

# ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Методическое пособие для выполнения  
лабораторно-практических занятий и  
самостоятельной работы

Новосибирск  
2019

Новосибирский государственный аграрный университет  
Агрономический факультет

## ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Методическое пособие для выполнения  
лабораторно-практических занятий и  
самостоятельной работы

Новосибирск 2019

УДК 631.4 (075)

ББК 40.3, я 73

М 545

Кафедра почвоведения, агрохимии и земледелия

Авторы - составители:

*С.Л. Добрянская*, канд. биол. наук.

Рецензенты:

*Р.Р. Галеев*, д-р.с.-х. наук, проф. (Новосибирский государственный аграрный университет)

**Почвоведение:** Методическое пособие для выполнения лабораторно-практических занятий и самостоятельной работы / Новосиб. гос. аграр. ун-т, Агроном. фак.; авт.- сост.: С.Л. Добрянская. – Новосибирск, 2019. – 70 с.

В методическом пособии приведены основные понятия по общим свойствам почв. Большое внимание уделено характеристике физических, физико-механических, водных свойств почв, их значению в формировании почвенного плодородия и жизни растений. Разработаны задания для самостоятельной работы и представлены вопросы для самоконтроля знаний.

Методическое пособие предназначена для студентов агрономического факультета всех направлений подготовки, изучающих следующие дисциплины: «Почвоведение», «Общее почвоведение», «География почв», «Агропочвоведение».

Утверждено и рекомендовано к изданию методическим советом агрономического факультета (протокол № 7 от 14 декабря 2018 г)

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2019

## ВВЕДЕНИЕ

Почвоведение изучает почвы и как особое природное образование, и как средство сельскохозяйственного производства. Почва, являясь важнейшим компонентом экологической системы, выполняет и общепланетарную роль. Необходимо помнить, что это не возобновляемый дар природы и главное богатство страны. Почва – наиболее консервативный элемент ландшафта, однако в условиях всё возрастающей антропогенной нагрузки может быстро и значительно изменять состав, свойства, деградировать, утрачивать экологические функции, что оказывает негативное влияние на другие компоненты ландшафта.

От использования почв в практике сельского хозяйства зависит судьба пахотных почв, их плодородие и производительность.

Анализ специфических свойств почв необходим для познания и оценки плодородия, мелиоративных особенностей, их агрономической оценки. Каждая почва имеет определённые показатели гумусового состояния, распределения органического вещества по профилю, гранулометрического состава, реакции и состава обменных катионов и др.

Определение и характеристика свойств почв имеет особое значение в решении любых проблем почвоведения, агрохимии, мелиорации, изменение которых в процессе естественного развития, сельскохозяйственного использования, мелиорации, антропогенного загрязнения делает необходимым контроль за состоянием почв, прогноз его изменения, основу которых составляют результаты анализов почв.

В настоящее время возросла роль методов исследований почв для мелиорации, эффективного применения удобрений, разработки мероприятий по защите почв от эрозии, загрязнения.

Плодородие, оценка пригодности почв для использования в сельском хозяйстве базируется на результатах анализа почв. Благодаря большому зна-

чению анализа в изучении почв ему уделялось много внимания на всех этапах развития почвоведения.

На данном этапе развития почвоведения большое внимание уделяется теоретическому обоснованию методов исследований состояния почв и совершенствованию приемов интерпретации полученных результатов.

Знания свойств почв и методов их исследования помогут при изучении вопросов мелиорации почв, ландшафтоведения, рекультивации земель. Необходимо использовать методы, которые позволяют получить достоверный объем информации для решения поставленных задач и дадут основания сравнивать полученные результаты с данными других исследователей.

Диагностика почв - совокупность признаков почв, по которым они могут быть выделены и отнесены к тому или иному классификационному подразделению. Для диагностики почв в первую очередь используют морфологические признаки и результаты анализов (в том числе агрофизические и агрохимические для пахотных почв).

Настоящее пособие ставит своей целью помочь студентам приобрести навыки определения гранулометрического состава, физических, водных, физико-химических свойств (реакции, ёмкости поглощения) содержания гумуса, для засоленных почв – состава водной вытяжки.

Очень важно правильно проанализировать полученные результаты анализов почв, по которым судят о качестве почвы, её агрономических свойствах, разрабатывают приёмы мелиорации и рекомендации по химизации земледелия.

Перед выполнением контрольных заданий необходимо изучить теоретический материал по учебникам, лекциям, научной и справочной литературе.

## 1. ВОДНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Водные свойства – это совокупность свойств почвы, определяющих поведение почвенной влаги в ее профиле. К ним относятся водопроницаемость, водоподъемная способность и водоудерживающая способность.

**Водопроницаемость** - способность почвы впитывать и пропускать через себя воду, поступающую на ее поверхность.

Водопроницаемость зависит от гранулометрического состава почв, их структурного состояния и физико-химических свойств. Почвы легкого гранулометрического состава (пески, супеси) благодаря наличию крупных капиллярных пор отличаются высокой водопроницаемостью. Хорошей водопроницаемостью характеризуются суглинистые и глинистые почвы с водопропрочной комковато - зернистой структурой. В бесструктурных суглинистых и особенно глинистых почвах водопроницаемость очень низкая. В почвах содержащих обменный натрий, водопроницаемость существенно снижается. При высоком содержании в ППК обменного натрия почва сильно набухает и становится практически водонепроницаемой.

Водопроницаемость измеряется объемом воды, которой проходит через единицу площади поперечного сечения в единицу времени. Этот показатель довольно динамичный и заметно варьирует как по профилю почв, так и пространственно. Водопроницаемость почв тяжелого гранулометрического состава оценивают по шкале, предложенной Н.А. Качинским. Если почва пропускает за 1 ч более 1000 мм воды при ее напоре 5 см и температуре 10<sup>0</sup> С, то водопроницаемость провальная, от 1000 - 500 - излишне высокая, 500-100 – наилучшая, 100-70 – хорошая, от 70 до 30 – удовлетворительная, менее 30 мм – неудовлетворительная.

В районах с большим количеством осадков низкая водопроницаемость почв служит причиной их переувлажнения, а при наличии уклона местности – формирования поверхностного стока и развития эрозии. Когда же водопроницаемость очень высокая, в корнеобитаемом слое почвы не происходит

накопления запаса влаги, необходимого для нормального развития растений, а в орошаемом земледелии имеют место большие потери поливной воды, теряющейся на фильтрацию и пополняющей грунтовые воды.

***Водоподъемная способность*** - свойство почвы вызывать восходящее передвижение содержащейся в ней влаги за счет капиллярных сил.

Благодаря водоподъемной способности почв растения дополнительно снабжаются влагой, поступающей из грунтовых вод. Это особенно важно в засушливых регионах. Однако при близком залегании грунтовых вод к поверхности может произойти заболачивание, а когда они минерализованные – засоление почв.

***Водоудерживающая способность*** – свойство почвы удерживать от стекания воду, содержащуюся в ней, под влиянием силы тяжести сорбционными и капиллярными силами. Количественно водоудерживающую способность почвы характеризует ее влагоемкость.

***Влагоемкость почвы*** – количество воды, которое способна удерживать почва теми или иными силами. В зависимости от сил, удерживающих влагу в почве, выделяют несколько видов влагоемкости.

***Максимальная адсорбционная влагоемкость (МAB)*** – наибольшее количество прочносвязанной воды, удерживаемое сорбционными силами. В почвенной практике эту величину используют редко. Гораздо более важное практическое значение имеют показатели гигроскопической влажности и максимальной гигроскопической влажности.

***Максимальная молекулярная влагоемкость (ММВ)*** – наибольшее количество рыхлосвязанной (пленочной) воды, удерживаемое силами молекулярного притяжения на поверхности почвенных частиц. Эта величина зависит в основном от гранулометрического состава почв. В глинистых почвах она достигает 25 - 30 % и на 70 - 75 % заполняет поровое пространство, уменьшая таким образом содержание свободной влаги и воздуха. В песчаных почвах ММВ не превышает 2 - 5 %. Увеличение запасов воды в почве сверх

ММВ сопровождается появлением подвижной капиллярной или даже гравитационной воды.

**Предельно - полевая влагоемкость ППВ (НВ)** – наибольшее количество воды, которое может удерживать почва после стекания гравитационной влаги при глубоком залегании грунтовых вод. Величина полевой влагоемкости зависит от содержания гумуса, оструктуренности и гранулометрического состава почвы. Оценка ПВ различных по гранулометрическому составу почв приведена в табл. 1.

Таблица 1. Оценка полевой влагоемкости почв (по Н.А. Качинскому)

Почвы по гранулометрическому составу	Влагоемкость, % от массы сухой почвы	Оценка
Тяжелые	40 - 50	Наилучшая
	30 - 40	Хорошая
	25 - 30	Удовлетворительная
	< 25	Неудовлетворительная для пахотного слоя
Легкие	20 - 25	Характерна для пахотного слоя культурной песчаной почвы
	Не менее 10	Можно возделывать полевые культуры
	Не менее 3 - 5	Могут произрастать лесные культуры

**Капиллярная влагоемкость (КВ)** – максимальное количество капиллярно - подпертой влаги, которое содержится в слое почвы, находящемся в пределах капиллярной каймы. Этот показатель зависит в основном от пористости почвы и от того, на каком расстоянии от зеркала грунтовых вод находится слой, насыщаемый капиллярной влагой. Чем ближе слой почвы к зеркалу грунтовых вод, тем выше его капиллярная влагоемкость. В нижней части капиллярной каймы практически все поры заполнены водой.

**Полная влагоемкость (ПВ)** – наибольшее количество влаги, которое содержится в почве при условии полного заполнения всех пор водой. Следовательно, ПВ соответствует общей пористости почвы. Однако полного за-

полнения всех пор водой не происходит, поскольку в почве присутствует так называемый заземленный воздух, на долю которого приходится до 10 % от общей пористости.

При полной влагоемкости в почве содержится максимально возможное количество всех форм влаги: прочно - и рыхлосвязанной, капиллярной и гравитационной. Поэтому ПВ характеризует водовместимость почвы.

### **1.1. Определение полной влагоемкости**

Определение полной влагоемкости можно проводить в почве с ненарушенным сложением, а также в растертых образцах.

#### ***Ход анализа***

1. Перед взятием пробы на сетчатое дно цилиндра кладут кружок фильтровальной бумаги и цилиндр без крышки, но с сеткой, взвешивают на технoхимических весах.
2. Буром, в который вставляют цилиндр высотой около 10 см и диаметром 5 см, берут пробу почвы с ненарушенным сложением, равномерно и строго вертикально ввинчивая его в почву.
3. Цилиндр вынимают из бура, закрывают крышкой и переносят в лабораторию.
4. В лаборатории снимают крышки, на дно цилиндра надевают металлическую сетку и цилиндр с образцом почвы взвешивают.
5. При работе с растертыми образцами почву насыпают в цилиндр с сетчатым дном примерно на  $\frac{2}{3}$  объема, уплотняя по мере насыпания постукиванием дна о ладонь руки, и взвешивают.
6. Взвешенный цилиндр помещают в кристаллизатор и наливают воду так, чтобы она достигла уровня почвы в цилиндре. Цилиндр покрывают сверху стеклом и оставляют на сутки. За это время вода заполнит все поры в почве.

7. Через сутки цилиндр с почвой вынимают, быстро закрывают снизу крышкой, вытирают наружные стенки фильтровальной бумагой и взвешивают на технoхимических весах.

8. Для проверки полноты насыщения цилиндр вновь на сутки помещают в чашку с водой и повторно взвешивают.

Величину полной влагоемкости вычисляют по формуле

$$W = \frac{d - c + a}{c - a - b} \cdot 100,$$

где  $W$  – полная влагоемкость, % к сухой почве;

$a$  – количество воды в почве до насыщения (вычисляют по величине влажности почвы);

$b$  – масса пустого цилиндра с металлической сеткой и кружком фильтровальной бумаги, г;

$c$  – масса цилиндра с образцом почвы до насыщения водой, г;

$d$  – масса цилиндра с образцом почвы после насыщения, г.

Расчетным методом полную влагоемкость (%) вычисляют по формуле

$$W = \frac{P}{d_v},$$

где  $P$  – общая пористость, %;

$d_v$  – объемная масса, г / см<sup>3</sup>.

## **1.2. Определение капиллярной влагоемкости в лабораторных условиях**

Металлический цилиндр с почвой помещают в специальную ванночку с водой, так, чтобы сетчатое дно цилиндра стояло на фильтровальной бумаге, концы которой опущены в воду. Вода по порам бумаги передвигается в почве, и происходит ее капиллярное насыщение.

Через каждые сутки цилиндр взвешивают на технoхимических весах до тех пор, пока масса не будет постоянной. Это укажет на то, что почва достигла полного капиллярного насыщения. На основании последнего взвешивания

и данных, полученных при определении плотности почвы, рассчитывают капиллярную влагоемкость (%) по формуле

$$KB = \frac{100(B - E)}{E},$$

где  $B$  – масса почвы в цилиндре после насыщения, г;

$E$  – масса сухой почвы в цилиндре, г.

Массу сухой почвы (г) вычисляют по формуле

$$E = \frac{A \cdot 100}{100 + W},$$

где  $A$  – масса воздушно - сухой почвы в цилиндре, (г);

$W$  – гигроскопическая влажность, %.

## 2. ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ

Почва как многофазная, полидисперсная система способна поглощать и удерживать воду. *Содержание влаги в процентах к массе сухой почвы (высушенной при 105 °C) характеризует влажность почвы.* Её можно выражать в процентах от объема, в метрах кубических на 1 га, миллиметрах водного слоя водного слоя. Влажность может быть от избыточной до влажности завядания (ВЗ).

Основным источником воды в неорошаемом земледелии являются атмосферные осадки. Вода в почву может поступать из грунтовых вод, при конденсации водяных паров из атмосферы, при орошении.

Почвенная влага является одним из важнейших факторов образования почв и их плодородия. От её содержания зависит интенсивность физиологических, химических, физико-химических и биологических процессов. С почвенной влагой связаны процессы выноса, перемещения и аккумуляции веществ, формирования генетических горизонтов и профиля почвы в целом. Вода выступает в качестве терморегулятора, определяя тепловой режим почв. С её динамикой в почве тесно связаны воздушный и окислительно-

восстановительный режимы. Передвигаясь по поверхности почвы, вода вызывает эрозию. Избыток воды в почве приводит к оглеению, заболачиванию, а поднятие по капиллярам и испарение минерализованных грунтовых вод вызывает развитие таких негативных процессов, как засоление и осолонцевание.

