержание хлор-иона, мг-экв/100 г почвы.

## ***Определение сульфат-иона***

Содержание сульфат-ионов в водных вытяжках засоленных почв позволяет установить степень их сульфатного засоления.

Перед количественным определением сульфат-иона проводят качественное его определение в водной вытяжке.

### ***Качественная проба на наличие сульфат-ионов в водной вытяжке***

1. В пробирку налить 10 мл водной вытяжки, прибавить сюда 2 капли 10 %-го раствора HCl (подкисление раствора) и 1 мл 10 %-го раствора BaCl<sub>2</sub>, содержимое пробирки хорошо перемешать.

2. Пробирку с содержимым нагреть до кипения, если раствор в пробирке не мутнеет, то ионов SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> в нём нет, если заметно слабое помутнение – содержание SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> очень низкое (следы), если выпадает белый осадок, значит содержание ионов SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> в почвенном растворе значительное и необходимо провести их количественное определение.

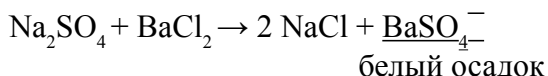
### ***Количественное определение SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>***

1. В зависимости от массы осадка (содержания ионов SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) взять 5–50 мл водной вытяжки в химический стакан или колбу объёмом 100 мл.

2. Добавить сюда 1–2 мл 10 %-го раствора HCl и нагреть до кипения.

3. В кипящий раствор прилить по каплям 10 мл кипящего 10 %-го раствора BaCl<sub>2</sub>.

4. Прокипятить раствор ещё 3–5 мин, колбу закрыть стеклом и поставить в тёплое место на 18 ч. Реакция осаждения идёт по уравнению



5. Раствор отфильтровать через плотный фильтр (синяя лента), предварительно промытый 2–3 раза горячей дистиллированной водой, перенести осадок на фильтр в конце фильтрования.

6. Осадок на фильтре промыть дистиллированной водой, подкисленной 10%-м раствором HCl до полного удаления бария.

7. Осадок с фильтром подсушить и перенести в предварительно прокалённый и взвешенный фарфоровый тигель (чашку).

8. Тигель с фильтром прокалить в муфельной печи при температуре 600° С до постоянного веса.

9. Тигель охладить в эксикаторе и взвесить на аналитических весах.

Расчёты содержания иона  $\text{SO}_4^{2-}$  произвести в процентах по формуле

$$\text{SO}_4^{2-} (\%) = \frac{a \times V_1 \times 0,4114 \times 100}{V_2 \times C}$$

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

$V_1$  – общий объём воды, взятый для приготовления водной вытяжки, мл;

$V_2$  – объём вытяжки, взятый для определения  $\text{SO}_4^{2-}$ , мл;  
0,4114 – коэффициент перевода  $\text{BaSO}_4$  в  $\text{SO}_4^{2-}$ ;

100 – коэффициент для пересчёта в проценты;

$C$  – навеска почвы, г.

Содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы вычисляют по формуле

$$\text{SO}_4^{2-} (\text{мг-экв}/100 \text{ г почвы}) = \frac{\text{SO}_4^{2-} (\%) \times 1000}{48,03}$$

где  $\text{SO}_4^{2-} (\%)$  – содержание  $\text{SO}_4^{2-}$ , %;

1000 – коэффициент пересчёта в миллиграммы;

48,03 – эквивалентная масса иона  $\text{SO}_4^{2-}$ .

### ***Определение суммы кальция и магния***

1. В коническую колбу объёмом 100 мл отобрать 50 мл водной вытяжки.

2. Прилить сюда из бюретки 5 мл хлоридно-аммиачного буфера для создания щелочной реакции.

3. Прибавить 13–14 капель индикатора хромогена чёрного, хорошо перемешать, раствор окрасится в вишнёво-красный цвет.

4. Раствор оттитровать 0,05 н. раствором трилона Б до изменения вишнёво-красной окраски на синюю.