Влажность почвы влияет на агрофизические свойства: плотность, набухание, липкость, способность к крошению и образованию агрегатов - спелость почвы, а также на эффективность действия внесенных в почву удобрений и мелиорантов.

Жизнь зеленых растений невозможна без воды. Растения на 80-90 % состоят из воды, а на создание 1 г сухого вещества потребляют от 200 до 1000 г воды. С водой в растения поступают элементы питания. Растения нормально развиваются только при постоянном и достаточном количестве влаги в почве.

Регулируя количество воды в почве, можно сравнительно легко управлять многими ее свойствами, осуществлять гидромелиорацию.

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

В полевых условиях пробы для определения влажности почвы берут специальным почвенным буром из скважины или ножом со стенки разреза. При изучении водно-физических свойств влажность почвы определяют по всей корнеобитаемой толще (1,0 - 1,5 м), при почвенно-мелиоративных исследованиях – до глубины уровня грунтовых вод, а при глубоком их залегании – до 3 м.

Из пахотного горизонта берут одну пробу на всю его мощность (0-20 см) или несколько проб из разных его слоев (0-5, 5-10 см), затем каждые 10 см (10-20, 20-30 и т.д.) до глубины 1 м.

При изучении динамики влажности почв пробы отбирают один раз в декаду. Параллельно учитывают количество и характер выпадающих осадков.

#### ***Ход анализа***

1. Высушенный в сушильном шкафу бюкс (алюминиевый стаканчик) взвешивают на технохимических весах.

2. Образец исследуемой почвы 10-20 г помещают в бюкс, закрывают крышкой и снова взвешивают.
3. Бюкс с почвой открывают, крышку надевают на дно бюкса, помещают в сушильный шкаф при температуре 100-105 °С и сушат до постоянной массы.
4. Теплый бюкс с почвой закрывают крышкой, переносят в эксикатор, на дне которого находится хлористый кальций.
5. После охлаждения в эксикаторе бюкс взвешивают.

Влажность почвы (%) вычисляют по формуле

$$W = \frac{a \cdot 100}{c},$$

где  $a$ - масса испарившейся воды, г;

$c$  – масса сухой почвы, г.

Результат анализа записывают в форму 1.

Форма 1

Глубина образца, см	Номер бюкса	Масса бюкса, г			Масса испарившейся воды, г	Масса сухой почвы, г	Полевая влажность, %
		пустого	с почвой до сушки	с почвой после сушки			
		$b$	$d$	$e$	$a$ $(d - e)$	$c$ $(e - b)$	$W$

Полевая влажность оказывает существенное влияние на сроки и качество обработки почвы. В практике сельского хозяйства о наступлении физической спелости судят по влажности почвы (табл. 2).

## 2.2. Определение гигроскопической влажности

Для большинства анализов в лаборатории используют воздушно-сухие почвенные пробы. Такая почва всегда содержит некоторое количество влаги вследствие сорбции из воздуха паров воды почвенными частицами.

*Способность почвы сорбировать парообразную воду называют гигроскопичностью, а влагу, поглощенную таким путем, – гигроскопической.*

Содержание гигроскопической воды в почве зависит от гранулометрического, химического, минералогического состава и относительной влажности воздуха. *Наибольшее количество парообразной влаги, которое может поглотить почва при относительной влажности воздуха, близкой к 100 %, называется максимальной гигроскопической влажностью.*

Гигроскопическая влага сорбируется на поверхности коллоидных частиц в виде дипольных молекул воды в несколько слоев и удерживается силами, во много раз превышающими сосущую силу корней растений, поэтому она недоступна для них.

**Значение анализа.** Гигроскопическую влагу определяют при изучении форм воды в почвах, для вычисления коэффициента гигроскопичности, который необходим для пересчета результатов анализа на абсолютно сухую почву, т.е. почву, не содержащую гигроскопическую воду.

**Принцип метода.** Навеску воздушно-сухой почвы высушивают в сушильном шкафу при 105 °С и взвешивают.

#### ***Ход анализа***

1. Высушенный в сушильном шкафу бюкс взвешивают на аналитических весах.
2. В бюкс на аналитических весах берут навеску около 5 г воздушно-сухой почвы.
3. Бюкс с почвой (при открытой крышке) помещают в сушильный шкаф на 5 ч при температуре 105 °С.
4. После высушивания бюкс закрывают крышкой, охлаждают в эксикаторе с  $\text{CaCl}_2$  и взвешивают на аналитических весах.

Результат анализа записывают в форму 2.

Глубина образца, см	Номер бюкса	Масса бюкса, г			Масса испа- рившейся во- ды, г	Масса сухой почвы, г	Гигроско- пическая вода, %
		пустого	с поч- вой до сушки	с поч- вой по- сле сушки			
		<i>b</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>a</i> ( <i>d – e</i> )	<i>c</i> ( <i>e – b</i> )	<i>W<sub>г</sub></i>

Гигроскопическую влажность (*W*, %) вычисляют по формуле

$$W_{\text{г}} = \frac{a \cdot 100}{c},$$

где *a* – масса испарившейся воды, г;

*c* – масса сухой почвы, г.

Коэффициент гигроскопичности рассчитывают по формуле

$$K_{\text{г}} = \frac{100 + W_{\text{г}}}{100},$$

где *W<sub>г</sub>* – гигроскопическая вода, %.

### 2.3. Определение максимальной гигроскопической влажности по методу А.В. Николаева

**Значение анализа.** Данные о максимальной гигроскопичности дают возможность вычислить влажность завядания растений, или коэффициент завядания. Эмпирически установлено, что влажность завядания (%) равна полуторной максимальной гигроскопичности. На основании данных о влажности завядания и общем содержании влаги вычисляют запасы труднодоступной и продуктивной влаги в почве, необходимой для формирования урожая.

**Принцип метода.** Максимальная гигроскопическая вода определяется выдерживанием навески почвы в эксикаторе, где относительная влажность

воздуха  $\geq 98 \%$ , до постоянной массы с последующим высушиванием и взвешиванием.

### *Ход анализа*

1. Высушенный в сушильном шкафу при температуре 100-105 °С и охлажденный в эксикаторе с  $\text{CaCl}_2$  на дне бюкс взвешивают на аналитических весах.
2. Помещают в этот бюкс 10 г воздушно-сухой почвы.
3. Открытый бюкс с почвой помещают в эксикатор, на дне которого находится насыщенный раствор  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . В эксикаторе создается влажность около 98-99 %. Эксикатор плотно закрывают крышкой, ставят в темное место с относительно постоянной температурой.
4. По достижении максимального насыщения почвы парообразной влагой бюкс с почвой взвешивают на аналитических весах.
5. Ставят бюкс в сушильный шкаф и высушивают при  $t$  105 °С до постоянной массы, охлаждают и взвешивают на аналитических весах.

Результаты анализа записывают в форму 3.

Форма 3

Глубина образца, см	Номер бюкса	Масса бюкса, г			Масса испарившейся воды, г	Масса сухой почвы, г	Максимальная гигроскопическая вода, %
		пустого	с почвой после насыщения	с почвой после сушки			
		$b$	$d$	$e$	$a$ $(d - e)$	$c$ $(e - b)$	МГ

Максимальную гигроскопическую влажность (%) вычисляют по формуле

$$\text{МГ} = \frac{a}{c} \cdot 100 \%$$

Величину МГ используют для нахождения влажности завядания растений (ВЗ).

*Влажность завядания – влажность почвы, при которой наступает устойчивое завядание растений.* Первые признаки завядания – потеря тургора. Содержание воды в почве, соответствующее ВЗ, - нижний предел влаги, доступный для растений. Вся влага до ВЗ включительно является недоступной для растений. Ориентировочно ВЗ приравнивают к 1,5 МГ:

$$ВЗ = МГ \cdot 1,5;$$

$$ЗТВ = ВЗ \cdot H \cdot d_v;$$

$$ОЗВ = W \cdot H \cdot d_v.$$

Кроме косвенных подсчетов запасов недоступной влаги в почве существуют прямые – биологические методы ее определения:

$$ЗПВ = (W - ВЗ) \cdot H \cdot d_v;$$

$$ЗПВ = ОЗВ - ЗТВ ,$$

где ЗТВ – запас недоступной влаги, м<sup>3</sup>/га;

ОЗВ – общий запас влаги, м<sup>3</sup>/га;

ЗПВ – запас продуктивной (доступной растениям) влаги, м<sup>3</sup>/га;

*H* – мощность слоя почвы или горизонта, см;

*d<sub>v</sub>* – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>.

В связи с тем, что количество выпадающих осадков измеряют в миллиметрах водного столба, целесообразно запасы влаги в почве выражать в этих же единицах. Поскольку запас воды 1 м<sup>3</sup>/га соответствует 0,1 мм водного столба, вычисления производят по формуле

$$ОЗВ (мм) = 0,1 \cdot W \cdot H \cdot d_v .$$

Для определения запаса влаги (м<sup>3</sup>/га) в заданной толще почвы производят вычисления по отдельным горизонтам или слоям и суммируют полученные результаты для необходимого слоя:

$$ЗВ = W_1 \cdot H_1 \cdot d_{v1} + W_2 \cdot H_2 \cdot d_{v2} + \dots + W_n \cdot H_n \cdot d_{vn} ,$$

где *W<sub>1</sub>* , *H<sub>1</sub>*, *d<sub>v1</sub>* – соответственно влажность, %; мощность, см; плотность, г/см<sup>3</sup>, первого слоя;

$W_2$ ,  $H_2$ ,  $d_{v2}$  – второго слоя и т.д.

При оценке запасов влаги в почве различают общий запас влаги (ОЗВ), запас недоступной влаги (ЗНВ) и запас продуктивной влаги (ЗПВ) (табл.3).

Таблица 3. Оценка запасов влаги

Мощность слоя почвы, см	Запасы воды, мм	Оценка запасов продуктивной влаги
0 - 20	> 40 40 - 20 < 20	Хорошие Удовлетворительные Неудовлетворительные
0 - 100	> 160 160 – 130 130 – 90 90 – 60 < 60	Очень хорошие Хорошие Удовлетворительные Плохие Очень плохие

В первый период развития растений решающее значение имеют запасы продуктивной влаги в самом верхнем, пахотном слое почвы. Затем растения потребляют влагу и из более глубоких горизонтов почвенного профиля.

### Задания для самостоятельной работы

1. Определите количество недоступной влаги в пахотном слое (0-22 см) чернозема выщелоченного при плотности  $1,1 \text{ г/см}^3$  и максимальной гигроскопичности 6,5 %.
2. Рассчитайте количество недоступной влаги в пахотном слое (0-20 см) чернозема оподзоленного при плотности сложения  $1,12 \text{ г/см}^3$  и максимальной гигроскопичности 5,8 %.
3. Рассчитайте содержание недоступной влаги в пахотном слое (0-22 см) темно-серой оподзоленной почвы при плотности  $1,15 \text{ г/см}^3$  и влажности завядания 8,5 %.

4. Определите количество недоступной влаги в метровой толще чернозема выщелоченного при средней плотности  $1,45 \text{ г/см}^3$  и влажности завядания  $7,3\%$ .
5. Определите запас продуктивной влаги в пахотном слое (0-20 см) чернозема южного, имеющего полевую влажность  $16 \%$ , влажность завядания  $5,7 \%$ , плотность сложения  $1,22 \text{ г/см}^3$ .
6. Определите запас продуктивной влаги в пахотном слое (0-22 см) чернозема выщелоченного, имеющего полевую влажность  $26 \%$ , влажность завядания  $9,5 \%$ , плотность  $1,05 \text{ г/см}^3$ .
7. Определите запас продуктивной влаги в пахотном слое (0-20 см) серой лесной почвы, имеющей полевую влажность  $21 \%$ , влажность завядания  $5,5 \%$ , плотность сложения  $1,2 \text{ г/см}^3$ .
8. Определите запас продуктивной влаги в метровой толще чернозема оподзоленного, имеющего полевую влажность  $24 \%$ , влажность завядания  $8,5 \%$ , плотность  $1,45 \text{ г/см}^3$ .
9. Чернозем выщелоченный среднегумусный среднесуглинистый, посев кукурузы на силос. Запас влаги в почве перед посевом в слое 0-100 см  $215 \text{ мм}$ , перед уборкой  $155$ , осадки за вегетационный период  $155 \text{ мм}$ . Определите общий расход влаги ( $\text{м}^3/\text{га}$  и  $\text{мм}$ ).
10. Чернозем обыкновенный среднесуглинистый малогумусный среднесуглинистый, посев яровой пшеницы. Запас влаги в почве перед посевом в слое 0-100 см  $360 \text{ мм}$ , перед уборкой  $210 \text{ мм}$ , осадки за вегетационный период  $190 \text{ мм}$ . Определите общий расход влаги ( $\text{мм}$  и  $\text{м}^3/\text{га}$ ).
11. Напишите уравнение водного баланса при промывном типе водного режима. Чему равен коэффициент увлажнения?
12. Напишите уравнение водного баланса при непромывном типе водного режима. Чему равен коэффициент увлажнения?
13. Напишите уравнение водного баланса при выпотном типе водного режима. Чему равен коэффициент увлажнения?
14. Перечислите составляющие расходной части водного баланса.

15. Определите к какому типу водного режима подходит следующий баланс влаги, рассчитайте коэффициент увлажнения:

15.1. Осадки – 600 мм, поверхностный приток влаги – 100 мм, испарение + транспирация – 450 мм, поверхностный сток – 50 мм.

15.2. Осадки – 450 мм, поверхностный приток – 0, испарение + транспирация – 750 мм, поверхностный сток – 0.

15.3. Осадки – 260 мм, поверхностный приток – 0, испарение + транспирация – 420 мм, поверхностный сток – 80 мм.

15.4. Осадки – 350 мм, поверхностный приток – 50 мм, испарение + транспирация – 340 мм, поверхностный сток – 70 мм.

15.5. Осадки – 550 мм, поверхностный приток – 70 мм, испарение + транспирация – 470 мм, поверхностный сток – 50 мм.

15.6. Осадки – 420 мм, испарение + транспирация – 370 мм, поверхностный сток – 50 мм.

15.7. Осадки – 330 мм, испарение + транспирация – 750 мм, поверхностный приток – 0, поверхностный сток – 0.

15.8. Осадки – 550 мм, поверхностный приток – 60 мм, испарение + транспирация – 750 мм, поверхностный сток – 90 мм.

16. Назовите типы водного режима на территории Новосибирской области.

17. Определите запасы легкодоступной и недоступной влаги в слоях 0 - 20 и 0 – 100 см (мм, м<sup>3</sup>/га) и дайте их оценку по данным табл. 4.

Таблица 4.

## Водно - физические свойства почв

Глубина, см	$d_v$ , г/см <sup>3</sup>	ВЗ	НВ	Влажность, % к массе абсолютно сухой почвы				
		%		20.05	5.06	20.06	5.07	25.07
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-10	1,10	8,0	22,7	21,7	18,7	13,5	13,3	10,0
10-20	1,15	7,1	22,1	22,2	19,3	13,8	14,8	12,0
20-30	1,25	6,2	21,9	20,9	18,6	15,8	15,7	13,5
30-40	1,30	5,2	19,8	19,7	16,4	13,5	14,4	14,0
40-50	1,35	4,2	19,6	19,8	17,3	15,5	15,3	14,5
50-60	1,40	6,4	19,5	19,0	18,8	14,9	16,4	15,8
60-70	1,45	5,8	20,6	18,0	18,0	15,5	15,0	16,0
70-80	1,50	8,0	20,0	18,5	18,5	16,0	16,5	16,0
80-90	1,55	9,0	19,0	18,0	17,8	16,1	16,0	16,4
90-100	1,60	8,0	18,0	17,5	17,0	15,3	16,0	16,5
0-10	0,98	9,5	32,0	28,5	13,8	7,5	8,3	7,9
10-20	1,05	8,6	31,0	26,5	12,5	7,6	8,4	8,5
20-30	1,15	8,1	30,0	24,5	20,8	9,8	8,9	9,6
30-40	1,20	7,0	28,0	22,8	20,5	12,8	10,5	11,0
40-50	1,29	6,8	26,0	21,0	19,0	13,6	11,0	13,8
50-60	1,38	7,3	24,0	20,0	18,5	12,7	13,0	14,5
60-70	1,45	8,9	22,0	19,0	19,0	14,5	14,5	14,9
70-80	1,49	9,5	21,0	18,8	18,6	14,8	14,7	15,0
80-90	1,55	10,0	20,1	18,6	18,2	14,5	13,8	13,8
90-100	1,65	8,6	18,5	17,5	17,4	15,0	14,5	14,2
0-10	1,23	7,5	23,5	26,5	14,8	7,5	4,8	4,6
10-20	1,25	6,8	22,8	26,1	15,7	8,5	5,7	4,9
20-30	1,30	7,6	21,0	23,4	16,8	8,7	6,7	5,9
30-40	1,35	8,6	20,5	21,5	17,5	10,8	8,5	8,9
40-50	1,40	7,5	19,8	18,7	18,4	13,4	10,5	9,7
50-60	1,45	8,0	18,7	18,6	17,6	14,5	12,0	10,6
60-70	1,48	8,0	18,0	17,7	18,0	13,8	13,6	11,7
70-80	1,55	6,8	17,4	17,4	17,5	14,5	14,5	12,0
80-90	1,60	6,9	17,5	17,5	17,6	14,4	14,7	12,5
90-100	1,70	7,3	17,7	17,6	17,5	14,3	14,8	12,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-10	1,13	7,0	24,5	16,5	12,0	10,0	7,5	8,8
10-20	1,22	7,1	23,2	16,8	13,6	12,0	7,6	9,0
20-30	1,28	6,0	21,8	16,4	14,8	13,4	8,9	10,5
30-40	1,33	6,5	20,5	18,0	15,7	14,5	10,0	12,0
40-50	1,43	5,5	19,6	20,0	16,8	15,0	15,0	13,4
50-60	1,48	5,8	18,6	18,5	17,0	15,1	15,0	14,5
60-70	1,52	6,0	17,5	16,5	16,0	15,3	14,0	15,6
70-80	1,57	6,4	16,8	16,8	16,9	16,5	15,3	15,8
80-90	1,68	6,5	17,5	17,0	16,5	18,4	15,6	16,0
90-100	1,72	6,1	17,0	17,3	16,4	16,8	16,5	16,0
0-10	1,10	8,0	29,0	30,5	13,5	12,3	9,5	6,5
10-20	1,15	7,5	30,0	31,0	14,5	13,3	8,7	6,8
20-30	1,25	6,0	28,0	29,0	18,8	15,6	10,8	7,8
30-40	1,30	6,2	25,0	25,5	20,0	17,8	12,8	8,9
40-50	1,35	6,1	24,0	24,8	20,0	18,8	14,5	10,0
50-60	1,45	5,9	23,0	24,0	19,0	18,9	15,8	11,0
60-70	1,50	5,8	21,0	21,8	18,5	18,5	16,7	12,0
70-80	1,60	6,5	19,0	19,6	19,2	19,3	18,7	13,6
80-90	1,65	6,7	18,0	18,8	18,3	18,4	18,0	15,0
90-100	1,70	6,5	17,0	17,6	17,2	17,1	18,6	16,1
0-10	1,20	8,5	21,0	23,4	15,6	14,4	9,6	7,5
10-20	1,25	7,0	21,5	23,6	15,9	14,8	10,1	6,8
20-30	1,35	7,0	20,1	21,0	16,0	13,5	11,0	7,0
30-40	1,40	6,0	19,6	20,6	16,5	12,7	11,0	10,0
40-50	1,45	4,5	19,0	20,8	16,8	13,0	11,5	11,0
50-60	1,55	5,5	18,5	19,7	15,7	12,1	11,6	11,5
60-70	1,60	4,0	18,0	19,8	16,0	11,6	10,8	11,6
70-80	1,65	4,1	17,5	20,5	16,1	11,8	11,5	12,0
80-90	1,65	3,8	17,0	18,8	16,4	12,7	12,6	12,3
90-100	1,70	4,0	16,5	19,6	16,2	13,6	13,3	13,4
0-10	1,06	10,0	32,6	32,0	18,6	8,7	7,5	10,8
10-20	1,30	14,1	36,1	31,0	19,0	9,0	7,0	7,6
20-30	1,40	14,2	27,2	28,0	21,0	15,0	8,5	8,8
30-40	1,37	16,3	26,6	26,5	14,8	7,5	4,9	4,6
40-50	1,39	15,0	23,5	26,1	15,7	8,6	5,8	4,9
50-60	1,41	14,9	29,0	23,4	16,8	8,7	6,7	5,9
60-70	1,57	11,6	20,0	24,0	20,0	16,8	10,8	11,0
70-80	1,58	13,0	20,0	21,5	17,5	10,8	8,5	8,9
80-90	1,60	14,4	25,0	18,7	18,4	13,8	10,5	9,7
90-100	1,64	15,2	18,0	18,0	18,0	17,5	17,4	14,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-10	1,05	9,8	31,0	28,5	16,0	10,8	9,5	14,0
10-20	1,08	9,0	30,0	28,3	16,8	10,7	8,9	14,5
20-30	1,11	8,8	29,5	28,0	15,5	9,6	10,4	17,5
30-40	1,15	8,5	28,6	26,5	19,7	14,0	12,7	10,5
40-50	1,20	8,0	28,1	26,0	18,8	13,2	11,0	12,6
50-60	1,25	7,9	26,0	25,7	18,5	12,4	10,1	13,8
60-70	1,35	7,3	24,8	25,0	19,2	13,7	14,5	14,7
70-80	1,45	9,0	23,6	23,8	18,6	14,5	14,6	15,8
80-90	1,52	9,8	21,0	23,6	18,0	14,0	13,8	15,2
90-100	1,58	8,8	19,4	21,4	17,3	14,4	14,2	13,6
0-10	1,20	7,5	25,0	24,5	15,0	12,0	10,5	8,0
10-20	1,25	7,4	25,8	24,0	16,0	12,5	11,0	8,7
20-30	1,30	6,8	22,0	21,0	16,0	13,0	11,8	7,5
30-40	1,35	6,5	22,8	20,0	17,0	12,8	12,0	8,9
40-50	1,40	7,5	20,0	20,0	17,5	12,7	10,0	11,5
50-60	1,45	8,0	19,8	19,6	17,6	13,0	12,0	11,6
60-70	1,50	4,9	19,0	19,3	18,5	14,5	12,0	11,0
70-80	1,55	5,3	18,5	18,0	18,0	14,0	12,0	11,0
80-90	1,60	5,8	18,0	17,6	16,6	13,5	12,5	10,5
90-100	1,65	6,0	17,0	17,0	15,0	13,8	12,6	12,0

### Задания для самостоятельной работы

По данным табл. 5 рассчитайте недоступный, продуктивный, фактический запас влаги и дефицит влаги в почве. Дайте оценку запасам продуктивной влаги.

Таблица 5. Водно - физические свойства почв

Слой почвы, $h$ , см	Плотность почвы $d_v$ , г / см <sup>3</sup>	Максимальная гигроскопическая влажность $\Gamma$ макс, %	Влажность почвы $W$ , %	Предельно-полевая влагоемкость ППВ (НВ), %
1	2	3	4	5
0-50	1,15	4,0	15,5	25
50-100	1,45	5,5	17,9	21,5
0-50	1,12	11,5	21,0	32,4
50-100	1,35	10,6	19,5	25,5
0-50	1,13	12	18,8	36,2
50-100	1,5	10	20,9	32,6

1	2	3	4	5
0-50	1,20	10	20,4	28,0
50-100	1,55	7,5	16,7	20,2
0-50	1,17	12,6	26,5	43,0
50-100	1,44	10,9	24,3	30,4
0-50	1,25	5,4	18,4	21,5
50-100	1,54	5,1	14,6	17,7
0-50	1,15	10,5	24,5	30,9
50-100	1,42	12,7	27,0	31,0
0-20	1,17	9,1	13,4	24,7
20-100	1,42	9,5	15,1	21,4
0-20	0,9	6,3	17,8	22,4
20-100	1,38	7,4	15,4	20,5
0-20	1,05	4,6	18,4	22,7
20-100	1,45	9,3	21,6	28,5
0-20	1,2	5,65	9,4	25,7
20-100	1,36	5,48	17,5	21,6
0-20	1,28	4,8	15,5	28,6
20-100	1,6	6,5	18,4	22,4
0-20	1,04	7,08	19,6	34,5
20-100	1,35	5,80	17,8	23,6

Пример расчета запасов влаги в почве (табл.6)

Таблица 6. Водно - физические свойства чернозема выщелоченного

Слой поч- вы, $h$ , см	Плотность почвы $d_v$ , $\text{г} / \text{см}^3$	Максимальная гигроскопическая влажность $\Gamma_{\text{макс}}$ %	Влажность почвы $W$ , %	Предельно- полевая вла- гоемкость (ППВ; НВ), %
0-50	1,15	7,0	18,3	29,6
50-100	1,35	5,6	16,5	21,4

Влажность завядания и запас недоступной влаги для слоя 0 - 50 см:

$$ВЗ = 7,0 \times 1,5 = 10,5 \text{ \%}; \text{ЗНВ} = 10,5 \times 1,15 \times 50 = 603,75 \text{ м}^3/\text{га}$$

$$\text{Для слоя } 50 - 100 \text{ см: } ВЗ = 5,6 \times 1,5 = 8,4 \text{ \%}; \text{ЗНВ} = 8,4 \times 1,35 \times 50 = 567 \text{ м}^3/\text{га}$$

Запас недоступной влаги для слоя 0 - 100 см:  $\text{ЗНВ} = 603,7 + 567 = 1170,7$   
 $\text{м}^3/\text{га}$ , или 117,07 мм

Фактический запас влаги в почве

Для слоя 0 -50 см:  $ЗВ = 18,3 \times 1,15 \times 50 = 1052,25 \text{ м}^3/\text{га}$

Для слоя 50 – 100 см:  $ЗВ = 16,5 \times 1,35 \times 50 = 1113,75 \text{ м}^3/\text{га}$

Для слоя 0 – 100:  $ЗВ = 1052,25 + 1113,75 = 2166 \text{ м}^3/\text{га}$

Запас продуктивной влаги  $ЗПВ = 216,6 - 117,07 = 99,53 \text{ мм}$  (удовлетворительный)

Диапазон продуктивной влаги

Для слоя 0-50 см:  $ДПВ = 29,6 - 10,5 = 19,1 \% \times 1,15 \times 50 = 1098,25 \text{ м}^3/\text{га}$ , или 109,82 мм

Для слоя 50 -100 см:  $ДПВ = 21,4 - 8,4 = 17 \% \times 1,35 \times 50 = 1147,5 \text{ м}^3/\text{га}$ , или 114,75 мм

Для слоя 0 -100 см:  $ДПВ = 109,82 + 114,75 = 224,57 \text{ мм}$  (запасы влаги очень хорошие)

Дефицит влаги в почве  $ДВ = 29,6 \times 1,15 \times 50 + 21,4 \times 1,35 \times 50 - 2166 = 3146,5 - 2166 = 980,5 \text{ м}^3/\text{га}$ , или 98,05 мм

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какова роль воды в почвообразовании и жизни растений?
2. На какие категории подразделяют почвенную влагу?
3. Охарактеризуйте основные водные свойства почв.
4. Назовите почвенно-гидрологические константы и дайте их характеристику.
5. Дайте определение понятия «влажность почв». Общий, продуктивный запас влаги в почве: расчет и оценка.
6. Водный режим почв и характеристика основных типов водного режима.
7. Охарактеризуйте виды влагоёмкости почв.
8. Источники воды в почве и ее баланс.
9. Грунтовые воды и их влияние на почвообразование и агрономические свойства почв.
10. Какая влага относится к продуктивной, каков её диапазон в почве?