5. Заметить количество трилона Б, пошедшее на титрование, а сумму катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в миллиграммах-эквивалентах на 100 г почвы рассчитать по формуле

$$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} (\text{мг-экв}/100 \text{ г почвы}) = \frac{a \times H \times V_1 \times 100 \times K_r}{V_2 \times C}$$

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

$H$  – нормальность трилона Б, мл;

$V_1$  – общий объём воды, взятый для приготовления водной вытяжки, мл;

100 – коэффициент пересчёта на 100 г почвы;

$K_r$  – коэффициент гигроскопичности;

$V_2$  – объём вытяжки, взятый для титрования, мл;

$C$  – навеска почвы, г.

### ***Определение кальция***

1. В коническую колбу объёмом 100 мл пипеткой прилить 50 мл водной вытяжки.

2. Добавить в колбу 2 мл 10%-го раствора щёлочи (NaOH или KOH) для доведения pH раствора до 12, хорошо перемешать.

3. Стеклойной лопаточкой внести в колбу мурексид (0,2–0,3 г), содержимое колбы хорошо перемешать. Раствор окрасится в ярко-розовый (малиновый) цвет.

4. Содержимое колбы оттитровать 0,05 н. раствором трилона Б до перехода ярко-розовой окраски в фиолетовую (лиловую). Титровать медленно, постоянно помешивая раствор.

5. Определить количество трилона Б, пошедшее на титрование, и рассчитать содержание кальция в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы по формуле

$$\text{Ca}^{2+} (\text{мг-экв}/100 \text{ г почвы}) = \frac{a \times H \times V_1 \times 100 \times K_r}{V_2 \times C}$$

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

$H$  – нормальность трилона Б, мл;

$V_1$  – общий объём воды, взятый для приготовления водной вытяжки, мл;

100 – коэффициент пересчёта на 100 г почвы;

$K_r$  – коэффициент гигроскопичности;

$V_2$  – объём вытяжки, взятый для титрования, мл;

$C$  – навеска почвы, г.

Содержание  $\text{Ca}^{2+}$  в процентах находят по формуле

$$\text{Ca}^{2+} (\%) = \frac{\text{Ca}^{2+} (\text{мг-экв}/100 \text{ г почвы}) \times 20,0}{1000}$$

где  $\text{Ca}^{2+}$  (мг-экв/100 г почвы) – содержание  $\text{Ca}^{2+}$ , мг-экв/100 г почвы;

20,0 – эквивалентная масса кальция;

1000 – коэффициент пересчёта в граммы.

Содержание  $\text{Mg}^{2+}$  в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы вычислить по формуле

$$\text{Mg}^{2+} (\text{мг-экв}/100 \text{ г почвы}) = (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) - (\text{Ca}^{2+}).$$

Содержание  $\text{Mg}^{2+}$  в процентах вычислить по формуле

$$\text{Mg}^{2+} (\%) = \frac{\text{Mg}^{2+} (\text{мг-экв}/100 \text{ г почвы}) \times 12}{1000}$$

где  $\text{Mg}^{2+}$  (мг-экв/100 г почвы) – содержание  $\text{Mg}^{2+}$ , мг-экв / 100 г почвы;

12 – эквивалентная масса магния;

1000 – коэффициент пересчёта в граммы.

### *Определение суммы натрия и калия*

Вычисление суммы  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  основано на том, что в растворе водной вытяжки сумма анионов ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) эквивалентна сумме катионов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ). Разницу между суммами анионов и катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  принимают как эквивалентное количество  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  (расчётный метод).

В этих расчётах допускают, что всех других анионов и катионов в водной вытяжке мало и ими можно пренебречь. В некоторых засоленных почвах встречаются в значительных количествах  $\text{SiO}_2$  и анионы  $\text{NO}_3^-$ , поэтому определение  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  по разности не всегда даёт правильные результаты. В данном случае их содержание определяют на пламенном фотометре (аналитический метод).

$$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{мг-экв} = (\text{HCO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}) \text{мг-экв} - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \text{мг-экв}.$$

При фотометрическом (аналитическом) методе определения содержания катионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  по калибровочной кривой находят их процентное содержание по формулам

$$\text{Na}^+ (\%) = \frac{a}{1000} \times 2, \quad \text{K}^+ (\%) = \frac{b}{1000} \times 2$$

где  $a$  – концентрация  $\text{Na}^+$ , найденная по калибровочной кривой, мг/л;

$b$  – концентрация  $\text{K}^+$ , найденная по калибровочной кривой, мг/л;

1000 – коэффициент пересчёта миллиграммов в граммы;

2 – коэффициент пересчёта на 100 г почвы.

Содержание катионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  в миллиграмм-эквивалентах рассчитывают по формулам

$$\text{Na}^+ (\text{мг-экв}/100 \text{ г}) = \frac{\text{Na}^+ (\%) \times 1000}{23}$$

$$K^+ (\text{мг-экв/100 г}) = \frac{K^+ (\%) \times 1000}{39,1}$$

где  $Na^+ (\%)$  – содержание  $Na^+$ , %;

$K^+ (\%)$  – содержание  $K^+$ , %;

1000 – коэффициент пересчёта миллиграммов в граммы;

23 – эквивалентная масса иона  $Na^+$ ;

39,1 – эквивалентная масса иона  $K^+$ .

Данные анализа водной вытяжки записать в табл. 36.

Таблица 36

Данные анализа водной вытяжки

Содержание	Анионы				Катионы				Прокалённый остаток
	$HCO_3^-$	$Cl^-$	$SO_4^{2-}$	Сумма анионов	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+ + K^+$	Сумма катионов	
мг-экв/100 г почвы									
%									

## Обработка и использование результатов анализа водной вытяжки

### Проверка результатов анализа

Проверка состоит в сопоставлении суммы процентного содержания анионов и катионов с величиной сухого, или плотного, остатка. При этом необходимо учесть, что в процессе выпаривания сухого остатка половина  $Ca (HCO_3)_2$  теряется:



терядтся при выпаривании

поэтому при суммировании берётся половина найденного количества  $HCO_3^{2-}$ .

Если разница между массой сухого остатка и суммой солей превышает 5 %, анализ водной вытяжки следует повторить.



При разработке мелиоративных мероприятий и для оценки процессов засоления и рассоления почвы определяют **общий запас солей**.

Количество солей вычисляют в верхнем горизонте на заданную глубину или во всём почвенном профиле по формуле

$$Z_c \text{ (т/га)} = \text{Прок. ост.} \times d \times h,$$

где  $Z_c$  – запас солей, т/га;

*Прок. ост. (Плот. ост.)* – плотный остаток, %;

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

$h$  – мощность слоя или горизонта почвы, см.

На рост и развитие растений на засоленных почвах отрицательно влияют легкорастворимые соли в определённых количествах. Не менее важен для растений и качественный состав солей, особенно наличие токсичных солей:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$  и  $\text{CaCl}_2$  (табл. 37).

Содержание токсичных ионов и солей рассчитывают по результатам анализа водной вытяжки.

Ионы  $\text{CO}_3^{2-}$  относятся к токсичным, так как они связаны только с токсичными солями ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ).

Таблица 37

**Отношение культурных растений к концентрации солей**

Культурные растения	Концентрация солей, % от массы почвы
Пшеница, овёс, просо, ячмень	1,0
Свёкла, костёр	1,0–0,8
Сорго, луговые травы	0,8–0,6
Ячмень, хлопчатник	0,6–0,3
Бобовые	Менее 0,3

Ионы  $\text{HCO}_3^-$  в водной вытяжке обусловлены токсичными солями  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  и нетоксичной солью  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .

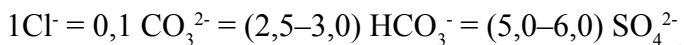
Ионы  $\text{SO}_4^{2-}$  также обусловлены наличием в почве токсичных солей  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  и нетоксичной солью  $\text{CaSO}_4$ .

Ионы  $\text{Cl}^-$  токсичны, поскольку все соли, содержащие их, являются токсичными.

По степени вредоносности (токсичности) для растений все соли В. А. Ковда (1985) расположил в следующем порядке:



**Порог токсичности** – предельное содержание солей, выше которого начинается угнетение роста и развития растений. Его значение зависит от состава солей, гранулометрического состава почвы, её влажности, климатических условий, вида растений и др. Суммарный эффект токсичности принято выражать в эквивалентах хлора, исходя из следующих придержек:



Тип и степень засоления почв определяют по табл. 38 и 39.