11. Какие категории влаги недоступны растениям?
12. При каких гидрологических константах происходит наиболее полное поглощение влаги растениями?
13. Какова максимальная высота подъёма влаги в супесчаных и глинистых почвах?
14. Диапазон активной влаги.
15. В каких почвах ВЗ характеризуется наибольшими величинами? Приведите примерные данные.
16. Какие приемы используют для оптимизации водного режима почв в засушливых регионах?
17. Какими приемами регулируют водный режим почв в зоне избыточного увлажнения?
18. Методы определения влажности почв: полевой, гигроскопической и максимальной гигроскопической.
19. Методы определения водных свойств почв. Определение капиллярной и полной влагоемкости в лабораторных условиях.

### **3. АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЛИВНЫХ ВОД И ОЦЕНКА ИХ КАЧЕСТВА**

*Цель работы* – определить общую концентрацию солей в поливной воде, содержание  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ . Дать оценку качества поливной воды по концентрации солей, содержанию в них натрия и магния.

**Правила отбора воды на анализ.** Отбор проб оросительной воды на анализ является важнейшей операцией, предшествующей гидрохимическому исследованию. Ошибки, допущенные при этом, в отличие от аналитических ошибок, нельзя исправить, и они могут привести к искажению всех дальнейших построений.

Основными требованиями при опробовании вод являются: неизменность их состава за период от отбора до анализа и достаточный объем для

всех запланированных определений. При отборе проб воды необходимо соблюдать определенные правила: чистота употребляемой посуды; предварительная промывка ее несколькими объемами исследуемой воды; герметичность (предотвращение газового обмена); наличие небольшого объема газа (в стеклянной посуде) для предотвращения разгерметизации при термическом расширении; хранение в темноте и при возможно более низкой температуре (уменьшение микробиологических изменений); предотвращение возможности замерзания; четкая сопроводительная документация; хорошая упаковка при транспортировке для предотвращения боя стекла.

Ряд компонентов (pH, Eh, O<sub>2</sub>, Fe<sup>2+</sup> и др.) лучше определять сразу при отборе пробы. После вскрытия пробы последовательность определений должна быть следующей: физические свойства, pH, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (в день вскрытия), окисляемость, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, сухой остаток. Определение ряда компонентов (свободная и связанная углекислота, агрессивная углекислота, сероводород, железо, растворенный кислород, многие микроэлементы) проводят из специальных проб, отобранных с применением консервирующих средств.

При анализе химического состава поливных вод основным объектом исследования являются растворенные в воде вещества, которые и определяют ее свойства. Основную часть минеральных веществ, находящихся в растворе, составляют: Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>.

В некоторых сильноокислых подземных водах содержатся значительные количества Fe и Al, в некоторых типах поверхностных и болотных вод — повышенное количество ионов NO<sub>3</sub><sup>-</sup> и NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, органического вещества, довольно значительное количество микроэлементов.

**Определение сухого остатка** в химическом анализе имеет большое практическое значение. Эта величина позволяет не только характеризовать общую минерализацию воды, но и контролировать качество выполненного анализа, при правильности которого общее содержание найденных веществ должно быть близко к величине сухого остатка.

1. 50 мл отфильтрованной воды выпаривают на водяной бане в предварительно высушенной и взвешенной на аналитических весах фарфоровой чашке.
2. Сухой остаток высушивают в термостате при 110°C 3ч и после охлаждения в эксикаторе взвешивают на аналитических весах.
3. По разности массы пустой чашки и чашки с сухим остатком определяют массу сухого остатка во взятом объеме воды.
4. Пересчет на 1 л воды производится по формуле

$$\text{Сух. ост} = \frac{a \cdot 1000}{V},$$

где Сух. ост — сухой остаток, мг/л;

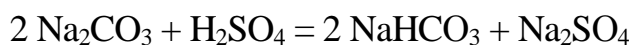
$a$  — масса сухого остатка, г;

$V$  — объем воды, взятой на выпаривание.

**Определение щелочности воды.** Общая щелочность поливных вод обусловлена анионами  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$  и анионами, гидролизующимися с образованием ионов  $\text{OH}^-$ . За общую щелочность принимают содержание  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ , так как содержание других ионов и органических кислот невелико.

#### ***Определение щелочности, вызываемой нормальными карбонатами***

1. 25 мл воды помещают в колбу емкостью 100 мл.
2. Прибавляют 2 капли фенолфталеина, который диссоциирует только при резко щелочной реакции (рН 8,3-8,4). Появление красной окраски свидетельствует о наличии нормальных карбонатов.
3. Раствор титруют 0,02 н.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  до обесцвечивания, реакция идет по уравнению



Содержание  $\text{CO}_3^{2-}$  рассчитывают по формуле

$$\text{CO}_3^{2-} = \frac{2 \cdot a \cdot n \cdot 1000}{V} \quad (\text{мг- экв/л})$$

или

$$\text{CO}_3^{2-} = \frac{2 \cdot a \cdot n \cdot 30 \cdot 1000}{V} \quad (\text{мг/л}),$$

где  $a$  — количество израсходованной кислоты, мл;

$n$  — нормальность кислоты;

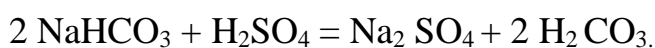
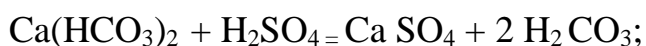
$V$  — количество воды, взятой для определения, мл;

2 — коэффициент для перевода бикарбонатов в карбонаты;

30 — эквивалентная масса  $\text{CO}_3^{2-}$ .

### ***Определение общей щелочности***

1. В ту же колбу, где определяли  $\text{CO}_3^{2-}$ , прибавляют 3 капли метилоранжа и титруют той же кислотой до перехода желтой окраски в розовую. Реакция протекает по уравнениям



Все количество 0,02 н.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , пошедшей на титрование в присутствии фенолфталеина и метилоранжа, будет соответствовать общей щелочности во взятом объеме воды. Вычисляют ее по формуле:

$$\text{HCO}_3^- = \frac{(a + m) \cdot n \cdot 1000}{V} \quad (\text{мг-экв/л})$$

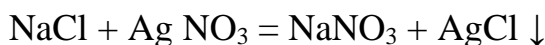
или

$$\text{HCO}_3^- = \frac{(a + m) \cdot n \cdot 61 \cdot 1000}{V} \quad (\text{мг/л}),$$

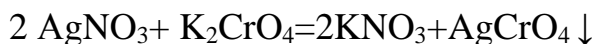
где  $a$  — объем кислоты, израсходованной на определение щелочности от нормальных карбонатов, мл;  
 $m$  — объем кислоты, затраченной на определение щелочности, вызванной бикарбонатами, мл;  
 $N$  — нормальность кислоты;  
 $V$  — объем воды, взятый для титрования, мл;  
 $61$  — эквивалентная масса  $\text{HCO}_3^-$ .

### Определение хлорид – ионов

1. В колбы, в которых определяли щелочность, прибавляют по 1 мл 10 % - го раствора  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ .
2. Титруют 0,01н. раствором  $\text{AgNO}_3$  до появления красноватой окраски, вторая колба - «свидетель». Реакция идет по уравнению



При этом выпадает осадок  $\text{AgCl}$  белого цвета. Когда весь хлор будет связан с серебром, последнее вступает в реакцию с  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ :



Хромово - кислое серебро дает осадок красноватого цвета, появление которого определяет конец титрования. Количество хлорид-иона в миллиграмм-эквивалентах вычисляют по формуле

$$\text{Cl}^- = \frac{a \cdot n \cdot 100}{C \cdot V} \quad (\text{мг-экв /л})$$

или

$$\text{Cl}^- = \frac{\text{мг - экв Cl}^- \cdot 35,5}{1000} \quad (\text{мг/л}),$$

где  $a$  — объем  $\text{AgNO}_3$ , затраченного на титрование, мл;  
 $n$  — нормальность раствора;  
 $V$  — объем воды, взятой для титрования, мл;  
 $35,5$  - эквивалентная масса хлора;

**Определение сульфат - ионов.** Перед количественным определением сульфат-ионов проводят качественную пробу на их наличие в воде: 10 мл воды подкисляют 1-2 каплями 10 % -й HCl, прибавляют 1мл 10 % - го раствора хлористого бария, нагревают до кипения. Если раствор не помутнеет,  $\text{SO}_4^{2-}$  нет, если выпадает осадок, необходимо количественное определение.

1. 50 мл воды помещают в стакан объемом 100 мл.
2. Добавляют 1-2 мл 10 % -го раствора соляной кислоты и доводят до кипения.
3. В кипящий раствор приливают 10 мл горячего 10 % -го раствора  $\text{BaCl}_2$ .
4. Кипятят 3-5 мин, затем оставляют в теплом месте на 15-18 ч.
5. Раствор отфильтровывают через плотный фильтр, перенося на него осадок лишь в конце фильтрования.
6. Осадок на фильтре и стакан тщательно промывают дистиллированной водой до полного удаления бария (проба с 5 % - й серной кислотой).
7. Осадок с фильтром подсушивают и переносят в маленький прокаленный и взвешенный тигель.
8. Прокаливают сначала слабо, затем сильно, пока осадок не станет белым.
9. Тигель с осадком охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

$$\text{SO}_4^{2-} = \frac{a \cdot 0,4114 \cdot 1000}{V} \quad (\text{г/л}) ,$$

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

0,4114 - коэффициент перевода  $\text{BaSO}_4$  в  $\text{SO}_4^{2-}$ ;

$V$  – объем воды, взятой для определения, мл.

**Определение кальция и магния (трилонометрически).** Метод основан на свойстве трилона Б давать устойчивые комплексные соединения с ионами двухвалентных металлов. Определение производится путем титрования иссле-

дуемой пробы раствором трилона Б в присутствии индикатора хромогена черного, в комплексе сначала связываются ионы кальция, а затем и магния.

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

1. В колбу объемом 100 мл помещают 50 мл воды.
2. Добавляют из бюретки 5 мл хлоридно-аммиачного буфера и 15 капель индикатора хромогена черного. Раствор окрасится в вишнево-красный цвет.
3. Оттитровывают 0,05н. раствором трилона Б до появления синей окраски. При титровании раствор необходимо постоянно перемешивать. Вишнево-красный цвет жидкости вблизи точки эквивалентности приобретает лиловую окраску, после чего титруют медленно.

Содержание Ca и Mg в миллиграмм-эквивалентах вычисляют по формуле

$$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} = \frac{a \cdot n \cdot 100}{V} \text{ (мг-экв / л)},$$

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

$n$  – нормальность трилона Б;

$V$  – общее количество воды, взятой для определения, мл.

#### ***Определение кальция***

1. В колбу объемом 100 мл пипеткой приливают 50 мл воды.
2. Добавляют 2 мл 10% -го раствора NaOH (для доведения pH раствора до 12) и всыпают лопаточкой мурексид. Раствор окрашивается в малиновый цвет.
3. Титруют 0,05 н. раствором трилона Б до перехода окраски в лиловый цвет. Титруют медленно при постоянном помешивании.

Содержание кальция в миллиграмм-эквивалентах вычисляют по формуле

$$\text{Ca}^{2+} = \frac{a \cdot n \cdot 1000}{V} \quad (\text{мг-экв / л}),$$

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

$n$  – нормальность трилона Б;

$V$  – объем исследуемой воды, мл.

Для пересчета в миллиграммы на литр полученное количество миллиграмм - эквивалентов умножают на эквивалентную массу  $\text{Ca} - 20$ .

### ***Определение магния***

Содержание магния в миллиграмм - эквивалентах вычисляют по формуле

$$\text{Mg}^{2+} = (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) - \text{Ca}^{2+}.$$

Для пересчета в миллиграммы на литр полученное количество миллиграмм – эквивалентов умножают на эквивалентную массу  $\text{Mg} - 12$ .

Определение натрия и калия проводят методом фотометрии. Иногда содержание натрия устанавливают путем вычисления. Оно основано на том, что в воде сумма анионов эквивалентна сумме катионов:

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

Для пересчета в миллиграммы на литр полученное количество миллиграмм – эквивалентов умножают на эквивалентную массу  $\text{Na} - 23$ .

Определение натрия фотометрически производится согласно инструкции к пламенному фотометру.

**Мелиоративная оценка минерализации оросительных вод.** Пригодность воды для орошения определяется количеством и химическим составом легкорастворимых в воде солей, особенностями орошаемой культуры, климатическими условиями и агротехникой, а также сравнением свойств неорошаемых и длительно орошаемых участков почвы. Известно, что одна и та же по составу вода по-разному влияет на почвы с разными свойствами. Методы оценки основываются на опасности вторичного засоления почв, засоления и осолонцевания.

Первичную оценку воды для орошения проводят по классификациям А.Н. Костякова и Л.П. Розова (1956). За основу принята величина плотного остатка солей. Согласно этому, воды с содержанием солей более 4 г/л считаются недопустимыми для орошения. По содержанию легкорастворимых солей воды с минерализацией 0,2-0,5 г/л считаются хорошими, 1 -2 — опасными в отношении засоления, а 3-7 г/л - могут использоваться для орошения только в порядке исключения при наличии идеального дренажа и поливах промывного типа. В некоторых случаях поливные воды с минерализацией 0,5-1,0 г/л могут оказаться содосодержащими. Зная концентрацию солей в оросительных водах, необходимо проводить профилактические мероприятия (табл. 7).

Таблица 7. Потребность почв в промывках и дренаже в зависимости от концентрации солей в оросительных водах

Концентрация солей в воде, г/л	Начало снижения урожайности	Необходимость в промывках	Необходимость в дренаже
0,2-0,5	Не наблюдается	Не нужны или нужны изредка	Достаточен естественный дренаж
0,5-1,0	После 20-25 поливов	Раз в 2-3 года	Нужен хороший дренаж
2,0-3,0	После 5-10 поливов	Дважды в год	Нужен хороший дренаж
4,0-5,0	После 3-5 поливов	После каждого четвертого полива	Нужен хороший дренаж
7,0-8,0	После 3-4 поливов	Через полив	Необходим очень хороший дренаж
10-12	Немедленно после первого полива	При каждом поливе, чтобы поддержать нисходящий ток	Необходим самый идеальный дренаж

#### **Характеристика качества поливных вод по содержанию натрия.**

Натрий является одним из важнейших элементов, определяющих качество поливных вод. Для мелиоративной оценки качества оросительной воды и

определения опасности осолонцевания почв при поливе И.Н. Антипов-Каратаев и Г.М. Кадер (1959,1961) предлагают использовать уравнение

$$\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{(Na^+)_{10}} = 0,23 \cdot C .$$

Чтобы найти величину критического отношения суммы кальция и магния к натрию (мг- экв /л), достаточно степень минерализации С (г/л) умножить на коэффициент 0,23. Индекс «10» означает критическое отношение кальция и магния к натрию, при котором количество поглощенного почвой натрия достигает 10 % от емкости поглощения, что не вызывает осолонцевания почвы. Если отношение этой суммы к натрию в оросительной воде меньше 0, 23, то вода нуждается в улучшении (путем ее разведения или внесения гипса).

Большинство зарубежных классификаций и способов оценки поливных вод основано на натриево - адсорбционном отношении SAR (Sodium adsorption ratio):

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{Ca^{2+} + Mg^{2+}} / 2}$$

Концентрация катионов выражена в миллиграмм - эквивалентах на литр. Коэффициент выражает относительную активность иона натрия в обменных реакциях при взаимодействии воды с почвой. В приведенной формуле не учитывается влияние резервов кальция, содержащихся в почве, поэтому она применяется только для бескарбонатных почв.

По величине SAR в зависимости от степени минерализации оросительной воды выделяют четыре группы (табл.8).

Вода с низким содержанием натрия может быть использована для орошения любых почв. При среднем содержании натрия ее опасно применять на тяжелых по гранулометрическому составу бесструктурных почвах, если в

них не содержится гипс. Такая вода может быть использована на почвах с высокой водопроницаемостью (песчаных, супесчаных, хорошо оструктуренных суглинистых). Применение воды с высоким содержанием натрия требует проведения специальных мер по предотвращению опасных последствий осолонцевания и натриевого засоления почв (хороший дренаж, интенсивные и частые промывки, внесение органического вещества и кальцийсодержащих соединений). Вода с очень высоким содержанием натрия, как правило, непригодна для орошения, за исключением вод с низкой и средней засоленностью, когда эффективно использование гипса или других мелиорантов.

Таблица 8. Качество оросительных вод (по величине SAR)

Содержание натрия	Минерализация, г/л	
	< 0,1	0,1-0,5
Низкое	< 10	< 6
Среднее	10-18	6-10
Высокое	18-26	10-18
Очень высокое	> 26	> 18

#### 4. СТРУКТУРА ПОЧВЫ

В почве механические элементы находятся как в раздельно-частичном состоянии, так и соединенными между собою под действием различных сил в комки разной формы, размера и качественного состава, которые называют *почвенными агрегатами*.

*Совокупность агрегатов различной формы, размера и качественного состава называют почвенной структурой, а способность почвы распадаться на агрегаты при механическом воздействии – структурностью.*

Необходимо отличать понятие о структуре как о характерном морфологическом признаке почв от понятия структуры в агрономическом смысле.

В практике земледелия качественная оценка структуры определяется ее *размером, пористостью, механической прочностью и водопрочностью*. Структура почвы является одним из важнейших факторов, определяющих ее плодородие. В хорошо оструктуренной почве создаются оптимальные условия водного, воздушного и теплового режимов, что способствует более интенсивному развитию биологических процессов, лучшему развитию корневой системы растений, мобилизации питательных веществ. Агрономически ценная - зернистая и комковато-зернистая структура с размерами агрегатов от 0,25 до 10 мм.

Структурное состояние верхних горизонтов почв агроценозов очень динамично и зависит от состояния и интенсивности обработки, внесения удобрений и мелиорантов и др. Агрегатный анализ почв для агрономической оценки проводят для пахотного и подпахотного горизонтов.

#### **4.1. Агрегатный анализ почв по методу Н.И. Саввинова**

Для определения общего количества агрегатов в почве применяют метод «сухого» агрегатного анализа.

*Цель работы* – определить содержание агрегатов, вычислить коэффициент структурности и дать оценку структурного состояния почв.

##### ***Ход анализа***

1. Навеску нерастертой воздушно-сухой почвы 0,5 кг просеивают через колонку сит с диаметром отверстий 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,25 мм. На нижнем сите должен быть поддон.
2. С каждого сита агрегаты взвешивают на технохимических весах и получают фракции: > 10; 10 - 7; 7 - 5; 5 - 3; 3 - 2; 2 - 1; 1 - 0,5; 0,5 - 0,25 и < 0,25.
3. Содержание каждой фракции рассчитывают в процентах от взятой для анализа навески, приняв ее за 100 %.

Формула расчета:

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

где  $A$  – содержание данной фракции почвенных агрегатов, %;

$C$  – масса агрегатов данного диаметра, г;

$b$  – масса пробы взятой для анализа, г.

Результаты записывают в форму 4.

Форма 4

Глубина взятия образца, см	Содержание агрегатов, %, размером , мм								
	> 10	10 - 7	7 - 5	5 - 3	3 - 2	2 - 1	1 - 0,5	0,5 - 0,25	<0,25

Коэффициент структурности ( $K$ ) вычисляют по формуле

$$K = C / B,$$

где  $C$  – количество (сумма) агрегатов от 0,25 до 10 мм;

$B$  – количество (сумма) агрегатов менее 0,25 и более 10 мм.

Чем больше  $K$ , тем лучше оструктурена почва.

#### 4.2. Определение водопрочности почвенных агрегатов

*Важнейшее свойство агрегатов – водопрочность, т.е. устойчивость против размывающего действия воды.* Для определения водопрочности агрегатов применяют «мокрый» рассев почвы на ситах.

##### *Ход анализа*

1. Из фракций сухого отсева составляют навеску почвы 50 г. Для этого из каждой фракции (кроме фракции менее 0,25 мм) отвешивают на технохимических весах количество почвы, соответствующее половине процентного содержания данной фракции в почвенном образце. Например, при содержании в почве 15 % фракции 5 – 3 мм берут 7,5 г, из фракции 3 – 2 мм, составляющей 22 %, - 11 г и т.д. Фактическая навеска почвы будет меньше 50 г на величину, соответствующую половине процентного содержания фракции мельче 0,25 мм. Для расчетов навеску считают равной 50 г.

2. Составленную навеску переносят в литровый цилиндр и увлажняют, медленно приливая воду по стенке цилиндра до полного насыщения почвы.
  3. Увлажненную почву оставляют в покое на 10 мин, после чего цилиндр доливают водой и плотно закрывают стеклом.
  4. Составляют колонку из 6 сит с отверстиями 5; 3; 2; 1; 0,5 и 0,25 мм без поддонника и крышки. Сита скрепляют металлическими пластинками, пропущенными в скобки на их бортах, и помещают в бак или ведро с водой так, чтобы верхнее сито было погружено в воду примерно на 8 – 10 см.
  5. Для разрушения агрегатов цилиндр перевертывают вверх дном 10 раз, пока вся почва не пройдет сквозь слой воды и не упадет вниз.
  6. После этого цилиндр, закрытый стеклом, опрокидывают над набором сит, под водой убирают стекло и массу почвы переносят на верхнее сито. Через 10-20 с, когда все агрегаты крупнее 0,25 мм упадут на сито, цилиндр закрывают в воде и вынимают.
  7. Набор сит поднимают вверх на 4-5 см, не обнажая почвы из воды, и быстрым движением опускают вниз, повторяя 10 раз.
  8. Два верхних сита снимают, а нижние встряхивают под водой еще 5 раз.
  9. Разбирают набор сит, смывают агрегаты в фарфоровые чашки, избыток воды из чашек сливают, а агрегаты переносят в маленькие, предварительно взвешенные фарфоровые чашки, высушивают до воздушно-сухого состояния и взвешивают.
  10. Полученная масса фракции, умноженная на 2, даст процентное содержание агрегатов.
  11. Количество фракции меньше 0,25 мм находят путем вычитания из 100 % суммы всех остальных фракций почвенных агрегатов.
- Результаты анализа записывают в форму 5.

Глубина взятия образца, см	Содержание водопрочных агрегатов, %, размером, мм						
	> 5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25

Водопрочность агрегатов ( $A$ ) вычисляют по формуле

$$A = \frac{C_{\text{ВП}}}{C} \cdot 100 \%,$$

где  $C_{\text{ВП}}$  – суммарное содержание водопрочных агрегатов больше 0,25 мм, полученных при мокром просеивании, %;

$C$  – суммарное содержание агрегатов больше 0,25 мм, полученных при сухом просеивании образца, %.

Структурное состояние почвы оценивают по количеству воздушно-сухих и водопрочных агрегатов размера 0,25-10 мм по данным табл. 9.

Таблица 9. Оценка структурного состояния почвы

Сухое просеивание	Мокрое просеивание	Структурное состояние
Содержание агрегатов 0,25 – 10 мм, % от массы воздушно-сухой почвы		
> 80	> 70	Отличное
80 - 60	70 - 55	Хорошее
60 - 40	55 - 40	Удовлетворительное
40 - 20	40 - 20	Неудовлетворительное
< 20	< 20	Плохое

#### 4.3. Определение прочности агрегатов в спокойной воде (методом Н.Н. Никольского)

1. Подготовка почвы к анализу та же, что и в методе Саввинова: просеивание воздушно - сухой почвы и определение процентного содержания комочков различного диаметра. Из каждой фракции агрегатов берут две средние пробы по 10 – 50 агрегатов.

2. В плоские стеклянные или фарфоровые чашки диаметром 15 см наливают дистиллированную воду с таким расчетом, чтобы над агрегатами был слой воды примерно 2 см. В чашку помещают от 10 до 50 агрегатов какой - либо одной фракции. Агрегаты распределяют в чашке равномерно по всему дну, на некотором расстоянии друг от друга (крупных агрегатов берут по 10 – 30 на каждую чашку). Через 20 мин подсчитывают количество прочных агрегатов.

К прочным относят агрегаты, сохранившие в течение 20 мин всю массу, хотя бы и набухшие и увеличившиеся в объеме. Сохранившимися считают те агрегаты, которые при слабом осторожном надавливании стеклянной палочкой передвигаются, не распадаясь. Разрушенными агрегатами почвы считают все отдельные, частично или полностью распавшиеся на более мелкие комки.

Вычисление результатов анализа:

$$A = \frac{a}{b} ,$$

где  $A$  – содержание прочных агрегатов в данной фракции, % от массы воздушно - сухой почвы;

$a$  – количество сохранившихся агрегатов, шт.;

$b$  – количество взятых для анализа агрегатов, шт.

### **Задания для самостоятельной работы**

Используя данные табл. 10 - 12, выполните следующие задания.

1. Рассчитайте коэффициент структурности и оцените изменение структурного состояния почвы в результате сельскохозяйственного использования.
2. Оцените водопрочность почвенной структуры и ее изменение в результате сельскохозяйственного использования по данным табл. 10.

3. Дайте сравнительную характеристику структурного состояния почв по данным табл. 11 и 12.

Таблица 10. Агрегатный состав почв

Почва	Глубина, см	Содержание агрегатов, %, размером, мм					
		> 3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25
Дерново-подзолистая суглинистая	0-5	<u>63,2</u> 0,9	<u>7,6</u> 1,5	<u>9,5</u> 2,4	<u>10,3</u> 4,5	<u>5,5</u> 15,7	<u>3,9</u> 75,0
	17-20	<u>64,3</u> 1,4	<u>9,7</u> 0,8	<u>6,6</u> 2,4	<u>8,4</u> 8,9	<u>4,9</u> 22,1	<u>6,1</u> 64,4
Чернозем мощный типичный суглинистый	0-10	<u>20,5</u> 16,0	<u>19,5</u> 16,1	<u>26,1</u> 16,8	<u>16,1</u> 19,5	<u>8,6</u> 12,9	<u>9,2</u> 18,7
	20-30	<u>17,1</u> 15,0	<u>28,1</u> 24,4	<u>28,4</u> 23,6	<u>12,4</u> 15,5	<u>9,4</u> 14,3	<u>4,6</u> 12,2
Чернозем обыкновенный солонцеватый среднесуглинистый	0-10	<u>57,3</u> нет	<u>7,3</u> нет	<u>8,0</u> нет	<u>5,8</u> 4,9	<u>7,1</u> 11,2	<u>14,5</u> 83,9
	10-20	<u>58,6</u> нет	<u>5,1</u> нет	<u>6,4</u> 0,8	<u>4,6</u> 3,6	<u>8,6</u> 11,4	<u>16,7</u> 84,2
	20-30	<u>59,6</u> нет	<u>6,3</u> нет	<u>8,5</u> 1,7	<u>4,7</u> 4,7	<u>7,3</u> 11,1	<u>13,6</u> 82,5
Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый	0-15	<u>37,7</u> нет	<u>5,9</u> нет	<u>7,5</u> 0,9	<u>13,7</u> 3,0	<u>13,0</u> 5,0	<u>22,2</u> 90,7
	15-25	<u>46,2</u> нет	<u>7,7</u> 0,1	<u>11,0</u> 0,5	<u>13,3</u> 3,0	<u>9,6</u> 5,1	<u>12,2</u> 91,3
	25-35	<u>33,4</u> 0,6	<u>11,0</u> 1,8	<u>12,8</u> 6,6	<u>15,6</u> 8,2	<u>10,3</u> 10,0	<u>16,9</u> 72,8

*Примечание.* В числителе – сухое просеивание, в знаменателе – мокрое.