Степень минерализации грунтовых вод и пригодность их использования для полива сельскохозяйственных культур определяют по табл. 40. Грунтовые воды, содержащие солей более 1 г/л, как правило, непригодны для полива сельскохозяйственных растений, приводят к их гибели и засолению верхней части профиля почвы.

Таблица 40

Степень минерализации грунтовых вод, г/л

Степень минерализации	Содержание солей (плотный остаток)
Пресные	Менее 1,0
Слабоминерализованные	1,0–3,0
Среднеминерализованные	3,0–10,0
Сильноминерализованные	10,0–30,0
Рассолы	Более 30,0

Типы засоления почв

Тип засоления по анионам, мг-экв.	$\text{Cl}^-$ $\text{SO}_4^{2-}$	$\text{SO}_4^{2-}$ $\text{Cl}^-$	$\text{HCO}_3^-$ $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$	Тип засоления по катионам, мг-экв.	$\text{Na} + \text{K}$ $\text{Ca} + \text{Mg}$	$\text{Ca} + \text{Mg}$ $\text{Na} + \text{K}$	$\text{Mg}$ $\text{Ca}$
Хлоридный	Более 2	Менее 0,5	-	Натриевый	Более 2	Менее 0,5	-
Сульфатно-хлоридный	2-1	0,5-1,0	-	Магниево-натриевый	1-2	0,5-1,0	Более 1
Хлоридно-сульфатный	1-0,2	1,0-5,0	-	Кальциево-натриевый	1-2	0,5-1,0	Менее 1
Сульфатный	Менее 0,2	Менее 5,0	-	Кальциево-магниевый	Менее 1	Более 1	Более 1
Карбонатно-сульфатный	Менее 0,2	Менее 5,0	1	Магниево-кальциевый	Менее 1	Более 1	Менее 1
Сульфатно-содовый	-	-	2	Натриевый	Менее 2	-	-

Классификация почв по степени засоления

Засоление почв	Плотный остаток (%) при различных типах засоления									
	хлоридно-сульфатном	сульфатно-содовом	сульфатном	содово-сульфатном	сульфатно-хлоридном	хлоридно-сульфатном	хлоридном	сульфатном	хлоридно-сульфатном	сульфатном
Незасоленные или слабо-засоленные	Менее 0,15	Менее 0,15	Менее 0,15	Менее 0,15	Менее 0,2	Менее 0,25	Менее 0,15	Менее 0,30	Менее 0,15	Менее 0,30
Слабо-засоленные	0,15-0,25	0,15-0,30	0,15-0,25	0,15-0,25	0,20-0,30	0,25-0,40	0,15-0,30	0,30-0,60	0,15-0,30	0,30-0,60
Средне-засоленные	0,25-0,40	0,30-0,50	0,25-0,40	0,30-0,50	0,30-0,60	0,40-0,70	0,30-0,50	0,60-1,0	0,30-0,50	0,60-1,0
Сильно-засоленные	0,40-0,60	0,50-0,70	0,40-0,60	0,50-0,70	0,60-1,0	0,70-1,2	0,50-0,80	1,0-1,2	0,50-0,80	1,0-1,2
Солончаки	Более 0,60	Более 0,70	0,40-0,60	Более 0,70	Более 1,0	Более 1,2	Более 0,8	Более 2,0	Более 1,2	Более 2,0

## **Контрольные вопросы и задания**

1. Что такое щёлочность почв, её виды и влияние на агрономические свойства и плодородие почвы?

2. Содержание обменного натрия в почвах и его влияние на их свойства.

3. Влияние обменного натрия и гумусированности почв на степень их солонцеватости.

4. Дайте характеристику засоленным почвам.

5. Мероприятия по устранению щёлочности и солонцеватости почв.

6. Рассчитайте дозу гипса для мелиорации солонцовых почв, если содержание обменного натрия в слое почвы 0–20 см составляет 12 мг-экв/100 г, ЕКО = 36,0 мг-экв/100 г, а плотность почвы – 1,2 г/см<sup>3</sup>.