Таблица 11. Агрегатный состав черноземов выщелоченных среднесуглинистых учхоза «Тулинское» (по М.С. Сиухиной, С.Л. Быковой)

Вариант	Глубина взятия образца, см	Содержание агрегатов, %, размером, мм						Коэф. структурности
		> 10	10-5	5-3	3-1	1,0-0,25	< 0,25	
Целина	0-20	10,8	14,5	13,0	38,3	14,9	8,5	4,1
	30-40	15,3	12,5	8,8	32,5	21,7	9,2	3,1
Пашня	0-20	17,6	14,1	14,0	30,6	10,1	13,6	2,2
	30-40	18,9	10,5	12,2	26,2	17,1	15,1	1,2
Орошаемая пашня	0-20	24,9	13,7	5,7	19,1	21,0	15,6	1,4
	30-40	27,4	10,1	11,3	35,0	9,0	7,2	1,8

Таблица 12. Водопрочность структуры черноземов выщелоченных средне-мощных среднегумусных среднесуглинистых учхоза «Тулинское» при различном сельскохозяйственном использовании (по М.С. Сиухиной, С.Л. Быковой)

Вариант	Глубина образца, см	Содержание водопрочных агрегатов, %, размером, мм					
		> 3	3-2	2-1	1,0-0,5	0,5-0,25	< 0,25
Целина	0-20	6,0	8,8	23,4	8,0	7,0	46,8
	30-40	4,0	4,8	25,0	6,0	18,0	42,2
Пашня	0-20	1,6	2,0	4,6	8,2	11,8	71,8
	30-40	1,4	1,2	6,0	7,0	16,0	68,4
Орошаемая пашня	0-20	0,8	1,0	6,0	3,0	6,0	83,2
	30-40	1,2	1,6	6,0	4,0	19,6	67,6

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое структура и структурность почвы? Основные показатели почвенной структуры.
2. Агрономическое значение почвенной структуры.
3. Причины разрушения почвенной структуры.
4. Какая структура считается агрономически ценной? Ее основные признаки и условия формирования.
5. Какое влияние на образование почвенной структуры оказывает гранулометрический состав, содержание гумуса и состав обменных катионов?
6. Почему в черноземной почве формируется зернистая структура?
7. Какова роль известкования и гипсования в улучшении структуры?
8. Какие свойства структуры являются наиболее ценными и важными для любой почвы?
9. Какие виды структуры встречаются в почвах?
10. Какая структура характерна для гумусового горизонта дерново-подзолистых почв: крупно комковатая, зернистая, плитчатая, столбчатая, ореховатая?
11. Какая структура по крупности является наиболее ценной: 10-7; 3-1; 1-0,25; 0,25-0,01 мм?

12. Какая структура по водопрочности является наилучшей (количество водопрочных агрегатов, %): 1-10, 10-15, 15-20, 20-30, 30-45, 45-60, больше 60?
13. Какая структура характерна для черноземных почв, солонцов, каштановых почв, иллювиальных горизонтов серой лесной почвы?
14. Охарактеризуйте физико-химические факторы структурообразования.
15. Чем характерна агрономически ценная структура?
16. Роль гумуса в структурообразовании.
17. Почему в дерново-подзолистой почве образуется неводопрочная структура, а в черноземах – водопрочная?
18. Охарактеризуйте биологические факторы структурообразования.
19. Почему в черноземах в нижней части профиля (горизонт В<sub>2</sub>) не образуются ореховатая и призматическая структуры?
20. Почему наличие поглощенного Н<sup>+</sup> в больших количествах приводит к разрушению структуры?
21. Почему в солонцовой почве образуется столбчатая структура?
22. Какую роль в структурообразовании играет обменный кальций?
23. Какую роль в образовании структуры играют почвенные животные?
24. Какая структура создается при насыщении почвы обменным натрием?
25. Почему при пропашной культуре идет разрушение структуры?
26. Какую роль в структурообразовании играют коллоидные частицы?
27. В чем заключается роль бобовых многолетних трав в структурообразовании?
28. Какие особенности водно-воздушного режима характерны для структурной и бесструктурной почвы?
29. Какие приемы используют для восстановления и сохранения почвенной структуры в производственных условиях?
30. Методы определения структурного состояния почв и водопрочности агрегатов.
31. Оценка структурного состояния почв при «сухом» и «мокром» рассеиве.

## 5. ОБЩИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Почва – это природное тело, состоящее из твердой, жидкой, газовой и живой фаз. Основу почвы составляет твердая фаза, состоящая из частиц различной степени дисперсности. Эти частицы могут находиться в свободном состоянии или объединенными в микро- и макроагрегаты, которые не совсем плотно прилегают друг к другу, поэтому между ними всегда есть поры и пустоты. В порах почвы содержится воздух, парообразная и жидкая влага. Почва как природное пористое тело характеризуется физическими свойствами.

К общим физическим свойствам почвы относятся: плотность твердой фазы почвы, плотность почвы и пористость.

### 5.1. Определение плотности твердой фазы почвы

*Плотность твердой фазы почвы* – масса сухого вещества в единице объема твердой фазы почвы. Её величина зависит от природы и соотношения минералов, входящих в состав почвы, и содержания органического вещества.

Плотность твердой фазы почв изменяется от 2,3 до 2,8 г/см<sup>3</sup>. В верхних горизонтах почв с высоким содержанием гумуса она варьирует в пределах 2,3-2,5, в малогумусных 2,5-2,65 г/см<sup>3</sup>. В средней и нижней части почвенного профиля плотность твердой фазы возрастает, достигая 2,7-2,8 г/см<sup>3</sup>. В богатых органическими компонентами торфяниках плотность - 1,4-1,8 г/см<sup>3</sup>. В целом плотность твердой фазы величина довольно стабильная и незначительно изменяется во времени.

**Значение анализа.** Показатели твердой фазы почв необходимы для вычисления пористости почв. Кроме того, они дают представление о составе минералов, входящих в почву, и указывают на соотношение минеральной и органической частей.

**Принцип метода.** Определение плотности твердой фазы пикнометрическим методом заключается в том, что объем твердой фазы почвы во взятой навеске определяется по массе вытесненной воды.

### Ход анализа

1. В пикнометр (мерную колбу) объемом 100 мл наливают до метки заранее прокипяченную и охлажденную дистиллированную воду, обтирают пикнометр снаружи фильтровальной бумагой, взвешивают на аналитических весах.
2. На аналитических весах на кальке взвешивают 10 г почвы.
3. Воду из пикнометра выливают в стакан, а в пикнометр через сухую воронку высыплют навеску почвы. Оставшиеся на воронке и стенках пикнометра частицы почвы смывают дистиллированной водой в пикнометр и доводят его объём до половины.
4. Почву с водой в пикнометре перемешивают (аккуратно взбалтывая), кипятят 15 мин с момента закипания для удаления воздуха. Необходимо следить, чтобы не было выбросов воды с почвой из пикнометра.
5. После кипячения пикнометр с содержимым охлаждают до комнатной температуры, доливают прокипяченной дистиллированной водой до метки, вытирают снаружи фильтровальной бумагой и взвешивают на аналитических весах.

Нужно следить, чтобы температура пикнометра с водой и почвой была одинаковой с первоначальной температурой пикнометра с водой.

Результаты записывают в форму 6.

Форма 6

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>C</i>	<i>B</i>	<i>d</i>

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

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

## 5.2. Определение плотности почвы

*Плотность почвы – масса единицы объема абсолютно сухой почвы в естественном сложении.* Плотность почвы изменяется в широких пределах: у минеральных – от 0,9 до 1,8 г/см<sup>3</sup>, у болотных торфяных – от 0,15 до 0,4 г/см<sup>3</sup>.

Плотность почвы зависит от характера структуры, минералогического, гранулометрического состава, содержания органического вещества. Особенно сильно влияет на плотность почвы механическая обработка. Наименьшую плотность почва имеет сразу после обработки (вспашки, культивации), затем она постепенно уплотняется. Через определенное время, которое зависит как от свойств самой почвы, так и от внешних факторов, почва приобретает плотность, практически не изменяющуюся во времени до следующей обработки. Такая плотность называется *равновесной*.

*Оптимальной считают плотность, при которой складываются благоприятные условия для развития растений. Для большинства культурных растений оптимальная плотность – 1-1,25 г/см<sup>3</sup> (табл. 13).*

Отклонение от оптимальной величины плотности в любую сторону приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Сравнение оптимальной плотности с равновесной помогает определить необходимость и направленность механического воздействия на почву (рыхление, уплотнение) или полного исключения такого воздействия.

Таблица 13. Оценка плотности суглинистых и глинистых по гранулометрическому составу почв (по Н.А. Качинскому)

Плотность, г/см <sup>3</sup>	Оценка
< 1	Почва вспушена или обогащена органическим веществом
1,0 – 1,1	Типичные величины для культурной свежевспаханной почвы
1,2 – 1,3	Пашня уплотнена
1,3 – 1,4	Пашня сильно уплотнена
1,4 – 1,6	Типичные величины для подпахотных горизонтов различных почв (кроме черноземов)
1,6 – 1,8	Сильно уплотненные иллювиальные горизонты

Плотность сложения почвы имеет важное агрономическое значение. Сильно уплотненная сухая почва оказывает большое сопротивление развитию корневой системы растений. Например, длина корней овощных культур в рыхлой почве в 5 раз больше, чем в плотной. Оптимальная плотность для овощных культур 1-1,2 г/см<sup>3</sup>. В переуплотненной почве ухудшаются водные свойства, газообмен, увеличивается содержание влаги, недоступной растениям. Поэтому необходимо регулировать плотность почв.

**Значение анализа.** Показатель плотности почвы необходим для вычисления пористости, расчета массы почвенного горизонта, для вычисления запасов воды, гумуса, питательных веществ, солей в определенном слое почвы. Плотность почвы оказывает большое влияние на водный, воздушный и тепловой режимы почв и на продуктивность растений.

**Принцип метода.** Плотность почвы обычно определяют путем взятия ненарушенного образца почвы в особые цилиндры известного объема с помощью бура с последующим взвешиванием и пересчетом на сухую почву.

В лабораторных условиях плотность почвы определяют из рассыпного образца с нарушенным сложением почвы.

#### **Ход анализа**

1. Вычисляют объем металлического цилиндра по формуле

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

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

$\pi$  – 3,14;

$r$  – радиус цилиндра, см;

$h$  – высота цилиндра, см.

2. Взвешивают цилиндр на теххимических весах.
3. В цилиндр насыпают почву до краев, уплотняя ее по мере насыпания, постукивая цилиндр о ладонь руки.
4. Взвешивают цилиндр с почвой на тех же весах.

Результаты записывают в форму 7.

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

Плотность почвы вычисляют по формуле

$$d_v = \frac{C}{V} \cdot K_{\Gamma} ,$$

где  $K_{\Gamma}$  – коэффициент гигроскопичности.

Вычисление массы почвенного горизонта (слоя) площадью 1 га ведут по формуле

$$M \text{ т/га} = S \cdot h \cdot d_v ,$$

где  $M$  т/га – масса слоя почвы площадью 1 га, т;

$S$  – площадь 1 га (10 000 м<sup>2</sup>, 100 000 000 см<sup>2</sup>);

$h$  – мощность слоя (горизонта), см;

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

Например:  $d_v = 1,1$ ;  $h = 20$  см;  $M = 1,1 \cdot 20 \cdot 100\,000\,000 = 2\,200\,000\,000$   
 $г = 2200\,000 \text{ кг} = 2\,200 \text{ т}$ .

### 5.3. Вычисление пористости (скважности) почвы

*Пористость почвы – суммарный объем всех пор между твердыми частицами и структурными агрегатами в единице объема почвы.* Пористость выражают в процентах от общего объема почвы. В разных горизонтах минеральных почв пористость изменяется в широких пределах – от 25 до 80 %, в торфяных – от 80 до 90 %, в верхних гумусовых горизонтах – 50-60%. В зависимости от величины пор различают капиллярную и некапиллярную пористость почвы, граница между ними нечеткая и имеет ряд переходов.

Самые благоприятные условия увлажнения и газообмена складываются в почвах при соотношении капиллярной и некапиллярной пористости около 1 : 1.

Вычисляют общую пористость по показателям плотности и плотности твердой фазы почв:

$$P_{\text{общ}} = (1 - d_v / d) \cdot 100,$$

где 1 – единица объема почвы естественного сложения;

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

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

100 – коэффициент для пересчета в проценты.

Величина пористости зависит от структурного состояния и микроагрегатности, гранулометрического состава, содержания гумуса, а в агроценозах – от обработки и приемов окультуривания (табл. 14).

Таблица 14. Оценка общей пористости пахотного слоя суглинистых и глинистых почв по шкале Н.А. Качинского

Общая пористость в вегетационный период, %	Качественная оценка пористости
> 70	Почва вспушена – избыточно пористая
65 - 75	Культурный пахотный слой - отличная
55 - 50	Удовлетворительная для пахотного слоя
< 50	Неудовлетворительная для пахотного слоя
40 - 25	Чрезмерно низкая. Характерна для уплотненных иллювиальных горизонтов

*Пористость аэрации – часть общей пористости, заполненная воздухом.*

Она равна разности между объемом общей пористости и объемом воды, которая содержится в почве в момент определения пористости. Пористость аэрации вычисляют по данным общей пористости, влажности и плотности и выражают в процентах к общей пористости:

$$P_{\text{аэр}} = P_{\text{общ}} - a \cdot d_v ,$$

где  $P_{\text{аэр}}$  – пористость аэрации, % объема почвы;

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

$a$  – содержание влаги, %;

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

### Задания для самостоятельной работы

1. Вычислите общую пористость при следующих показателях плотности ( $d_v$ ) и плотности твердой фазы ( $d$ ), г/см<sup>3</sup>:

$d_v$	0,9	1,05	1,0	1,15	1,35	1,40	1,25	0,40	0,25
$d$	2,6	2,55	2,6	2,65	2,70	2,00	2,65	1,85	1,55

2. Определите, как изменится плотность почвы ( $d_v$ ), если общая пористость изменяется следующим образом:

$P_{\text{общ}}$ , % - 60, 62, 58, 55, 50, 45, 40, 38, 35, 30;

$d$ , г/см<sup>3</sup> – одинакова (2,55 г/см<sup>3</sup>).

3. Какая величина плотности почвы характерна для уплотненной пашни, г/см<sup>3</sup>: 0,95; 1,0; 1,05; 1,15; 1,20; 1,25; 1,35; 1,40; 1,45; 1,55?

4. Какая величина плотности почвы характерна для вспушенной почвы, г/см<sup>3</sup>: 0,9; 0,95; 1,0; 1,05; 1,3; 1,4; 1,45; 1,50; 1,65?

5. Рассчитайте  $P_{\text{общ}}$ , данные внесите в табл. 15 и определите, какие по генезису почвы представлены.

Таблица 15. Общие физические свойства почв

Глубина, см	$d_v$	$d$	$P$ общ, %	$d_v$	$d$	$P$ общ, %	$d_v$	$d$	$P$ общ, %
	г/см <sup>3</sup>			г/см <sup>3</sup>			г/см <sup>3</sup>		
0-10	1,05	2,55		1,24	2,58		0,35	1,58	
10-20	1,15	2,52		1,28	2,61		0,30	1,65	
20-30	1,15	2,61		1,35	2,63		0,25	1,60	
30-40	1,25	2,63		1,58	2,68		0,21	1,63	
40-50	1,25	2,58		1,59	2,70		0,18	1,68	
50-70	1,35	2,62		1,62	2,75		0,15	1,62	
70-100	1,45	2,70		1,65	2,72		0,14	1,58	
0-10	1,10	2,58		1,31	2,61		0,24	1,58	
10-20	1,69	2,55		1,30	2,60		0,20	1,60	
20-30	1,70	2,53		1,38	2,59		0,20	1,48	
30-40	1,50	2,54		1,45	2,58		0,18	1,45	
40-50	1,55	2,62		1,50	2,58		0,17	1,40	
50-60	1,60	2,64		1,55	2,60		0,17	1,41	
60-70	1,63	2,68		1,58	2,62		0,16	1,42	
70-80	1,59	2,70		1,65	2,64		0,15	1,44	
80-100	1,70	2,71		1,72	2,65		0,14	1,45	

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое плотность твердой фазы и плотность почвы? От чего зависят эти свойства?
2. Что такое пористость почвы, от чего она зависит?
3. Назовите виды пористости, агрономическое значение пористости.
4. Как определяют плотность почвы?
5. Какое влияние оказывают плотность почвы и пористость на развитие сельскохозяйственных растений?
6. Дайте оценку общей пористости по Качинскому для:
  - 6.1. Пахотного слоя черноземы выщелоченного тяжелосуглинистого: 53, 63, 65, 72 %.
  - 6.2. Пахотного слоя чернозема обыкновенного среднесуглинистого: 62, 57, 53, 51 %.
  - 6.3. Темно-серой лесной суглинистой почвы:

горизонт $A_1$ – 55 %	$A_1$ – 60 %
$B_1$ – 46 %	$B_1$ – 60 %
7. Дайте оценку общей пористости для профиля солонца среднего осолоделого:

$A_1$ – 53,
$A_2$ – 48,
$B_1$ – 42 %.
8. Какая плотность сложения характерна для иллювиальных горизонтов дерново-подзолистых и солонцовых почв?
9. Какие почвы, одинаковые по минералогическому и гранулометрическому составу, будут обладать лучшими физическими свойствами, если содержание гумуса в них 1,5; 2,5; 4,0; 5,5; 6,5; 7,5; 8,0 %?
10. Какие физические свойства улучшаются при известковании кислых почв?
11. Какие физические свойства изменяются, если содержание гумуса увеличивается с 2 до 5,5 %?

12. Какие физические свойства резко изменятся, если будет произведена глубокая безотвальная обработка?
13. Почва подвергается прикатыванию, как в результате этого изменятся  $d_v$ ,  $d$ ,  $P_{\text{общ}}$ ?
14. Какие физические свойства улучшаются при гипсовании солонцов?
15. Какие физические свойства почвы заметно улучшатся, если в течение 4 лет на ней будут возделываться многолетние травы?
16. Какое влияние на физические свойства оказывает возделывание пропашных культур?
17. Какие физические свойства улучшаются при внесении в почву органических удобрений?
18. Что значит «удовлетворительная», «неудовлетворительная», «отличная», «избыточная» пористость для пахотного слоя по Качинскому?
19. Назовите пределы изменений физических свойств почв и их оптимальные величины для развития сельскохозяйственных растений.
20. Какие приемы используют для регулирования общих физических свойств почвы?
21. Дайте характеристику методам определения общих физических свойств почв.

## 6. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ

Твердая фаза минеральных почв и почвообразующих пород представляет собой полидисперсную систему, состоящую из частиц различной величины и формы, которые называются *механическими элементами*. По происхождению различают механические элементы минеральные, органические и органо-минеральные. Механические элементы в почве могут находиться как в раздельно-частичном состоянии (пески и супеси), так и в форме агрегатов.

*Количественное определение содержания в почве механических элементов называется механическим анализом.* Близкие по размерам механические элементы объединяют в группы, или фракции, такая группировка частиц называется классификацией механических элементов.

В России широко применяется классификация, разработанная А.Н. Сабаниным и В.Р. Вильямсом и усовершенствованная Н.А. Качинским (табл. 16).

Таблица 16. Классификация механических элементов

Группа		Размер, мм	Название фракции
Почвенный скелет		более 3	Камни
		3 – 1	Гравий
Почвенный мелкозем	Физический песок	1 – 0,5	Песок крупный
		0,5 – 0,25	Песок средний
		0,25 – 0,05	Песок мелкий
		0,05 – 0,01	Пыль крупная
	Физическая глина	0,01 – 0,005	Пыль средняя
		0,005 – 0,001	Пыль мелкая
		менее 0,001	Ил
		менее 0,0001	Коллоиды

Отдельные фракции механических элементов заметно различаются по минералогическому и химическому составу, физико-химическим и водно-физическим свойствам.

*Относительное содержание (в весовых процентах) в почве фракций механических элементов называется гранулометрическим составом.* Его определяют с помощью механического анализа.

Классификация почв по гранулометрическому составу, которая основывается на соотношении физической глины и физического песка, впервые разработана Н.М. Сибирцевым и в последующем усовершенствована Н.А. Качинским (табл. 17).

Гранулометрический состав почвы наследуют, за редким исключением, от почвообразующей (материнской) породы. Возможны изменения гранулометрического состава по профилю почвы в результате процессов оглинивания, оподзоливания и лессиважа.

Таблица 17. Классификация почв и пород по гранулометрическому составу (по Н.А. Качинскому)

Название почв по гранулометрическому составу	Содержание, %					
	физической глины (частицы диаметром менее 0,01 мм)			физического песка (частицы диаметром более 0,01 мм)		
	подзолистого типа почвообразования	степного типа почвообразования	солонцы и солонцеватые	подзолистого типа почвообразования	степного типа почвообразования	солонцы и солонцеватые
Песок рыхлый	0 – 5	0 – 5	0–5	100–95	100–95	100–95
–"– связанный	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 – 55	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	60 – 65	35 – 20	25 – 15	40 – 35
–"– тяжелая	> 80	> 85	> 65	< 20	< 15	< 35

**Значение гранулометрического состава почв.** Гранулометрический состав оказывает существенное влияние на процессы почвообразования и сельскохозяйственное использование почв. От гранулометрического состава зависят водопроницаемость, водоподъемная и водоудерживающая способность, содержание элементов питания, пористость, связность, липкость, пластичность, набухание и усадка, структурное состояние, поглощательная способность, ёмкость поглощения, твердость и сопротивление почв при обработке.

Гранулометрический состав – довольно устойчивый признак почвы, изменить его можно на небольших площадях. Для улучшения глинистых бесструктурных почв необходимо внесение 300-800 т/га песка. Для улучшения песчаных и супесчаных почв применяют глинование – внесение 300-800 т/га глинистых материалов.

## 6.1. Полевые методы определения гранулометрического состава почв

Для определения гранулометрического состава почв используют полевые (органолептические) и лабораторные методы (механический анализ).

Органолептически определяют гранулометрический состав при морфологическом описании почвенного профиля. Различают сухой и мокрый методы.

**Сухой метод.** Гранулометрический состав определяют визуально и на ощупь по следующим показателям: ощущение при растирании почвы на ладони, вид под лупой или без нее, состояние сухой почвы (табл. 18).

Таблица 18. Органолептические признаки почв различного гранулометрического состава

Группы почв по гранулометрическому составу	Ощущение при растирании почвы на ладони	Вид под лупой и без нее	Состояние сухой почвы
Песок	Песчаная масса	Состоит почти целиком из зерен песка	Сыпучее
Супесь	Неоднородная масса, в основном песок и слабо ощущается суглинок	Преобладают частицы песка, более мелкие частицы - примесь	Комочки слабые, легко раздавливаются
Суглинок легкий	Неоднородная масса, значительное количество глинистых частиц	Преобладает песок, глинистых частиц примерно 1/3	Комочки разрушаются с небольшим усилием
Суглинок средний	Примерно одинаковое количество песчаных и глинистых частиц	Еще ясно видны частицы песка	Сухие комья с трудом разрушаются в руке, намечается угловатость их форм
Суглинок тяжелый	Преобладают глинистые частицы, песчаных частиц небольшая примесь	Песчаных частиц почти нет, преобладают пылеватые глинистые частицы	Комья плотные угловатые, их невозможно разрушить сжатием в руке
Глина	Очень тонкая однородная масса, трудно растираемая в порошок	Однородный тонкий порошок, песчаных частиц нет	Комья очень плотные угловатые, твердые, не распадаются при ударе молотком

**Мокрый метод.** Образец растертой почвы увлажняют и перемешивают до тестообразного состояния, при котором почвы обладают наибольшей пластичностью. При определении гранулометрического состава карбонатных

почв вместо воды применяют 10% - й раствор HCl с целью разрушения карбонатов. Из подготовленной почвы на ладони скатывают шарик и пробуют раскатать его в шнур толщиной 3 мм, затем свернуть в кольцо диаметром 2-3 см. В зависимости от гранулометрического состава почвы показатели будут различны (табл. 19).

Таблица 19. Группировка почв по гранулометрическому составу

Группы почв по гранулометрическому составу	Признаки гранулометрического состава
Песок	Непластичная масса, не образует ни шарика, ни шнура
Супесь	Образует шарик, который раскатать в шнур не удастся. Получаются только зачатки шнура
Суглинок легкий	Раскатывается в шнур, который очень непрочен, легко распадается на части при раскатывании или при взятии в ладони
Суглинок средний	Пластичная масса, образует сплошной шнур, который разрушается при свертывании в кольцо
Суглинок тяжелый	Хороший пластичный материал, легко раскатывается в шнур и образует кольцо с трещинами
Глина	Липкая мажущаяся масса, образует длинный тонкий шнур, кольцо без трещин

## 6.2. Механический анализ

Наиболее распространенным методом анализа гранулометрического состава почв является метод пипетки. Механические элементы, особенно суглинистых и глинистых почв, находятся в агрегатированном состоянии, которое обуславливается поглощенными двухвалентными катионами в коллоидной части почвы. Чтобы определить гранулометрический состав почвы, необходимо разрушить агрегаты и перевести все механические элементы в раздельно - частичное состояние. Это осуществляется химическим и механическим воздействием на почву при подготовке ее к механическому анализу. Механическое воздействие производится путем растирания почвы пестиком с резиновым наконечником. Химическое воздействие заключается в замене

поглощенных кальция и магния на одновалентные катионы, что приводит к диспергированию почвы.

Принцип метода пипетки основан на зависимости между скоростью падения частиц и их диаметром. Если взмутить суспензию и оставить ее в спокойном состоянии, то постепенно взмученные частицы осядут. Быстрее будут осаждаться более крупные по размерам механические элементы как более тяжелые. Зная скорость осаждения механических элементов различного диаметра, можно брать пробы почвенной суспензии с определенной глубины через различное время после взмучивания и определить содержание механических элементов.

### *Ход анализа*

1. Навеску воздушно-сухой почвы 10 г, подготовленную к механическому анализу растиранием с раствором пирофосфата натрия ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ), помещают в фарфоровую чашку диаметром 10-12 см.
2. Приливают 4 %-й раствор пирофосфата натрия из расчета на каждые 10 г почвы: для засоленных и загипсованных – 20 мл; для карбонатных, глинистых и тяжелосуглинистых – 10 мл; для незасоленных, некарбонатных почв легкого гранулометрического состава – 5 мл.
3. Навеску почвы смачивают по каплям 4 %-м раствором пирофосфата натрия до тестообразного состояния и осторожно, без нажима, растирают в течение 10 мин пестиком с резиновым наконечником.
4. Добавляют остаток пирофосфата натрия и оставляют на 30 мин.
5. Приливают дистиллированную воду и размешивают тем же пестиком до состояния суспензии.
7. Суспензию сливают через сито с отверстиями 0,25 мм в цилиндр на 1000 мл для анализа.
8. Объем суспензии в цилиндре доводят дистиллированной водой до 1000 мл и анализируют методом пипетки.

Пробы берут специальной пипеткой (объемом 20 мл), смонтированной на штативе, нижнее отверстие пипетки запаяно, вместо него есть четыре боковых, что устраняет засасывание суспензии снизу.

Время отстаивания почвенной суспензии для взятия пробы

Диаметр частиц, мм	Глубина погружения пипетки, см	Время отстаивания суспензии при разных температурах		
		15 °С	20 °С	25 °С
0,01 и меньше	10	21 мин 45 с	19 мин 14 с	17 мин 06 с

Выше боковых отверстий на пипетке нанесена метка на уровне, до которого ее нужно погружать. На верхнем конце пипетки имеются два отверстия, перекрывающиеся кранами. Одним отверстием пипетка присоединяется к колбам, с помощью которых суспензия всасывается из цилиндра в пипетку и сливается из пипетки в тигель. Вторым отверстием пипетка соединена с колбой с дистиллированной водой, которой промывается пипетка после сливания пробы.

Пробу берут следующим образом: содержимое цилиндра взбалтывают мешалкой быстрыми движениями вверх в течение 1 мин. За 30 с до истечения срока отстаивания цилиндр ставят на штатив под пипетку, пипетку осторожно опускают на заданную глубину. Колбу аспиратора ставят вниз. За 10 с до истечения срока отстаивания открывают кран, соединяющий пипетку с аспиратором, и набирают в пипетку суспензию до метки. Кран нужно открывать постепенно и набирать пробу в пипетку в течение 20-30 с.

Пипетку осторожно вынимают из цилиндра. Колбу аспиратора ставят вверх, а колбу А вниз. Под пипетку подставляют заранее взвешенный фарфоровый тигель, открывают кран, соединяющий пипетку с аспиратором, и сливают суспензию, после чего кран закрывают. Пипетку промывают дистиллированной водой. Для этого открывают кран, соединяющий пипетку с

колбой В с дистиллированной водой, промывные воды сливают в тот же тигель.

Пробу выпаривают на песчаной бане до полного высыхания, затем сушат в сушильном шкафу до постоянной массы при 105 °С. Тигель с пробой остужают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах.

Результаты взвешивания записывают по форме 8.

Форма 8

Проба	Номер тигля	Масса пустого тигля, г	Масса тигля с пробой, г	Масса пробы, г
Меньше 0,01				

Количество физической глины (%) вычисляют по формуле

$$\text{ФГ} = \frac{a \cdot V \cdot K_r \cdot 100}{C \cdot b},$$

где  $a$  – масса пробы (масса тигля с пробой минус масса пустого тигля), г;

$V$  – объем суспензии в цилиндре, 1000 мл;

$b$  – объем взятой пробы, мл;

$K_r$  – коэффициент пересчета на сухую почву;

$C$  – масса почвы, г;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы.

Физический песок = 100 – ФГ.

По соотношению физической глины и физического песка дают основное название почвы по гранулометрическому составу, оформляют его графически циклограммой или профильным методом.

Пример расчета. Для определения гранулометрического состава чернозема выщелоченного взято 10 г воздушно - сухой почвы,  $K_r$  - 1,04, масса пробы ( $a$ ) – 0,0784 г,  $V$  – 1000 мл,  $b$  – 20 мл,  $C$  – 10 г.

$$0,0784 \cdot 1000 \cdot 1,04 \cdot 100$$

$$\text{Физическая глина} = \frac{\quad}{10 \cdot 20} = 40,8 \%$$

$$\text{Физический песок} = 100 - 40,8 = 59,2$$

Пользуясь данными табл. 10, называем почву по гранулометрическому составу: суглинок средний.

### Задания для самостоятельной работы

1. Дайте основное название по гранулометрическому составу чернозему обыкновенному, содержащему 48 % частиц меньше 0,01 мм.
2. Назовите по гранулометрическому составу серую лесную почву, содержащую 33 % частиц больше 0,01 мм.
3. Определите разновидность дерново-подзолистой почвы с 28 % частиц больше 0,01 мм.
4. Определите разновидность солонца, содержащего 68 % физической глины.
5. Дайте полное название почвы по гранулометрическому составу с использованием преобладающей фракции и определите потенциальную способность почвы к оструктуриванию.

Гранулометрический показатель структурности для гумусированных почв вычисляют по формуле

$$P_c = \frac{a + b}{c} \cdot 100 ,$$

где  $a$  – содержание ила, %;

$b$  – содержание мелкой пыли, %;

$c$  – содержание средней и крупной пыли, %.

Гранулометрический показатель структурности малогумусных почв:

$$P = \frac{a}{b + c} \cdot 100, \%$$

Чем выше значение величины  $P$ , тем больше потенциальная способность почвы к оструктуриванию.

Полное название почвы по гранулометрическому составу дают с учетом преобладающих фракций. Находят две преобладающие фракции и добавляют их название к основному, причем фракцию, которая абсолютно преобладает, ставят на последнее место в названии.

Пример. В пахотном слое черноземной почвы содержание песчаной фракции (1-0,05) – 7%, крупной пыли (0,05 - 0,01) – 44 %, средней пыли (0,01-0,005) – 11 %, тонкой пыли (0,005-0,001) – 6 %, ила (< 0,001) – 32 %, физической глины (< 0,01) – 49 %, физического песка – 51 %. Преобладают фракции ила (32 %) и крупной пыли (44 %), которые отражают в полном названии – тяжелосуглинистая иловато-крупнопылеватая.

б. Дайте полное название чернозему по гранулометрическому составу и его агроэкологическую оценку, вычертите график распределения механических элементов по профилю (данные табл. 20).

Таблица 20. Распределение механических элементов по профилю, %

Глубина, см	Размер механических элементов, мм					
	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	$\Sigma < 0,01$
0-10	13,41	42,35	7,12	7,96	29,16	44,24
10-20	13,02	42,56	6,29	9,05	29,32	44,66
20-30	13,40	44,69	5,89	9,35	26,70	41,91
35-45	16,23	47,48	8,06	7,83	20,40	36,29
80-90	12,07	54,07	5,41	6,76	21,69	33,86
140-150	12,00	51,59	8,08	7,15	21,18	36,41
0-10	17,55	39,81	5,32	9,89	27,43	42,64
10-20	15,97	41,01	8,01	7,42	27,59	43,02
20-30	16,07	42,16	4,77	9,54	27,46	41,77
36-46	13,63	44,63	8,00	6,61	27,13	41,74
65-75	20,73	43,62	6,51	7,32	21,82	35,63
110-120	13,73	47,46	6,21	8,70	23,90	38,81
145-155	20,67	47,09	6,44	5,74	20,06	32,24

7. Определите разновидность солонцов по четырехчленной шкале Н.А. Качинского и дайте агроэкологическую оценку гранулометрического состава почв по данным табл. 21.

8. По данным механического анализа определите разновидность почв и дайте агроэкологическую оценку их гранулометрического состава, вычертите график распределения механических элементов по профилю почвы и покажите особенности проявления почвообразовательного процесса по данным табл. 22.

Таблица 21. Гранулометрический состав солонцовых почв

Глубина, см	Содержание механических элементов, %, размером, мм						
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	< 0,01
Корково-столбчатый солонец							
0-5	37,1	17,2	29,0	7,9	6,3	2,5	16,7
5-10	7,3	5,7	30,2	12,1	12,7	32,0	56,8
10-20	7,8	5,2	25,0	9,5	15,0	37,5	62,0
20-30	4,7	4,2	24,2	9,0	19,0	38,5	66,5
30-40	2,7	5,7	23,4	9,8	21,6	36,8	68,2
40-60	0,6	5,1	23,6	11,6	21,1	38,0	70,7
60-80	0,7	2,4	28,9	12,5	21,9	33,6	68,0
Высокостолбчатый солонец							
0-9	13,7	39,2	17,8	8,2	10,9	10,2	29,3
9-19	10,7	26,8	18,1	3,6	9,6	31,2	44,3
22-32	6,5	18,6	17,1	17,0	6,5	34,2	57,7
50-60	6,1	35,0	18,2	4,0	7,4	29,3	40,7
90-100	11,5	48,3	8,8	3,2	5,0	23,1	31,3
Глубокостолбчатый солонец							
0-10	4,2	29,7	19,7	9,7	12,3	24,4	46,4
20-30	3,5	14,9	17,9	6,8	10,5	46,4	63,7
40-50	3,1	16,5	19,7	6,3	10,7	43,7	60,7
100-110	6,8	58,5	6,7	26,0	3,3	22,1	28,0

Таблица 22. Гранулометрический состав почв

Глубина, см	Содержание механических элементов, %, размером, мм					
	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	< 0,01
Чернозем оподзоленный						
0-10	8,06	42,35	9,41	11,36	28,82	49,59
22-32	8,50	44,41	9,65	10,42	27,02	47,09

34-44	8,34	43,40	9,73	9,12	29,41	48,26
54-64	8,70	44,83	6,73	7,75	31,99	47,47
83-93	9,18	46,57	7,44	7,13	29,68	44,25
111-121	9,73	49,81	9,27	7,85	23,34	40,46
150-160	7,81	52,66	8,14	8,00	23,39	39,53
Чернозем выщелоченный						
0-23	12,68	33,24	7,42	10,68	35,99	54,09
25-35	6,28	38,00	10,52	10,95	34,25	55,72
35-43	9,35	35,45	7,85	11,38	35,99	55,20
43-53	6,57	40,18	8,24	9,60	35,41	53,25
80-90	7,27	37,91	7,66	11,05	36,11	54,82
135-145	4,14	42,59	5,06	10,33	37,88	53,27
Дерново-подзолистая почва						
0-15	10,1	68,5	10,5	7,2	3,7	21,4
16-26	12,3	69,6	6,9	5,9	5,3	18,1
50-60	0,3	69,2	6,5	6,5	17,5	30,5
90-100	0,2	63,8	7,8	8,8	19,4	36,0
140-150	3,9	58,9	8,2	10,4	18,7	37,3
Серая лесная оподзоленная почва						
0-10	31,95	35,69	6,39	7,71	14,81	28,91
26-36	29,60	37,85	6,27	6,99	15,39	28,65
48-58	29,10	32,88	3,28	4,71	26,60	34,49
80-90	46,99	28,63	2,94	3,54	14,22	20,70
100-110	31,28	40,82	2,96	5,11	16,75	24,32
130-140	52,34	26,69	2,03	1,75	12,10	15,38
Солодь						
0-5	35,8	37,1	4,8	6,4	10,0	20,8
5-10	27,8	32,1	8,0	15,4	15,8	39,2
12-17	36,0	29,0	7,2	14,3	12,7	34,2
22-27	23,2	18,5	5,5	11,2	40,4	57,1
90-95	26,1	16,0	7,2	10,4	39,3	56,9
160-175	44,4	8,2	3,6	7,3	34,8	45,7

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что называется гранулометрическим составом почв, каковы принципы построения классификации почв по гранулометрическому составу?
2. Какие фракции механических элементов присутствуют в почве, в чем их различия по составу и свойствам?
3. Какие по размеру частицы называются пылью? Какими свойствами они обладают?

4. Как называются частицы почвы размером меньше 0,001 мм? Каков их состав и свойства?
5. Какие фракции механических элементов образуют физический песок и физическую глину?
6. Назовите основные разновидности почв по гранулометрическому составу.
7. Как дается почве основное и дополнительное название по гранулометрическому составу?
8. Назовите и кратко охарактеризуйте основные методы определения гранулометрического состава почвы.
9. В чем заключается принцип пипеточного метода определения гранулометрического состава почвы?
10. Как влияет гранулометрический состав почвообразующих пород на процессы почвообразования?
11. Какое влияние оказывает гранулометрический состав на агроэкологические свойства почв?
12. Какие почвы называют легкими, какие тяжелыми и почему?
13. Назовите более благоприятный гранулометрический состав для пшеницы и картофеля в условиях Новосибирской области.
14. Какими приемами можно регулировать гранулометрический состав песчаных, супесчаных и тяжелых глинистых почв?
15. Назовите методы определения гранулометрического состава почв (полевые и лабораторные).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Агрохимические* методы исследования почв. – М: Наука, 1975. – 656 с.
2. *Александрова Л.Н.* Органическое вещество почв и процесс его трансформации / Л.Н. Александрова.- Л.: Наука, 1980. – 287 с.
3. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина.- М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
4. *Биосфера:* загрязнение, деградация, охрана. Краткий толковый словарь. / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова, С.Я. Трофимов.- М.: Высш. шк., 2003. – 125 с.
5. *Бурлакова Л.М.* Сборник задач по курсу почвоведение / Л.М. Бурлакова.- Барнаул, 1979. – 48 с.
6. *Вадюнина А.Ф.* Методы исследования физических свойств почв / Л.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина.- М.: Агропромиздат, 1984. – 416 с.
7. *Воробьева Л.Н.* Химический анализ почв / Л.Н. Воробьева.- М.: Изд-во МГУ, 1998. – 272 с.
8. *Докучаев В.В.* Избранные сочинения / В.В. Докучаев. – М., 1954.- С.330
9. *Донских И.Н.* Метод. указания для самостоят. работы / И.Н. Донских.- Л., 1988. – 165 с.
10. *Общее* почвоведение / В.Г Мамонтов, Н.П. Панов, И.С. Кауричев., - М.: КолоС, 2006. – 456 с.
11. *Орлов Д.С.* Химия почв /Д.С. Орлов.- М.:Изд-во МГУ,1992. – 376 с.
12. *Почвоведение* / под ред. И.С. Кауричева.- М.: Агропромиздат, 1989. – 720 с.
13. *Почвоведение:* Практикум: учеб. пособие / Н.Ф. Ганжара, Б.А. Борисов. – М.: Инфра-М, 2014. -256 с.
14. *Практикум* по почвоведению / под ред. И.С. Кауричева.- М.: Агропромиздат, 1986. – 336 с.

15. *Практикум по агрохимии* / под ред. акад. РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во Моск.ун-та, 2001. – 687 с.
16. *Почвоведение: учеб. -метод. пособие для лаборатор. и самостоят. работ* / Новосиб. гос. аграр ун- т; сост. М.С. Сиухина. - Новосибирск, 2009. – 110 с.
17. *Почвоведение: метод. указания к выполнению лаборатор. работ/ сост. М.С. Сиухина.* - Новосибирск, 1986. 40с.;1996. - 32с.; 1999. – 30с.
18. *Почвоведение: метод. разработка для самостоят. работы /сост. М. С. Сиухина.* - Новосибирск, 1992. – 32 с.
19. *Почвоведение: метод. пособие для самостоят. работы / сост. М.С. Сиухина.* –Новосибирск, 2002. – 31с.
20. *Роде А.А.* Система методов исследования в почвоведении. - Новосибирск: Наука, 1971. – 92 с.
21. *Толковый словарь по почвоведению* / под. ред. А.А. Роде. – М.: Наука, 1975. –286 с.

## Содержание

Введение.....	4
1. Водные свойства почв.....	6
1.1. Определение полной влагоёмкости.....	9
1.2. Определение капиллярной влагоёмкости в лабораторных условиях .....	10
2. Влажность почвы.....	11
2.1. Определение полевой влажности почвы весовым методом.....	12
2.2. Определение гигроскопической влажности.....	13
2.3. Определение максимальной гигроскопической влажности по методу А.В. Николаева.....	15
Задания для самостоятельной работы.....	18
Вопросы и задания для самоконтроля.....	25
3. Анализ химического состава поливных вод и оценка их качества.....	26
4. Структура почвы.....	36
4.1. Агрегатный анализ почв по методу Н.И.Саввинова.....	37
4.2. Определение водопрочности почвенных агрегатов.....	38
4.3. Определение прочности агрегатов в спокойной воде (методом Н.Н. Никольского).....	40
Задания для самостоятельной работы.....	41
Вопросы и задания для самоконтроля.....	43
5. Общие физические свойства почв.....	45
5.1. Определение плотности твердой фазы почвы.....	45
5.2. Определение плотности почв.....	47
5.3. Вычисление пористости (скважности) почвы.....	49

Задания для самостоятельной работы.....	51
Вопросы и задания для самоконтроля.....	52
6. Гранулометрический состав почв.....	53
6.1. Полевые методы определения гранулометрического состава почв.....	56
6.2. Механический анализ.....	57
Задания для самостоятельной работ.....	61
Вопросы и задания для самоконтроля.....	64
Библиографический список.....	66

Добрянская Светлана Леонидовна

Почвоведение

Методическое пособие для выполнения  
лабораторно-практических занятий и  
самостоятельной работы

Объем 3,75 усл. п. л