7. Что такое степень и типы засоления почв?

8. Токсичные соли и степень их вредности для культурных растений.

9. Значение анализа водной вытяжки для засоленных почв.

10. Порог токсичности солей.

12. Рассчитайте запасы солей в почве и укажите мероприятия по их регулированию, если плотный остаток в слое почвы 0–20 см составляет 1,5%, а плотность почвы – 1,2 г/см<sup>3</sup>.

## **Вопросы для итогового контроля знаний студентов (экзамена)**

1. Фазовый состав почв.

2. Основные физические свойства почв, их взаимосвязь и агрономическая оценка.

3. Пределы колебаний величин физических свойств почвы и их оптимальные значения для роста растений.

4. Мероприятия по оптимизации физических свойств почв, механизм их действия.
5. Формы воды в почве, их доступность для растений.
6. Общий, продуктивный и непродуктивный запасы влаги в почве, их расчёт, оценка и значение для роста сельскохозяйственных культур.
7. Водный режим почв, его типы и приемы регулирования в разных почвенно-климатических зонах.
8. Механические частицы почвы, их размер, свойства и влияние на различные свойства почвы.
9. Гранулометрический состав почв. Классификация почв по гранулометрическому составу.
10. Методы определения гранулометрического состава почв.
11. Какие почвы называют тяжёлыми и легкими и почему?
12. Основные приёмы регулирования гранулометрического состава различных почв.
13. Основные источники органического вещества в почве.
14. Гумус, его содержание в различных почвах.
15. Запасы гумуса в почве как показатель её плодородия.
16. Качественный состав гумуса, его типы и роль в плодородии почв.
17. Баланс гумуса в почвах, его виды.
18. Особенности баланса гумуса в различных севооборотах.
19. Приёмы регулирования баланса гумуса, его особенности в различных почвенно-климатических зонах.
20. Кислотность почвы, её виды, их определение и сущность.
21. Реакция почвенной среды и её агрономическое значение.

22. Потенциальная кислотность почвы, её виды, определение и сельскохозяйственное значение.

23. Влияние кислотности на степень подвижности основных веществ и элементов в почве.

24. Особенности применения различных видов минеральных удобрений в зависимости от кислотности почв.

25. Мероприятия по регулированию почвенной кислотности. Основные виды химических мелиорантов для кислых почв и химизм их действия.

26. Использование отдельных видов кислотности почв для расчёта доз извести.

27. Почвенный поглощающий комплекс (ППК), его катионный состав в разных почвах и основные свойства почв, зависящие от него.

28. Поглотительная способность почвы, её виды, сущность и значение.

29. Сущность и основные закономерности физико-химической (обменной) поглотительной способности.

30. Обменное и необменное поглощение катионов.

31. Сумма поглощённых (обменных) оснований, ёмкость катионного обмена и степень насыщенности почв основаниями в основных типах почв, их взаимосвязь и влияние на свойства почвы.

32. Значение поглотительной способности почв и состава обменно-поглощённых катионов в плодородии почв.

33. Приёмы регулирования катионного состава почвенного поглощающего комплекса.

34. Щёлочность почв, её виды и влияние на агрономические свойства и плодородие почвы.

35. Содержание обменного натрия в почвах и его влияние на их свойства.

36. Влияние обменного натрия и гумусированности почв на степень их солонцеватости.

- 37. Степень и типы засоления почв.
- 38. Токсичные соли и степень их вредоносности для культурных растений.
- 39. Значение анализа водной вытяжки для засоленных почв.
- 40. Порог токсичности солей.
- 41. Расчёт запасов солей в почве и мероприятия по их регулированию.
- 42. Мероприятия по устранению щёлочности и солонцеватости почв.
- 43. Расчёт доз гипса для мелиорации солонцовых почв.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### *Основной*

1. *Кирюшин В. И.* Агрономическое почвоведение / В. И. Кирюшин. – М.: КолосС, 2010. – 687 с.
2. *Вальков В. Ф.* Почвоведение / В. Ф. Вальков. – М.: Март, 2006. – 495 с.

### *Дополнительный*

1. *Мамонтов В. Г.* Общее почвоведение / В. Г. Мамонтов, Н. П. Панов, И. С. Кауричев, Н. Н. Игнатьев. – М.: КолосС, 2006. – 456 с.
2. *Агропочвоведение* / В. Д. Муха, Н. И. Картамышев и др. – М.: Колос, 1994.
3. *З. Ганжара Н. Ф.* Почвоведение / Н. Ф. Ганжара. – М.: Агроконсалт, 2001. – 392 с.
4. *Ковриго В. П.* Почвоведение с основами геологии / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова. – М.: Колос, 2000. – 416 с.
5. *Практикум по почвоведению* / под ред. И. С. Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1986. – 336 с.
6. *Аринушкина Е. В.* Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М., 1970. – 487 с.
7. *Вадюнина А. Ф.* Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
8. *Добровольский В. В.* География почв с основами почвоведения / В. В. Добровольский. – М.: ВЛАДОС, 1999. – 384 с.
9. *Качинский Н. А.* Физика почв: ч. 1, 2 / Н. А. Качинский. – М.: Высш. шк., 1965, 1970.
10. *Ковда В. А.* Биогеохимия почвенного покрова / В. А. Ковда. – М.: Наука, 1985.
11. *Яскин А. А.* Практикум по почвоведению с основами геоботаники / А. А. Яскин, В. В. Хабаров, Л. П. Гузеева, В. И. Андриенко. – М.: Колос, 1999. – 256 с.



# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ТЕМА 1. Физические и водно-физические свойства почвы.....	5
Лабораторная работа 1. Определение плотности твёрдой фазы почвы .....	5
Лабораторная работа 2. Определение плотности почвы .....	8
Лабораторная работа 3. Определение гигроскопической влаж- ности почвы .....	13
Лабораторная работа 4. Определение максимальной гигроско- пической влаги в почве по методу А. В. Николаева.....	15
Лабораторная работа 5. Определение полевой влажности поч- вы весовым методом.....	17
Контрольные вопросы и задания .....	21
ТЕМА 2. Гранулометрический (механический) состав почв .....	21
Лабораторная работа 6. Мокрый метод определения грануло- метрического состава почв.....	29
Лабораторная работа 7. Определение гранулометрического состава почвы по методу Н. А. Качин- ского (метод пипетки).....	30
Контрольные вопросы и задания .....	34
ТЕМА 3. Гумус почвы .....	35
Лабораторная работа 8. Определение содержания гумуса в почве по методу И. В. Тюрина.....	39
Контрольные вопросы и задания .....	43
ТЕМА 4. Кислотность почв .....	44
Лабораторная работа 9. Определение актуальной кислотности почвы потенциометрическим методом....	44
Лабораторная работа 10. Определение обменной кислотности почв потенциометрически и по методу Дайкухара.....	47
Лабораторная работа 11. Определение гидролитической кислот- ности почвы по Каппену.....	50
Контрольные вопросы и задания .....	55

ТЕМА 5. Физико-химическая (обменная) поглотительная способность почв.....	55
Лабораторная работа 12. Определение обменных катионов кальция и магния комплексометрическим (трилонометрическим) методом.....	59
Контрольные вопросы и задания.....	63
ТЕМА 6. Щёлочность, солонцеватость и засоленность почв.....	63
Лабораторная работа 13. Определение обменного натрия в почве по методу Шолленбергера .....	64
Лабораторная работа 14. Анализ водной вытяжки для определения засоленности почв.....	67
Контрольные вопросы и задания.....	84
Вопросы для итогового контроля знаний студентов (экзамена)...	84
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	88

Составитель  
Галеева Любовь Павловна

## **ПОЧВОВЕДЕНИЕ**

Учебно-методическое пособие

*Публикуется в авторской редакции*

Компьютерная вёрстка *В. Н. Зенина*

Подписано в печать 5 августа 2014 г. Формат  $60 \times 84 \frac{1}{16}$ .  
Объем 3,0 уч.-изд. л., 5,7 усл. печ. л. Тираж 300 экз.  
Заказ № 1114.

---

Отпечатано в Издательском центре «Золотой колос»  
Новосибирского государственного аграрного университета  
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб. 106.  
Тел. (383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru