

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Новосибирский государственный аграрный университет

## **Почвоведение**

Учебно-методическое пособие  
для лабораторных и самостоятельных работ

Новосибирск 2015



**УДК 631.4 (075)**

**ББК 40.3**

М.С. Сиухина, канд. с.-х. наук, доцент

*Рецензенты:* В.А. Андраханов, д-р биол. Наук (Институт почвоведения и агрохимии СО РАН); В.К. Баснак, канд. с.-х. наук, проф.

**Почвоведение:** учебно-методическое пособие для лабораторных и самостоятельных работ/ Новосиб. гос. аграр. ун-т; М.С. Сиухина. – Новосибирск, 2015 – 110 с.

В 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. Дана методика определения основных свойств почв, характеризующих их агроэкологические качества: влажность, общие физические и физико-механические свойства, агрегатный состав и почвенный раствор. Разработаны задания для самостоятельной работы и представлены вопросы для самоконтроля знаний.

Предназначено для студентов агрономического факультета всех направлений изучающих следующие дисциплины: Методы почвенных исследований, Почвоведение, Общее почвоведение, География почв, Агропочвоведение.

Рекомендовано к печати учебно-методическим советом агрономического факультета (протокол № 2 от 12 марта 2015 г.).



## ВВЕДЕНИЕ

*... Почва, как и любой растительный и животный организм, вечно живет и изменяется.*

*Всякий почин в изучении наших почв, откуда бы он ни исходил, всякий шаг по данному пути, как бы мал он ни был, заслуживает нашего полнейшего внимания и возможного содействия.*

В.В. Докучаев

*Всякий хозяин должен знать тот участок земли, на котором он работает.*

*... Если желательна поставить на прочные ноги русское сельское хозяйство, нужно изучить те основы, на которых оно зиждется. Одной из этих основ является почва.*

К.Д. Глинка

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 невозобновляемый 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, рас-



пределения органического вещества по профилю, гранулометрического состава, реакции и состава обменных катионов и др.

Настоящее пособие ставит своей целью помочь студентам приобрести навыки определения физико-химических свойств (реакции, состава катионов, ёмкости поглощения) гранулометрического состава, 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.

В пособии представлены лабораторные работы по изучению основных физических, физико-химических и других свойств почвы. Приведены примеры расчётов и решения практических задач основанных на использовании полученных данных анализа почв.

С целью проверки, закрепления теоретических знаний и практических навыков представлен ряд заданий и вопросов для самостоятельной работы студентов.

*ПЕРЕД ВЫПОЛНЕНИЕМ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ НЕОБХОДИМО ОБЯЗАТЕЛЬНО ИЗУЧИТЬ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО УЧЕБНИКАМ, ЛЕКЦИЯМ, НАУЧНОЙ И СПРАВОЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ (известкованию кислых и гипсованию солонцов).*



## ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### Цель дисциплины

Основная цель дисциплины «Почвоведение» - сформировать у студентов правильное представление о современных тенденциях развития почвоведения как науки, ознакомить студентов с системой знаний и методов исследования в области почвоведения. Приобрести практические навыки анализа почвенных свойств, режимов и функций, агроэкологической оценки земель. Показать прикладное значение знаний почвоведения применительно к другим дисциплинам специальностей «Агрономия» и «Агроэкология».

### Задачи дисциплины изучить:

- факторы почвообразования, происхождение, развитие и эволюцию почв;
- состав, физические, химические и физико-химические свойства почв и почвенные режимы;
- функции почв в биосфере;
- трансформацию почвенного покрова под влиянием сельскохозяйственного использования;
- приемы и методы мелиорации и рекультивации земель, регулирования почвенного плодородия и охраны почв;
- методику агроэкологической оценки почв.

*Требования к уровню освоения содержания дисциплины.*

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **Знать** основные этапы развития почвоведения; факторы почвообразования; общую схему почвообразовательного процесса; происхождение, состав, свойства минеральной и органической частей почвы; водные, воздушные, тепловые свойства и режимы почв; экологические функции почвы и показатели почвенного плодородия; особенности трансформации природных ландшафтов в агроландшафты; основные проблемы почвоведения и методы почвенных исследований.



- **Уметь** применять полученные знания и приобретенные навыки в практической деятельности, принимать правильные решения.

### Тематический план и распределение часов по темам и видам работ

№ п/п	Наименование разделов и тем	Количество часов			
		лекции	лаборат.- практич. занятия	самосто- ятельная работа	всего
1	2	3	4	5	6
1.	Раздел 1. Обще почвоведение				
	Введение. Предмет и задачи почво- ведения	2		2	4
	История развития почвоведения.	2		2	4
1.1. 1.2.	Общая схема почвообразовательного процесса. Морфологические призна- ки почв.	2	4	4	10
1.3.	Минеральная часть почвы.	4	4	2	10
1.4.	Химический состав почв.	2	4	2	8
1.5.	Роль организмов в почвообразова- нии.	2		2	4
1.6.	Органическая часть почвы.	3	4	4	11
1.7.	Почвенные коллоиды и поглоти- тельная способность почв.	3	8	4	15
1.8.	Структура почв	2		2	4
1.9.	Физические и физико-механические свойства почв	2	4	2	8
1.10.	Водные свойства, водный режим, водный баланс.	4	4	4	12
1.11.	Почвенный раствор и ОВ процессы в почвах	2	4	4	10
1.12.	Воздушные свойства и воздушный режим почв.			Семи- нар 4	4
1.13.	Тепловые свойства и тепловой ре- жим почв				
1.14.	Плодородие почв	2		2	4



1	2	3	4	5	6
Раздел 2. Генезис, характеристика, классификация, география и сельскохозяйственное использование почв					
2.1.	Учение о генезисе и эволюции почв.	2		4	6
2.2.	Принципы классификации почв, номенклатура почв.				
2.3.	Почвы таежно-лесной зоны.	2	2	4	8
2.4.	Бурые лесные почвы широколиственных лесов.	2	2	2	6
2.5.	Серые лесные почвы лесостепной зоны.	2	4	2	8
2.6.	Черноземы лесостепной и степной зон.	2		6	8
2.7.	Почвы зоны сухих степей.	2	2	2	6
2.8.	Солончаки, солонцы, солоди.	1		2	3
2.9.	Почвы пойм.	1		2	3
2.10.	Почвы горных областей. Вертикальная зональность.			2	2
2.11.	Почвенный покров зоны обследуемой вузом (Почвы новосибирской области).	2	2	6	10
2.12.	Эрозия почв.	2		2	4
2.13.	Земельные ресурсы России, их использование. Бонитировка. ПЭи.	2		4	6
2.14.	Почвенные карты и картограммы, их использование в сельскохозяйственном производстве.		2	2	4
2.15.	Агроэкологическая оценка, типология и классификация земель.		2	2	4
2.16.	Экологические и глобальные функции почв. Почвенный мониторинг.	2		4	6
	Курсовая работа			40	40
	Итого	54	52	128	234
	Учебная (полевая) практика		36		36

Форма контроля: зачет;  
курсовая работа;  
экзамен.



## ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ

Для выполнения лабораторных анализов отбирают образцы почвы.

### Правила отбора образцов

*Методика отбора почвенных проб зависит от целей исследования.*

В зависимости от целей исследований берут несколько видов почвенных образцов:

- по генетическим горизонтам почвы;
- индивидуальные и смешанные образцы для массовых анализов;
- образцы с ненарушенным сложением.

Образцы берут из всех генетических горизонтов слоем 10 см, массой 500-1000 г.

Первым берут образец из самого нижнего горизонта (материнской породы), затем из вышележащего и т.д. Техника отбора: находят середину каждого горизонта и от нее отступают вверх и вниз по 5 см, наносят на стенку разреза границы слоев, из которых отбирают образцы. Из пахотного горизонта образец берут на всю его мощность (рис. 1). Из гумусового горизонта образцы отбирают послойно (каждые 10 см). Если горизонты растянуты более 50 см, из них нужно брать по два образца. Из горизонта, мощность которого менее 10 см, образец берут на всю его мощность, отступив 1-2 см переходных к другим горизонтам. Взятую почву переносят в мешочки и вкладывают в них заполненную простым карандашом этикетку следующего образца:

Область \_\_\_\_\_

Район \_\_\_\_\_

Хозяйство \_\_\_\_\_

Разрез № \_\_\_\_\_, горизонт \_\_\_\_\_, глубина взятия образца \_\_\_\_\_ см,

Название почвы \_\_\_\_\_, дата \_\_\_\_\_, подпись почвовед \_\_\_\_\_.

Заполненную этикетку складывают надписью внутрь и завязывают вместе с образцом так, чтобы она не соприкасалась с почвой.



Глубина взятия образцов, см

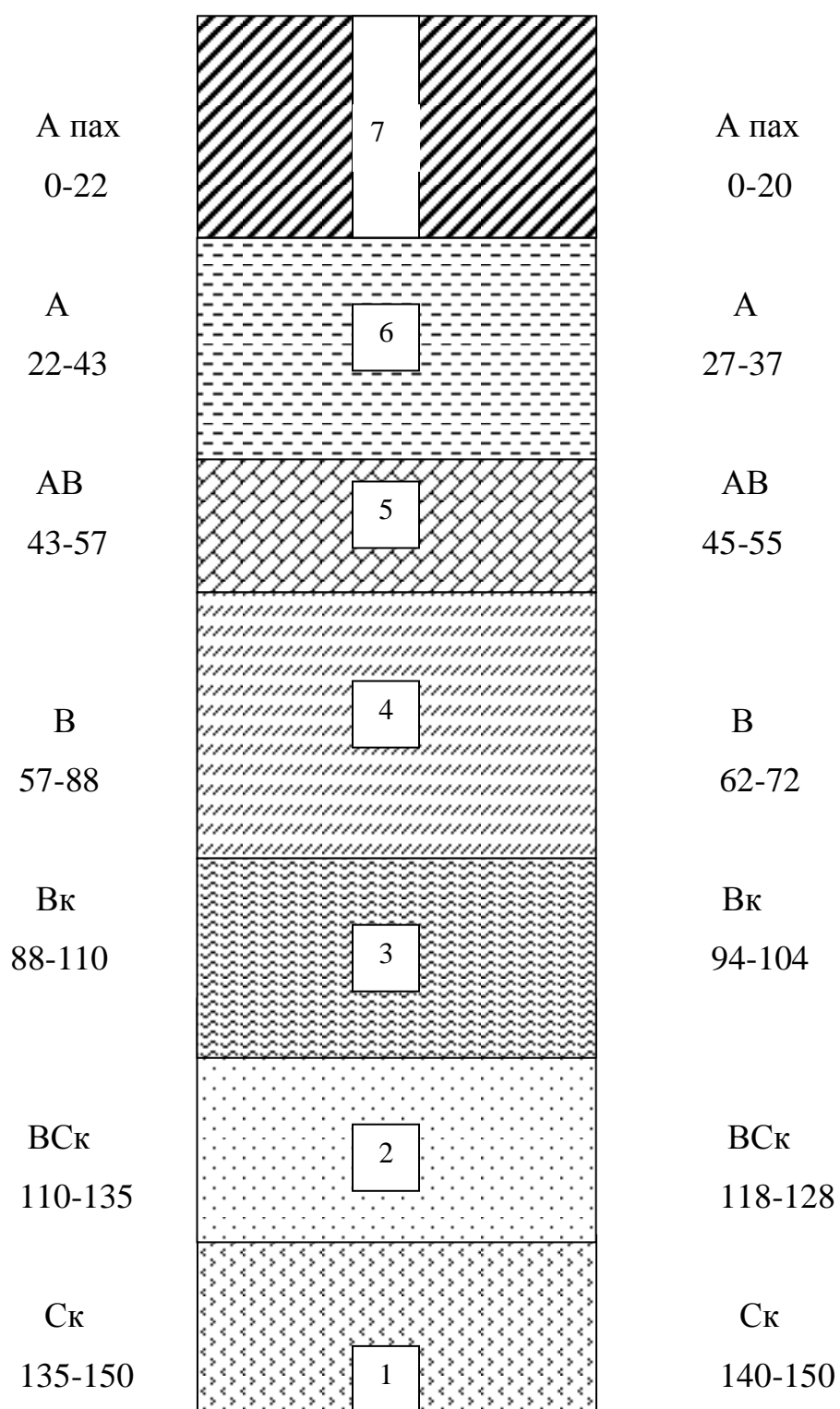


Рис. 1. Схема отбора почвенных образцов по генетическим горизонтам.



## ПОДГОТОВКА ПОЧВЫ К АНАЛИЗУ

О свойствах исследуемых почв судят по результатам анализа. Поэтому очень важно не только правильно взять образцы почвы в поле, но и умело подготовить их к анализу. Большинство анализов проводят с образцами почвы, просушенной до воздушно-сухого состояния.

После отбора почвенные пробы высушивают до воздушно-сухого состояния в чистом, сухом, хорошо проветриваемом помещении, не содержащем в воздухе пыли и газов ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$  и др.), насыпав почву на чистые листы бумаги тонким слоем. Крупные комки почвы в образце раздавливают руками, тщательно отбирают корни и различные включения. Высушенную почву измельчают в специальных мельницах или фарфоровой ступке и просеивают через сито с отверстиями 1 мм. Сито необходимо брать с поддоном и крышкой. Подготовленную таким образом почву ссыпают в картонную коробку, помещают в нее этикетку, на которой указано место отбора, номер разреза, название почвы, горизонт и глубина взятия образца. Для удобства работы в лаборатории каждому образцу почвы присваивают регистрационный номер, который наклеивают на стенку коробки снаружи.

В состоянии естественной влажности почвы анализируют в тех случаях, когда оценивают свойства, изменяющиеся в зависимости от влажности. Например, во влажных образцах определяют содержание нитритов, нитратов, двухвалентного железа.

Для определения структуры и водопрочности агрегатов нужны образцы сухой почвы без предварительного измельчения.

Для определения гранулометрического состава, содержания гумуса и азота требуется специальная подготовка, которая будет представлена в соответствующих разделах.



## ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ

**Основные понятия.** Почва как многофазная, полидисперсная система способна поглощать и удерживать воду. *Содержание влаги в процентах к массе сухой почвы (высушенной при 105 °С) характеризует влажность почвы.* Её можно выражать и в процентах от объема, в м<sup>3</sup>/га, мм 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, формирование 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.

### **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) взвесить на технохимических весах.
2. Образец исследуемой почвы 10-20 г поместить в бюкс, закрыть крышкой и снова взвесить.
3. Бюкс с почвой открыть, крышку надеть на дно бюкса и поместить в сушильный шкаф при температуре 100-105 °С и сушить до постоянного веса.
4. Теплый бюкс с почвой закрыть крышкой, перенести в эксикатор, на дне которого находится хлористый кальций.
5. после охлаждения в эксикаторе бюкс взвесить.

Влажность почвы, %, вычислить 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.

Таблица 1. Границы полевой влажности (%) для пригодности к обработке различных типов почв

Типы почв	Пригодная для обработки граница влажности		Агротехнически допустимая влажность
	нижняя, глыбообразования	верхняя, залипания	
Дерново-подзолистые	11	22	12-21
Серые лесные	14	24	15-23
Черноземы	13	25	15-24
Каштановые	12	24	13-23

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИГРОСКОПИЧЕСКОЙ ВЛАЖНОСТИ

### Основные понятия.

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.** Навеска воздушно-сухой почвы высушивается в сушильном шкафу при 105 °С и взвешивается.

### **Ход анализа**

1. Высушенный в сушильном шкафу бюкс взвесить на аналитических весах.
  2. В бюкс на аналитических весах взять навеску около 5 г воздушно-сухой почвы.
  3. Бюкс с почвой (при открытой крышке) поместить в сушильный шкаф на 5 часов при температуре 105 °С.
  4. После высушивания бюкс закрыть крышкой, охладить в эксикаторе с  $\text{CaCl}_2$  и взвесить на аналитических весах.
- Результат анализа записать 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			
		b	d	e	a (d – e)	c (e – b)	W <sub>Г</sub>

Гигроскопическую влажность (W, %) вычисляют по формуле:

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

где a – масса испарившейся воды, г;

c – масса сухой почвы, г.

Коэффициент гигроскопичности вычисляют по формуле:

$$K_{\Gamma} = \frac{100 + W_{\Gamma}}{100},$$

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

### 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 влажности завядания и общего содержания 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  $100-105\text{ }^{\circ}\text{C}$  и охлажденный в эксикаторе с  $\text{CaCl}_2$  на дне бюкс взвесить на аналитических весах.
2. Поместить в этот бюкс  $10\text{ г}$  воздушно-сухой почвы.
3. Открытый бюкс с почвой поместить в эксикатор, на дне которого находится насыщенный раствор  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . В эксикаторе создается влажность около  $98-99 \%$ . Эксикатор плотно закрыть крышкой, поставить в темное место с относительно постоянной температурой.
4. По достижении максимального насыщения почвы парообразной влагой бюкс с почвой взвесить на аналитических весах.
5. Поставить в сушильный шкаф и высушить при  $t\ 105\text{ }^{\circ}\text{C}$  до постоянной массы, охладить и взвесить на аналитических весах.

Результаты анализа записать 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

Количество максимальной гигроскопической влажности (%) 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.

$$ВЗ = МГ \cdot 1,5$$

$$ЗТВ = ВЗ \cdot Н \cdot d_v$$

$$ОЗВ = W \cdot Н \cdot d_v$$

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

$$ЗПВ = (W - ВЗ) \cdot Н \cdot d_v$$

$$ЗПВ = ОЗВ - ЗТВ ,$$

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;

Н – 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:

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

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.

$$ЗВ = W_1 \cdot Н_1 \cdot d_{v1} + W_2 \cdot Н_2 \cdot d_{v2} + ..... + W_n \cdot Н_n \cdot d_{vn} ,$$

где W<sub>1</sub> , Н<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).

Таблица 2

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 г/см<sup>3</sup>.
6. Определите запас продуктивной влаги в пахотном слое (0-22 см) чернозема выщелоченного имеющего полевую влажность 26 %, влажность завядания 9,5 %, плотность 1,05 г/см<sup>3</sup>.
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 г/см<sup>3</sup>.
8. Определите запас продуктивной влаги в метровой толще чернозема оподзоленного имеющего полевую влажность 24 %, влажность завядания 8.5 %, плотность 1,45 г/см<sup>3</sup>.
9. Чернозем выщелоченный среднегумусный среднемощный, посев кукурузы на силос. Запас влаги в почве перед посевом в слое 0-100 см 215 мм, перед уборкой 155, осадки за вегетационный период 155 мм. Определите общий расход влаги (в м<sup>3</sup>/га и мм).
10. Чернозем обыкновенный среднемощный малогумусный среднесуглинистый, посев яровой пшеницы. Запас влаги в почве перед посевом в слое 0-100 см 360 мм, перед уборкой 210 мм, осадки за вегетационный период 190 мм. Определите общий расход влаги (в мм и м<sup>3</sup>/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 НСО.
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 таблицы 3.



Таблица 3

Глубина, см	d <sub>v</sub> , 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

### Вопросы и задания 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. Расскажите о грунтовых водах и их влиянии 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. Укажите 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?

## **СТРУКТУРА ПОЧВЫ**

**Основные понятия.** 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 различать 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 корне-



вой 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.

### **АГРЕГАТНЫЙ АНАЛИЗ ПОЧВ ПО МЕТОДУ Н.И. САВВИНОВА**

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

**Цель занятия.** 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 А – содержание данной фракции почвенных агрегатов, %;

С – масса агрегатов данного диаметра, г;

б – масса пробы взятой для анализа, г.

Результаты записывают в форму 4.



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

Коэффициент структурности (К) вычисляют по формуле:

$$K = C / B,$$

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

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

Чем больше К, тем лучше оструктурена почва.

### 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 переворачивают 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.

Форма 5

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



Водопрочность агрегатов (А) 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 таблицы 4.

Таблица 4. 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

### Задания для самостоятельной работы

Используя данные таблиц, выполнить следующие задания.

1. Рассчитать коэффициент структурности и оценить изменение структурного состояния почвы в результате сельскохозяйственного использования.
2. Оценить водопрочность почвенной структуры и ее изменение в результате сельскохозяйственного использования по данным таблицы 5.



Таблица 5. Агрегатный состав почв

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

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

3. Дать сравнительную характеристику структурного состояния почв по данным таблиц 6 и 7.

Таблица 6. Агрегатный состав черноземов выщелоченных среднесуглинистых учхоза «Тулинское» (по М.С. Сиухиной, С.Л. Быковой)

Вариант	Глубина образца, см	Содержание агрегатов, %, размером, мм						К 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 7. 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 мм; 3-1 мм; 1-0,25 мм; 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 образуется 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?



## ОБЩИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

**Основные понятия.** 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.*

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ПОЧВ

*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 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 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 налить до метки заранее прокипяченную и охлажденную дистиллированную воду, обтереть пикнометр снаружи фильтровальной бумагой, взвесить на аналитических весах.
  2. На аналитических весах на кальке взвесить 10 г почвы.
  3. Воду из пикнометра вылить в стакан, а в пикнометр через сухую воронку высыпать навеску почвы. Оставшиеся на воронке и стенках пикнометра частицы почвы смыть дистиллированной водой в пикнометр и довести его объём до половины.
  4. Почву с водой в пикнометре перемешать (аккуратно взбалтывая), прокипятить 15 минут с момента закипания для удаления воздуха. Необходимо следить, чтобы не было выбросов воды с почвой из пикнометра.
  5. После кипячения пикнометр с содержимым охладить до комнатной температуры, долить прокипяченной дистиллированной водой до метки, вытереть снаружи фильтровальной бумагой и взвесить на аналитических весах.
- Нужно следить, чтобы температура пикнометра с водой и почвой была одинаковой с первоначальной температурой пикнометра с водой.
- Результаты записать 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>
A	C	B	d

Плотность твердой фазы, г/см<sup>3</sup>, вычисляют по формуле:

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



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОЧВ

**Основные понятия.** *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*. Равновесная плотность не всегда является оптимальной для сельскохозяйственных культур.

*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>.*

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.



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. Вычислить объем металлического цилиндра по формуле:  $V = \pi \times r^2 \times h$ , где  $V$  – объем цилиндра, см<sup>3</sup>;



$\pi - 3,14$ ;

$r$  – радиус цилиндра, см;

$h$  – высота цилиндра, см.

2. Взвесить цилиндр на технохимических весах.

3. В цилиндр насыпать почву до краев, уплотняя ее по мере насыпания, постукивая цилиндр о ладонь руки.

4. Взвесить цилиндр с почвой на тех же весах.

Результаты записать в форму 7.

Форма 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 <sub>v</sub>

Плотность почвы вычисляют по формуле:

$$d_v = \frac{C}{V} \cdot K_g,$$

где  $K_g$  – коэффициент гигроскопичности.

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

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

$M$  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;  $M = 1,1 \times 20 \cdot 100\,000\,000 = 2\,200\,000\,000$  г = 2200 000 кг = 2 200 т.



## ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОРИСТОСТИ (СКВАЖНОСТИ) ПОЧВЫ

*Пористость почвы – суммарный объем всех пор между твердыми частицами и структурными агрегатами в единице объема почвы.* Пористость выражают в % 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 %.

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

Для оценки общей пористости пахотного слоя суглинистых и глинистых почв используют шкалу 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 % 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. Вычислить 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 таблицу 8 и определите какие по генезису почвы представлены, если они характеризуются следующими показателями:



Таблица 8. Общие физические свойства почв

Глубина, см	dv	d	Р общ, %	dv	d	Р общ, %	dv	d	Р 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 оказывает 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 А <sub>1</sub> – 55 %	А <sub>1</sub> – 60 %
В <sub>1</sub> – 46 %	В <sub>1</sub> – 60 %



7. Дать 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 изменится  $d_v$ ,  $d$ ,  $P_{\text{общ}}$ ?
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?



## ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ

### *Основные понятия.*

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. 9).

Таблица 9. 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 основана на соотношении физической глины и физического песка, впервые разработанная Н.М. Сибирцевым и в последующем усовершенствованная Н.А. Качинским (табл. 10).

Таблица 10. 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	солонча и солонцеватых	подзолистого типа почвообразования	степного типа почвообразования	солонча и солонцеватых
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

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.

**Значение гранулометрического состава почв.** Гранулометрический состав оказывает существенное влияние на процессы почвообразования и сельско-



хозяйственное использование почв. От гранулометрического состава зависят водопроницаемость, водоподъемная и водоудерживающая способность, содержание элементов питания, пористость, связность, липкость, пластичность, набухание и усадка, структурное состояние, поглонительная 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 применяют глинование внесением 300-800 т/га глинистых материалов.

### **МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ**

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

#### **Полевые методы**

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. 11).



Таблица 11. 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% 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. 12).



Таблица 12. 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

### МЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

**Принцип метода.** Наиболее распространенным методом анализа механического 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 раздельночастичное 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 бу-



дут 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

Подготовка почвы к механическому анализу растиранием с раствором пирогосфата натрия ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ).

1. Навеску воздушно-сухой почвы 10 г помещают в фарфоровую чашку диаметром 10-12 см.
2. Приливают 4 %-ный раствор пирогосфата натрия из расчета на каждые 10 г почвы: для засоленных и загипсованных – 20 мл; для карбонатных, глинистых и тяжело суглинистых – 10 мл; для незасоленных, некарбонатных почв легкого гранулометрического состава – 5 мл.
3. Навеску почвы смачивают по каплям 4 %-ным раствором пирогосфата натрия до тестообразного состояния и осторожно без нажима растирают в течение 10 мин пестиком с резиновым наконечником.
4. Добавляют остаток пирогосфата 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.

### Время отстаивания почвенной суспензии для взятия пробы

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



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

Выше боковых отверстий на пипетке нанесена метка на уровне, до которого нужно погружать ее. На верхнем конце пипетки имеется 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 наверх, 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.



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

Количество физической глины в процентах вычисляют по формуле:

$$\Phi Г = \frac{a \cdot V \cdot K_{\Gamma} \cdot 100}{C \cdot b},$$

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;

$K_{\Gamma}$  – коэффициент пересчета на сухую почву;

$C$  – масса почвы, г;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы.

Физический песок = 100 –  $\Phi Г$ .

По соотношению физической глины и физического песка дают основное название почвы по гранулометрическому составу, оформляют его графически циклограммой или профильным методом (рис. 2).

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

$$\text{Физическая глина} = \frac{0,0784 \cdot 1000 \cdot 1,04 \cdot 100}{10 \cdot 20} = 40,8 \%$$

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

Пользуясь данными таблицы 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. Определить 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 а – содержание ила, %;

б – содержание мелкой пыли, %;

с – содержание средней и крупной пыли, %.

Гранулометрический показатель структурности малогумусных почв:

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

Чем выше значение величины Р, 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 – тяжело суглинистая иловато-крупнопылеватая.

6. Дайте полное название черноземам по гранулометрическому составу и его агроэкологическую оценку, вычертите график распределения механических элементов по профилю (данные таблицы 13).

Таблица 13.

Глубина, см	Размер механических элементов, мм; их содержание, %					
	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 таблицы 14.



Таблица 14.

Глубина, см	Размер механических элементов, мм; их содержание, %						
	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

8. По данным механического анализа определить разновидность почв и дать агроэкологическую оценку их гранулометрического состава, вычертить график распределения механических элементов по профилю почвы и показать особенности проявления почвообразовательного процесса по данным таблицы 15..



Таблица 15.

Глубина, см	Размер механических элементов, мм; их содержание, %					
	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?



## ГУМУС ПОЧВЫ

**Основные понятия.** Органическое вещество почвы состоит из органических остатков (корешков и наземного опада) и гумуса. Источником гумуса являются органические остатки высших растений, микроорганизмов и животных, обитающих в почве. Превращение органических остатков в гумус – совокупность процессов *трансформации* органических веществ в почве: их разложение, минерализация, гумификация, взаимодействие органических веществ с минеральной частью почвы, миграция и аккумуляция органических и органо-минеральных соединений.

**Минерализация** – распад органических остатков до конечных продуктов: воды, диоксида углерода, азота и элементов зольного питания растений (P, S, Ca, K и др.).

**Гумификация** – совокупность биологических, химических и физико-химических процессов трансформации продуктов разложения органических остатков в гумусовые кислоты почвы.

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

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГУМУСА МЕТОДОМ И.В. ТЮРИНА В МОДИФИКАЦИИ В.Н. СИМАНОВА

**Принцип метода.** Метод И.В. Тюрина основан на окислении углерода гумуса 0,4 н. раствором бихромата калия, приготовленного на серной кислоте, разведенной водой 1 : 1 (хромовая смесь). По количеству хромовой смеси, пошедшей на окисление органического углерода, судят о его количестве.

**Значение анализа.** Гумус играет значительную роль в почвообразовании и плодородии почв. Гумус является одним из основных показателей плодородия



дия почвы: по мере его разложения в почвенный раствор поступает азот и элементы зольного питания растений. Гумус обладает большой поглощательной способностью и обуславливает буферные свойства почвы, препятствуя резким изменениям реакции среды. Он является важнейшим фактором образования водопрочной, агрономически ценной структуры, улучшая тем самым водно-воздушные свойства почвы.

Прямых методов определения общего количества гумуса в почве нет, определяют общее количество углерода, входящего в состав гумуса.

Методы определения углерода органических веществ почвы в почвоведении называют методами «определения гумуса».

### **Подготовка почвы для анализа**

При подготовке почвы к анализу тщательно отбирают корешки и все органические остатки, чтобы исключить органические вещества негумусовой природы.

Почву в коробке перемешивают и берут пробу около 1 г, высыпают на лист бумаги, разравнивают тонким слоем и тщательно отбирают пинцетом корешки и органические остатки. В процессе отбора корешков почву несколько раз перемешивают и вновь расстилают тонким слоем. Чистоту отбора корешков следует проверить лупой. После отбора корешков почву растирают в фарфоровой ступке и просеивают через сито с диаметром отверстий 0,25 мм.

### **Ход анализа**

1. Из подготовленной почвы взять навеску на аналитических весах. Размер ее зависит от содержания гумуса в почве: чем его больше, тем навеска меньше (табл. 16). Приблизительно содержание гумуса в почве можно оценить по ее окраске.

Таблица 16. Навеска почвы в зависимости от предполагаемого содержания гумуса и ее окраски

Окраска почвы	Содержание гумуса, %	Навеска почвы, г
Черная	7 – 10	0,1
Темно-серая	4 – 7	0,2



Серая	2 – 4	0,3
Светло-серая	1 – 2	0,4
белесая	0,5 – 1	0,5

2. Навеску почвы осторожно высыпают на дно колбы объемом 100 мл.
3. В колбу с почвой приливают из бюретки 10 мл 0,4 н. хромовой смеси, затем содержимое осторожно перемешивают круговыми движениями колбы.
4. В горло колбы вставляют маленькую воронку, которая служит холодильником, ставят колбу на асбестовую сетку и нагревают в ней жидкость. По мере нагревания из жидкости будут выделяться пузырьки CO<sub>2</sub>. Необходимо отметить начало закипания и умеренно кипятить в течение 5 мин. Не допускать бурного кипения, сопровождающего выделением паров через воронку. При сильном продолжительном кипении увеличивается концентрация серной кислоты, что может привести к разложению хромовой кислоты, а отсюда и к неверным результатам анализа.

При нагревании происходит окисление органического углерода до CO<sub>2</sub>, что можно представить уравнением:



5. После кипячения колбе дают остыть, затем из промывалки дистиллированной водой обмывают воронку и стенки колбы, доведя объем до половины.
6. К полученному раствору прибавляют 5 капель фенилантраниловой кислоты, тщательно перемешивают и титруют раствором соли Мора до перехода окраски раствора из бурого в зеленый.

В начале титрования жидкость приобретает темно-красно-фиолетовую окраску, которая перед концом титрования переходит в синюю. После появления синей окраски соль Мора прибавляют по каплям и тщательно размешивают титруемую жидкость до перехода синей окраски в зеленую. При титровании солью Мора избытка бихромата калия (не израсходованного на окисление гумуса) реакция идет по уравнению:



Отмечают и записывают количество миллилитров соли Мора, пошедшее на титрование остатка бихромата калия.



7. Необходимо установить, сколько соли Мора пойдет на титрование 10 мл раствора бихромата калия - холостое определение, выполняя все те же операции, только вместо навески почвы в колбу с 10 мл бихромата калия добавляют прокаленную пемзу (0,1-0,3 г) для равномерного кипения.

Результаты анализа записать в форму 9.

Форма 9

Тара + навеска, г	Масса тары, г	Навеска возд.-сухой почвы, г	Объем соли Мора, мл		Содержание, % от массы сухой почвы	
			для холостого титрования	для титрования образца	общего углерода	гумуса
		m	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	C	A

Содержание органического углерода (C), % от массы сухой почвы, вычисляют по формуле:

$$C = \frac{(V_1 - V_2) \cdot N \cdot 0,003 \cdot K_g \cdot 100}{m},$$

где V<sub>1</sub> – объем соли Мора, пошедший на холостое титрование, мл;

V<sub>2</sub> – объем соли Мора, пошедший на титрование анализируемого образца, мл;

N – нормальность раствора соли Мора;

0,003 – молярная масса эквивалента углерода, г/моль;

K<sub>г</sub> – коэффициент гигроскопичности для пересчета на абсолютно сухую навеску почвы;

m – навеска воздушно-сухой почвы, г.

Для нахождения количества гумуса содержание органического углерода умножают на коэффициент 1,724, исходя из того, что в среднем 1 г углерода соответствует 1,724 г гумуса.

Зная процентное содержание гумуса, можно рассчитать его запасы, т/га.

$$\text{Запасы гумуса т/га} = A \cdot h \cdot d_v,$$

где A – содержание гумуса, %;



$h$  – мощность слоя, см;

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

### Задания для самостоятельной работы

1. Рассчитайте запасы гумуса (т/га) в пахотном слое (0-20 см) серой лесной почвы при его содержании 3,5 % и плотности почвы 1,2 г/см<sup>3</sup>.
2. Рассчитайте запасы гумуса (т/га) в пахотном слое (0-22 см) чернозема выщелоченного, если его содержание составляет 6 %, плотность почвы – 1,1 г/см<sup>3</sup>.
3. Определите запасы гумуса в почвах, если они имеют следующие показатели:

Содержание гумуса, %	0,6	1,3	0,7	2,5	2,8	3,5	4,2	5,5	6,0	6,5	7,0
Мощность гумусового слоя, см	15	10	12	18	30	30	35	20	25	22	25
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,5	1,4	1,35	1,4	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1,15	1,05

4. Какое количество гумуса образуется, если в почву поступает:

4.1. Навоз твердый – 50 т/га;

4.2. Навоз жидкий (92 % влажность) – 250 т/га;

4.3. навоз полужидкий (85 % влажность) – 150 т/га;

4.4. Торфонавозный компост – 50 т/га;

4.5. Солома – 2 т/га;

4.6. Корневые и пожнивные остатки яровой пшеницы – 3 т/га;

4.7. Корни и стерня ячменя – 3,2 т/га;

4.8. Корни многолетних злаковых трав – 2,5 т/га;

4.9. Корни многолетних бобовых трав – 4 т/га;

4.10. Корни и стерня люцерны – 5 т/га.

5. В пахотном слое (0-20 см) чернозема оподзоленного с плотностью 1,12 г/см<sup>3</sup> содержится гумуса 7%, валового азота – 0,35, валового фосфора – 0,20%. Рассчитайте их запасы.



6. В пахотном слое (0-20 см) дерново-подзолистой почвы с плотностью 1,3 г/см<sup>3</sup> содержится гумуса 3 %, валового азота – 0,2, валового фосфора – 0,15%. Рассчитайте их запасы.

7. Пахотный слой (0-25 см) чернозема выщелоченного имеет плотность 1,05 г/см<sup>3</sup>, содержание гумуса – 8,5 %, азота – 0,45, фосфора – 0,3 %. Рассчитайте их запасы.

8. В пахотном слое (0-22 см) темно-серой лесной почвы с плотностью 1,15 г/см<sup>3</sup> гумуса содержится 7 %, валового азота – 0,35, валового фосфора – 0,2%. Рассчитайте их запасы.

9. Рассчитайте баланс гумуса для следующих условий (табл.17), используя коэффициенты гумификации и минерализации, представленные в таблице 18 и 19.

Таблица 17.

Севооборот	Урожай, ц/га	Внесено навоза, т/га
1	2	3
Засушливая зона (Кулунда)		
1. Пар чистый	0	50
2. Пшеница яровая	25	
3. Пшеница яровая	20	
4. Ячмень + многолетние травы	20	
5. Многолетние травы 1-го года	40	
6. Многолетние травы 2-го года	40	
1. Пар сидеральный (рапс)	100	50
2. Пшеница	25	
3. Ячмень	25	
4. Кукуруза на силос	200	
5. Овес	20	
1. Однолетние травы (вика + овес)	150	
2. Кукуруза на силос	220	
3. Ячмень	25	
4. Рапс (зеленый корм)	120	
1. Кукуруза на силос	200	30
2. Яровая пшеница	25	
3. Яровая пшеница	20	
4. Овес	20	



1. Горох	15	
2. Яровая пшеница + донник	20	
3. Пар сидеральный (донник)	100	
4. Яровая пшеница	25	
5. Яровая пшеница	20	
1	2	3
Влажная зона (Присалаирье)		
1. Пар донниковый (зеленое удобрение)	150	
2. Озимая рожь	30	
3. Пшеница яровая	28	
4. Кукуруза на силос	300	
5. Ячмень + донник	25	
1. Пар чистый	0	80
2. Озимая пшеница	35	
3. Яровая пшеница	30	
4. Горох	20	
5. Ячмень, овес	20	
1. Однолетние травы + многолетние травы	250	
2. Многолетние травы 1 –го года	50	
3. Многолетние травы 2 –го года	50	
4. Подсолнечник на силос	250	
5. Овес, ячмень	25	
1. Пар чистый	0	50
2. Озимая рожь	35	
3. Пшеница с подсевом многолетних трав	30	
4. Многолетние травы 1 –го года (бобовые)	75	
5. Многолетние травы 2 –го года	75	
6. Лен	4	
7. Овес	20	
Заболоченная засоленная лесостепь (Бараба)		
1. Пар донниковый (зеленое удобрение)	120	
2. Озимая рожь	30	
3. Пшеница яровая	25	
4. Подсолнечник + кукуруза (силос)	250	
5. Овес	20	
1. Пар чистый	0	70
2. Пшеница	30	
3. Ячмень	25	
4. Овес	20	
1. Пар чистый	0	
2. рожь	30	
3. Пшеница яровая	25	
4. Пшеница яровая	20	
5. Овес	20	



1. Кукуруза на силос	250	
2. Яровая пшеница	25	
3. Яровая пшеница с подсевом донника	20	
4. Донник на сидерат	150	
5. Яровая пшеница	250	
1	2	3
6. Горох	15	
7. Овес	20	
Овощные севообороты		
1. Капуста	400	
2. Столовые корнеплоды (морковь, свекла)	300	
3. Томат	150	
4. Лук	200	
1. Капуста	400	
2. Картофель ранний	150	
3. Огурец	120	
4. Лук	250	
1. Многолетние травы 1-го года	60	
2. Многолетние травы 2-го года	60	
3. Капуста	450	
4. Свекла столовая	350	
5. Морковь	250	
6. Однолетние травы	200	

Минерализация гумуса при возделывании овощных культур в среднем 2,5 т/га.

Гумификация растительных остатков:

картофель – 5-10 %;

свекла и другие корнеплоды – 5 %.



Таблица 18. Ежегодная минерализация и гумификация органического вещества в почвах среднесуглинистого гранулометрического состава, т/га

Показатели	Зерновые (обработка)		Горох + вика на зерно	Века + овес на сено	Пропашные	Чистый пар		Куку- руза		Много- летние травы		Сиде- раты (зелен. масса)	
	Отвальная	Безотвальная				Отвальная	Безотвальная	Влажная зона	Засушливая зона	Злаковые	Бобовые	Донник	Озимый рапс
Потери (минерализация)	0,5	0,4	0,3	0,3	1,7	2,0	1,8	0,9	1,2	0,2	0,1	0,6	0,2
Восполнение (гумификация)	0,3	0,25	0,1	0,2	0,15	-	-	0,15	0,2	0,5	0,6	1,3	0,5

Примечание: Урожайность зерновых культур – 10 ц/га; соотношение зерно : солома – 1 : 1,5; урожайность пропашных и сидератов – 100 ц/га.

Таблица 19. Гумификация различных видов органических удобрений, т

Вид органического удобрения	Количество гумуса из 1 тонны органического удоб- рения
Подстилочный навоз	0,100
Бесподстилочный навоз:	
Полужидкий (влажность 90%)	0,050
Жидкий (влажность 93-97%)	0,025
Навоз - стоки	0,010
Птичий помет	0,140
Компосты:	
Торфонавозный	0,150
Торфопометный	0,200



Солома	0,200
Сидеральные удобрения	0,070

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Назовите источники, состав и количество поступающих в почву органических остатков.
2. Охарактеризуйте процессы превращения органических остатков в почве.
3. Какое количество растительных остатков попадает в почву: в степи, на суходольных лугах лесной зоны, при возделывании на пашне однолетних культур, многолетних трав?
4. Их каких перечисленных органических остатков: хвоя, солома яровой пшеницы, древесные остатки, корне-пожнивные остатки зерновых культур, сидерат донник – образуется больше всего гумуса?
5. Какие группы органических веществ составляют гумус?
6. Каковы особенности гумусообразования и состав гумуса в различных типах почв?
7. Расскажите о свойствах гуминовых и фульвокислот.
8. Что такое гумификация и какие условия благоприятны для процессов гумификации?
9. Из каких химических элементов состоит молекула гумусовых кислот?
10. Какие функциональные группы определяют емкость поглощения гумусовых кислот?
11. В чем заключается сущность процесса минерализации органических остатков и гумуса?
12. Какие процессы относят к трансформации органических веществ в почве?
13. Какова роль гумусовых кислот в процессах почвообразования?
14. Взаимодействие гумусовых кислот с минеральными компонентами почвы и их производные.
15. Назовите основные функции органического вещества в почве.
16. Какая емкость поглощения характерна для гуминовых и фульвокислот?



17. В каких почвах формируется грубогумусовый профиль?
18. В каких почвах формируется аккумулятивный, полноразвитый гумусовый профиль?
19. Какова роль гумуса в плодородии почвы?
20. Назовите приходные и расходные статьи гумусового баланса.
21. Каковы пути регулирования в почвах количества гумуса и его качественного состава?



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБМЕННЫХ КАТИОНОВ КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ КОМПЛЕКСОМЕТРИЧЕСКИМ (ТРИЛОНОМЕТРИЧЕСКИМ) МЕТОДОМ

**Основные понятия.** Твердая фаза почвы представляет собой полидисперсную систему, состоящую из частиц различной величины от крупных до коллоидных (менее 0,0001 мм). Их количество в почве различно – от 1-2 до 30-40% к массе почвы.

Благодаря содержанию тонкодисперсных частиц и пористости, почва обладает способностью задерживать вещества, соприкасающиеся с ней.

Основная роль в явлениях поглощения принадлежит почвенным коллоидам. По вещественному составу коллоиды почвы могут быть:

1. Минеральные (в основном это вторичные глинные минералы: монтмориллонит, каолинит, вермикулит, гидрослюда и др.);
2. Органические (гумусовые кислоты и их соли, белки);
3. Органо-минеральные (соединения гумусовых веществ с глинистыми минералами и полуторными оксидами).

В большинстве почв преобладают минеральные коллоиды, составляющие 85-90 % их общей массы.

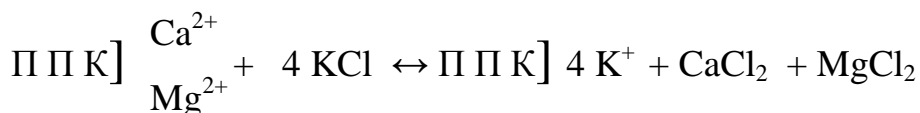
*Сумму всех коллоидов почвы К.К. Гедройц назвал почвенным поглощающим комплексом (ППК).*

*Свойство почвы поглощать жидкости, газы, солевые растворы, удерживать твердые частицы и живые организмы получило название поглощательной способности почвы.*

К.К. Гедройц выделил пять видов поглощательной способности: механическую, биологическую, физическую, химическую и физико-химическую или обменную.



*Физико-химическая (обменная) поглотительная способность – способность почвы обменивать ионы, находящиеся в компенсирующем слое коллоидов на эквивалентное количество ионов почвенного раствора. Коллоиды, зараженные положительно, поглощают и обменивают анионы, коллоиды, зараженные отрицательно, поглощают и обменивают катионы.*



Для катионного обмена в почвах характерны следующие закономерности:

- обмен между поглощенными катионами твердой фазы почвы и катионами почвенного раствора происходит в эквивалентных количествах;
- при одинаковой концентрации ионов в растворе энергия поглощения возрастает с увеличением валентности и атомной массы иона;
- имеющие в почве поглощенные катионы можно вытеснить любым другим катионом почвенного раствора;
- обменное поглощение носит обратимый характер;
- обмен катионов происходит с разной скоростью. Реакция обмена катионов внешнего слоя коллоидов на катионы почвенного раствора протекает мгновенно, катионы потенциалоопределяющего слоя вытесняются медленнее.

В поглощенном состоянии в почвах могут находиться различные катионы. К числу важнейших обменных катионов относят  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ .

*Общее количество всех поглощенных катионов в почве, способных к обмену на катионы раствора, взаимодействующего с почвой, называют ёмкостью катионного обмена (ЕКО). Величина ЕКО зависит от минералогического, гранулометрического состава, содержания и качества органического вещества, реакции среды. В различных почвах она изменяется от 2-3 до 60-70 мг-экв/100 г почвы.*

Благодаря разнообразию природных условий и особенностям почвообразовательного процесса состав обменных катионов у различных почв разный.



Обменными катионами в черноземах являются преимущественно кальций и магний. Подзолистые и дерново-подзолистые почвы наряду с кальцием и магнием содержат  $H^+$  и  $Al^{3+}$ . Солонцы и солонцеватые почвы содержат обменный  $Na^+$ .

*Общее содержание поглощенных катионов оснований ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ) называют суммой обменных оснований ( $S$ ).*

В зависимости от состава обменных катионов все почвы делят на две группы:

- почвы насыщенные основаниями (черноземы, каштановые, солонцы);
- почвы не насыщенные основаниями (подзолы, дерново-подзолистые, торфа верховых болот).

Для относительной оценки количества обменных оснований, содержащихся в почве, используют показатель – *степень насыщенности почв основаниями* ( $V$ ).

**Значение анализа.** Состав обменных катионов существенно влияет на плодородие почв. Почвы с высоким содержанием обменного водорода и алюминия обладают кислотностью, бесструктурны, имеют плохие физические свойства. В почвах с абсолютным преобладанием кальция и магния при благоприятном их соотношении 4 : 1 или 5 : 1 образуется агрономически ценная водопрочная структура, улучшаются водно-физические свойства, реакция становится нейтральной.

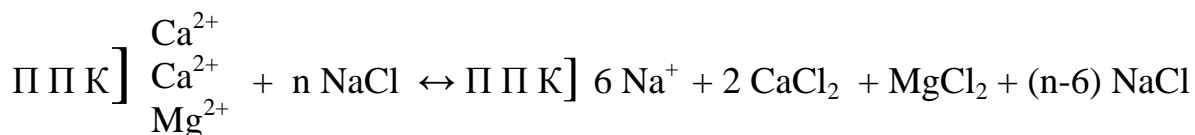
При значительном содержании обменного магния свойства почв ухудшаются, повышается растворимость гумусовых веществ, ухудшается структура, снижается водопроницаемость.

При высоком содержании натрия образуется неблагоприятная в агрономическом отношении столбчатая и глыбистая структура. Почва во влажном состоянии сильно набухает и не способна пропускать воду. Реакция почвенного раствора при наличии натрия – щелочная. Липкость и сопротивление обработки солонцов в 3-4 раза больше, чем почв, насыщенных  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ .



Наличие натрия в коллоидной части почв значительно снижает их плодородие.

**Принцип метода.** Обменные катионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  вытесняют из почвы 1,0 н. раствором  $\text{NaCl}$ . При этом  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  переходят в раствор в виде хлористых солей.



Количественное определение вытесненных катионов трилонометрическим методом основано на способности некоторых органических соединений (комплексонов) образовывать растворимые в воде соединения с катионами кальция и магния различной прочности и окраски. Среди этой группы комплексонов наибольшее распространение имеет трилон Б – двунатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты.

Индикатором при определении суммы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  служит хромоген черный ( $\text{C}_{20}\text{H}_{13}\text{O}_7\text{N}_5\text{S}$ ), который при образовании комплекса с кальцием и магнием окрашивает раствор (при  $\text{pH} = 10$ ) в вишнево-красный цвет. При титровании трилоном Б происходит разрушение окрашенных соединений, вместо них образуются более устойчивые, но бесцветные соединения  $\text{Ca}$  и  $\text{Mg}$  с трилоном Б и раствор приобретает синий или голубовато-синий цвет (цвет хромогена черного).

### Ход анализа

1. Беззольный фильтр сложить вчетверо, подогнать к стенкам воронки и смочить дистиллированной водой. Затем воронку с фильтром вставить в колбу объемом 500 мл.
2. На технохимических весах взять навеску почвы точно 5 г и поместить почву на фильтр в воронке.
3. Промыть почву на фильтре 1,0 н.  $\text{NaCl}$  до полного вытеснения катионов из почвы, приливая его по палочке с таким расчетом, чтобы слой жидкости над почвой не превышал 1,5-2,0 см. Каждую следующую порцию 1,0 н.  $\text{NaCl}$  сле-



дует приливать после того, как полностью профильтруется предыдущая. Такое промывание способствует более быстрому вытеснению Ca и Mg из почвы.

4. Когда соберется около 250 мл фильтрата, сделать пробу на полноту вытеснения Ca и Mg из почвы. Для этого в пробирку собрать из под воронки 2-3 мл фильтрата, прибавить 1 мл 4 %-ного раствора щавелевокислого аммония  $((\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4)$  и довести до кипения. Появление в пробирке тонкокристаллического осадка щавелевокислого кальция  $(\text{CaC}_2\text{O}_4)$  в виде мути показывает, что Ca и Mg еще поступают из почвы. В таком случае промывание почвы 1,0 н. NaCl продолжить. Через некоторое время пробу на полноту вытеснения повторить.

5. После вытеснения Ca и Mg из почвы в раствор, цилиндром измерить объем фильтрата.

6. Отобрать 50 мл фильтрата, поместить его в колбу емкостью 100 мл.

7. Прилить 5 мл аммиачного буферного раствора для создания щелочной реакции.

8. Прибавить 13-14 капель индикатора хромогена черного.

9. Оттитровать 0,05 н. раствором трилона Б до изменения вишнево-красной окраски в синюю или голубовато-синюю. Записать количество трилона Б, пошедшего на титрование.

Результаты записать в форму 10.

Форма 10

Навеска почвы, г	Объем фильтрата, мл	Взято фильтрата для титрования, мл	Пошло на титрование 0,05 н. трилона Б, мл	Сумма Ca и Mg, мг-экв/100 г почвы
c	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	a	S
		50		

Сумму обменных катионов вычислить по формуле:

$$a \cdot 0.05 \cdot b_1 \cdot 100 \cdot K_{\Gamma}$$



$$S = \frac{\text{---}}{c \cdot b_2} \quad (\text{мг-экв/100 г почвы}),$$

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

0,05 – нормальность трилона Б;

$b_1$  – общий объем фильтрата, мл;

100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;

$K_g$  – коэффициент пересчета на абсолютно сухую почву;

$c$  – навеска почвы, г;

$b_2$  – взято фильтрата для титрования, мл.

### ВЫЧИСЛЕНИЕ НАСЫЩЕННОСТИ ПОЧВ ОСНОВАНИЯМИ

*Степенью насыщенности почв основаниями называют отношение суммы обменных оснований к емкости поглощения, выраженное в процентах.*

Степень насыщенности почв основаниями показывает, какая часть от всех поглощенных катионов почвы приходится на поглощенные основания.

Степень насыщенности ( $V$ ) вычисляют по формуле:

$$V = \frac{S}{\text{ЕКО}} \cdot 100$$

$$\text{ЕКО} = S + H_g, \quad V = \frac{S \cdot 100}{S + H_g},$$

где  $S$  – сумма обменных оснований, мг-экв/100 г почвы;

100 – коэффициент пересчета в проценты;

$H_g$  – гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы.

Степень насыщенности почв основаниями вычисляют для определения нуждаемости почв в известковании. Кроме этого показателя, определяют величину обменной кислотности (рН солевой суспензии) и гранулометрический состав почвы (табл. 20).



Таблица 20. Потребность почвы в известковании в зависимости от ее свойств (по М.Ф. Корнилову)

Почвы по гранулометрическому составу	Потребность в известковании							
	сильная		средняя		слабая		отсутствует	
	pH	V, %	pH	V, %	pH	V, %	pH	V, %
Тяжело- и средне-суглинистые	< 4,5	50	4,5-5,0	50-60	5,0-5,5	65-75	> 5,5	> 75
Легкосуглинистые	< 4,5	40	4,5-5,0	40-60	5,0-5,5	60-70	> 5,5	> 70
Супесчаные и песчаные	< 4,5	35	4,5-5,0	35-40	5,0-5,5	50-60	> 5,5	> 60
Торфяные и торфяно-болотные	< 3,5	35	3,5-4,2	35-55	4,2-4,8	55-60	> 4,8	> 65

*Пример расчета.* Сумма обменных оснований дерново-подзолистой почвы составила 6 мг-экв/100 г почвы, гидролитическая кислотность - 5,7 мг-экв/100 г почвы.

$$\text{Степень насыщенности основаниями } V = \frac{6}{6 + 5,7} \cdot 100 = 51,3 \, \%.$$

Почва основаниями не насыщена, в известковании нуждается.

### Задания для самостоятельной работы

1. Напишите схему состава катионов почвенного поглощающего комплекса следующих почв: дерново-подзолистой; серой лесной оподзоленной; чернозема оподзоленного, выщелоченного, обыкновенного солонцеватого; солонца; солоди.
2. Напишите схему состава катионов почвенного поглощающего комплекса для почв насыщенных основаниями.
3. Напишите схему состава катионов почвенного поглощающего комплекса для почв не насыщенных основаниями.
4. Напишите уравнение обменного поглощения кальция, если в почву с кислой реакцией вносится известь.
5. Напишите уравнение химического поглощения  $\text{PO}_4^{3-}$  из суперфосфата карбонатной почвой.



6. Напишите уравнение обменного поглощения кальция, если вносится гипс в солонец.
7. Напишите уравнение химического поглощения  $\text{PO}_4^{3-}$  из аммофоса ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) черноземом карбонатным.
8. Определите емкость поглощения для почв со следующими показателями, мг-экв/100 г почвы:
- 8.1.  $\text{Ca}^{2+} - 4$ ;  $\text{Mg}^{2+} - 2$ ; Нг – 8
- 8.2. S – 20; Нг – 5
- 8.3.  $\text{Ca}^{2+} - 15$ ;  $\text{Mg}^{2+} - 5$ ;  $\text{Na}^+ - 10$
- 8.4. S – 40; Нг – 4,5
- 8.5.  $\text{Ca}^{2+} - 22$ ;  $\text{Mg}^{2+} - 2$ ; Нг – 4
9. Напишите уравнение обменного поглощения  $\text{NH}_4^+$  из  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  дерново-подзолистой почвой.
10. Определите степень насыщенности почв основаниями и решите вопрос о нуждаемости их в извести по следующим данным, выраженным в мг-экв/100 г почвы:
- 10.1. S – 32; Нг – 4
- 10.2.  $\text{Ca}^{2+} - 4$ ;  $\text{Mg}^{2+} - 1$ ; Нг – 9
- 10.3. S – 12; Нг – 9
- 10.4. ЕКО – 20; Нг – 5
- 10.5.  $\text{Ca}^{2+} - 3,5$ ;  $\text{Mg}^{2+} - 2,5$ ; Нг – 8
- 10.6. S – 5; Нг – 7,5
- 10.7.  $\text{Ca}^{2+} - 5$ ;  $\text{Mg}^{2+} - 1,5$ ; ЕКО – 12
- 10.8. S – 10,5; ЕКО – 15,5
- 10.9. S – 5,2; Нг – 4
- 10.10.  $\text{Ca}^{2+} - 3,5$ ;  $\text{Mg}^{2+} - 1,5$ ; Нг – 7,5

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какие по размеру частицы относятся к коллоидам?



2. Строение и основные свойства почвенных коллоидов.
3. Какие почвенные коллоиды относятся к ацидоидам, а какие к базоидам?
4. Происхождение, состав и агрономическое значение почвенных коллоидов.
5. В чем сущность явлений коагуляции и пептизации почвенных коллоидов и какое это имеет значение для агрономических свойств почвы?
6. Что представляет собой ППК?
7. Дайте краткую характеристику отдельных видов поглонительной способности.
8. Каковы основные закономерности физико-химического поглощения в почвах?
9. Как можно определить сумму поглощенных  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в почвах?
10. Что такое необменное поглощение катионов и чем оно обусловлено?
11. Какова емкость поглощения в различных типах почв?
12. Сущность и значение биологического поглощения в почвах.
13. Какие из перечисленных катионов являются коагуляторами:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ?
14. В каких почвах коллоиды находятся в состоянии геля: подзолистых, солонцеватых, солончаках, каштановых, черноземах, солодых, солонцах?
15. Какие из перечисленных веществ относятся к почвенному поглощающему комплексу: песок, пыль, ил, гумус, гравий, коллоиды?
16. В каких почвах коллоиды находятся в состоянии золя: подзолистых, солонцах, черноземах, солончаках?
17. Какая емкость катионного поглощения характерна для дерново-подзолистой почвы, серой лесной оподзоленной, чернозема?
18. Какие из перечисленных катионов поглощаются химически:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ?
19. Почему одновалентный катион  $\text{H}^+$  поглощается и удерживается в ППК лучше, чем катионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ ?
20. В каких почвах и какими приемами необходимо регулировать состав обменных катионов?



## КИСЛОТНОСТЬ И ЩЕЛОЧНОСТЬ ПОЧВ

**Основные понятия.** Реакция почв является одним из важнейших ее свойств. Она обусловлена наличием в почвенном растворе ионов водорода ( $H^+$ ), гидроксидов ( $OH^-$ ) и их соотношением. Реакция почвы характеризуется величиной pH, представляющей собой отрицательный логарифм активности ионов водорода. При увеличении концентрации  $H^+$  раствор приобретает кислую реакцию, величина pH снижается. При уменьшении концентрации  $H^+$  реакция становится нейтральной или щелочной, pH возрастает.

*При кислой реакции  $pH < 7$ ; при нейтральной –  $pH = 7$ ; при щелочной –  $pH > 7$ .*

*Реакция почвенного раствора зависит от наличия в нем свободных кислот и оснований, степени их диссоциации, присутствия кислых и основных солей, а также от состава обменных ионов ППК. В различных почвах она изменяется от сильнокислой до сильнощелочной ( $pH 3,5 - 10,5$ ).*

В свою очередь, от реакции почвенного раствора зависят свойства почвы и характер процессов, протекающих в ней. С реакцией среды связаны растворимость многих соединений и доступность элементов питания растениям, жизнедеятельность микроорганизмов, образование гумусовых кислот, распад и синтез минералов.

Сильно кислую и кислую реакцию имеют торфяники верховых болот, подзолистые и дерново-подзолистые почвы. Черноземы, темно-серые лесные и темно-каштановые почвы имеют реакцию близкую к нейтральной. Наиболее щелочная реакция у содовых солончаков и многонатриевых солонцов.

Сельскохозяйственные растения предъявляют разные требования к реакции почв (табл. 21). Наиболее благоприятна слабокислая или нейтральная реакция.



С реакцией почвенного раствора тесно связана жизнедеятельность почвенной микрофлоры. В кислой среде преобладает грибная микрофлора, в нейтральной и слабощелочной – бактериальная.

Таблица 21. Значение рН для развития растений и микроорганизмов

Растения	Оптимум рН <sub>в</sub>	Пределы рН <sub>в</sub>	Растения, микроорганизмы	Оптимум рН <sub>в</sub>	Пределы рН <sub>в</sub>
Пшеница	6 – 7	5 – 8	Табак	4,5 – 6,5	–
Ячмень	–	6 – 7,2	Люпин	4 – 5	4 – 6
Рожь	5 – 6	4 – 7	Горох	6 – 7	5 – 8
Овес	5 – 6	4 – 8	Грибы	3,5 – 6,0	–
Картофель	5	4 – 8	Азотобактер	6 – 8	–
Люцерна	7 – 8	6 – 8	Нитрификаторы	6,8 – 8,0	–
Клевер	6,0 – 6,5	5 – 8	Денитрификаторы	7,0 – 8,0	–
Лен	5 – 8	4 – 7			

### Кислотность почвы

*Кислотность почвы – способность почв подкислять воду и растворы солей.* Различают *актуальную* и *потенциальную* кислотность, которая подразделяется на обменную и гидролитическую.

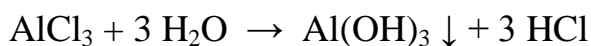
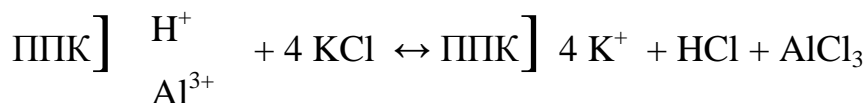
*Актуальная кислотность* – кислотность почвенного раствора, она обусловлена в основном наличием в нем угольной кислоты, а также свободных органических кислот и различных компонентов, проявляющих кислотные свойства. Актуальная кислотность определяется в водной суспензии или водной вытяжке, поэтому к индексу рН добавляют индекс «в» или «Н<sub>2</sub>О» (рН<sub>Н2О</sub>).

*Потенциальная кислотность* определяется количеством Н<sup>+</sup> и Al<sup>3+</sup>, находящихся в почвенном поглощающем комплексе. Потенциальная кислотность проявляется при взаимодействии почвы с растворами солей, катионы которых вытесняют Н<sup>+</sup> и Al<sup>3+</sup> из обменного состояния в почвенный раствор.

*Обменная кислотность* проявляется при обработке почвы раствором нейтральной соли (1 н. KCl), при этом происходит эквивалентный обмен ка-



тионов нейтральной соли на катионы водорода и алюминия, находящиеся в компенсирующем слое коллоидов:



Образующаяся в результате взаимодействия солевого раствора с почвой соляная кислота характеризует обменную кислотность. Величину ее выражают в единицах рН солевой суспензии (рН<sub>KCl</sub>) или в мг-экв/ 100 г почвы.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ рН ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Потенциометрический метод определения рН основан на измерении электродвижущей силы, возникающей при опускании в почвенную суспензию или вытяжку двух электродов – измерительного и электрода сравнения. Рабочей частью измерительного электрода является стеклянная мембрана. При измерении рН между мембраной и суспензией (раствором) возникает разность потенциалов, величина которой зависит от селективности ионов водорода в растворе.

Для определения рН необходимо:

1. Подготовить прибор для измерения.
2. Подготовить суспензию для измерения

Настройка прибора проводится по инструкции, прилагаемой к рН-метру.

#### **Приготовление суспензии**

Для приготовления суспензии или вытяжки из минеральных почв берется соотношение почвы и воды (или раствора 1 н. KCl) – 1 : 2,5.

#### **Ход анализа**

1. На технохимических весах взять две навески по 20 г и поместить их в колбы емкостью 100 мл.



2. Прилить в одну колбу 50 мл дистиллированной воды, в другую – 50 мл 1 н. KCl.
3. Взболтать суспензию на рататоре 1 час. Можно взбалтывать вручную 3 мин и оставить на сутки.
4. Перенести суспензию в стаканчик на 50мл, определить на потенциометре pH водной и солевой суспензии:

$pH_{H_2O}$  - ;  $pH_{KCl}$  - .

По величине обменной кислотности ( $pH_{KCl}$ ) определяют нуждаемость кислых почв в известковании:

при  $pH_{KCl} < 4,5$  почвы сильно нуждаются в известковании;

при  $pH_{KCl} 4,5 - 5,0$  почвы средне нуждаются в известковании;

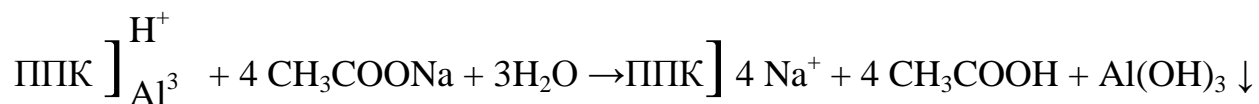
при  $pH_{KCl} 5,1 - 5,5$  почвы слабо нуждаются в известковании;

при  $pH_{KCl} > 5,5$  почвы не нуждаются в известковании.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ КИСЛОТНОСТИ МЕТОДОМ КАППЕНА

По величине гидролитической кислотности устанавливают дозу извести, необходимую для оптимизации реакции почвы.

**Принцип метода.** Определение гидролитической кислотности основано на том, что при взаимодействии почвы с раствором ацетата натрия ( $CH_3COONa$ ) образуется уксусная кислота. Эту кислоту оттитровывают щелочью и по количеству щелочи, пошедшей на титрование, судят о величине гидролитической кислотности.



Гидролитическая кислотность, как правило, больше обменной, т.к. при обработке почвы раствором гидролитически щелочной соли ( $pH 8,2$ ) вытесняется, кроме подвижных ионов, и менее подвижная часть поглощенных ионов  $H^+$  и  $Al^{3+}$ . Гидролитическая кислотность может рассматриваться как



суммарная кислотность почвы, выраженная в миллиграмм (м-моль) эквивалентах в 100 г почвы, обозначается символом Нг.

### Ход анализа

1. На технохимических весах отвесить 40 г почвы и высыпать в колбу объемом 250мл.
2. Прилить к почве 100 мл 1н. раствора  $\text{CH}_3\text{COONa}$  (рН 8,2) и взболтать на ротаторе в течение 1 часа.
3. Суспензию отфильтровать через сухой складчатый фильтр, перенося на фильтр и почву. Если фильтрат мутный, его перефильтровывают через тот же фильтр.
4. Отобрать 50 мл прозрачного фильтрата и перенести его в коническую колбу на 100 мл.
5. Прибавить 2-3 капли фенолфталеина, тщательно перемешать.
6. Оттитровать фильтрат 0,1 н. раствором  $\text{NaOH}$  до появления слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 мин.

Результаты анализа записать в форму 11

### Форма 11

Навеска почвы, г	Добавлено к почве $\text{CH}_3\text{COONa}$ , мл	Объем фильтрата, взятого для титрования, мл	Количество $\text{NaOH}$ , пошедшее на титрование, мл	Нормальность раствора $\text{NaOH}$	Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы
С	$V_1$	$V_2$	а	Н	Нг

Гидролитическую кислотность, мг-экв/100 г почвы, вычисляют по формуле:

$$\text{Нг} = \frac{a \cdot \text{Н} \cdot V_1 \cdot 100 \cdot 1,75}{\text{С} \cdot V_2},$$

где 100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы;

1,75 – коэффициент пересчета на неполноту вытеснения водорода;

Кг – коэффициент гигроскопичности для пересчета на абсолютно сухую почву.



Избыточную кислотность почв устраняют известкованием, при внесении в почву извести ( $\text{CaCO}_3$ ) она реагирует с углекислотой почвенного раствора и переходит в гидрокарбонат кальция, который взаимодействует с почвой:



По величине гидролитической кислотности устанавливают дозу извести, т/га, необходимую для оптимизации реакции среды. Кроме этого необходимо знать мощность мелиорируемого (пахотного) слоя и его плотность.

Внесенная в почву известь перемешивается с пахотным горизонтом и нейтрализует кислотность этого слоя. Для вычисления дозы извести надо знать, сколько содержится ионов водорода в пахотном слое 1 га, поэтому необходимо определить массу пахотного слоя. При плотности пахотного слоя  $1,35 \text{ г/см}^3$  и его мощности 20 см масса пахотного слоя на площади 1 га будет равна  $1,35 \cdot 20 \cdot 100\,000\,000 = 2\,700\,000\,000 \text{ г}$  или  $2\,700\,000 \text{ кг}$  или  $2\,700 \text{ т}$ .

Например, гидролитическая кислотность почвы 5 мг-экв/100 г почвы (т.е. в 100 г почвы обменного водорода содержится 5 мг-экв). Тогда в 1 кг почвы будет содержаться 50 мг-экв или 50 мг или 0,05 г, а во всем пахотном слое на площади 1 га  $0,05 \cdot 2700 = 135 \text{ кг}$ . Вот это количество обменных ионов водорода необходимо нейтрализовать. На нейтрализацию 1 кг обменного водорода требуется 50 кг извести. Поэтому на 1 га требуется  $135 \cdot 50 = 6\,750 \text{ кг} = 67,5 \text{ ц/га}$  или  $6,75 \text{ т/га}$ .

Дозу извести можно рассчитать по формуле:

$$D_{\text{CaCO}_3} = \text{Нг} \cdot 0,05 \cdot h \cdot d_v$$

С учетом влажности и действующего вещества известкового материала дозу извести, т/га, рассчитывают по формуле:

$$\text{Нг} \cdot d_v \cdot h \cdot 500$$



$$D_{\text{CaCO}_3} = \frac{(100 - W) \cdot \text{ДВ}}{\text{Нг}},$$

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

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

h – мощность мелиорируемого слоя, см;

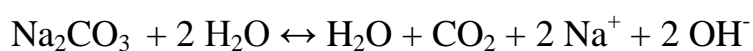
W – влажность мелиоранта, %;

ДВ – содержание действующего вещества в мелиоранте, %.

## ЩЕЛОЧНОСТЬ ПОЧВ

**Основные понятия.** Щелочность почв – способность почв нейтрализовать кислотные компоненты почв и подщелачивать воду. Различают виды щелочности: актуальную и потенциальную.

Актуальная щелочность обусловлена наличием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и других, при диссоциации которых образуется высокая концентрация ионов гидроксила:



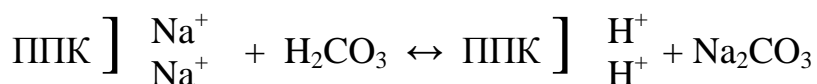
При определении актуальной щелочности различают общую щелочность, щелочность от нормальных карбонатов ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ) и щелочность от гидрокарбонатов ( $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ), которые отличаются по граничным значениям рН<sub>Н<sub>2</sub>О</sub>. Актуальная щелочность выражается величиной рН<sub>Н<sub>2</sub>О</sub> или в мг-экв/100 г почвы при определении ее путем титрования вытяжек кислотой в присутствии различных индикаторов.

По величине рН почвенного раствора выделяют реакцию:

- слабощелочную – рН 7,1 – 7,5;
- среднешелочную – рН 7,6– 8,5;
- сильнощелочную – рН более 8,5.

Потенциальная щелочность обусловлена наличием в ППК обменно-поглощенного иона натрия, который при определенных условиях может переходить в почвенный раствор и подщелачивать его.





Высокая щелочность почв неблагоприятна для большинства сельскохозяйственных культур. При щелочной реакции нарушается обмен веществ, снижается растворимость и доступность фосфатов, соединений железа, марганца, меди, бора и цинка. В случае резкого повышения щелочности корневые волоски растений испытывают щелочной ожог, что может привести к отмиранию. Сильнощелочные почвы характеризуются ярко выраженными отрицательными агрофизическими свойствами и неудовлетворительным водно-воздушным режимом. Сильнощелочные почвы имеют очень низкое плодородие.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБМЕННОГО КАТИОНА НАТРИЯ В ПОЧВЕ МЕТОДОМ ШОЛЛЕНБЕРГЕРА

**Значение анализа.** Содержание обменного натрия более 15% приводит к резкому повышению дисперсности органической и минеральной частей почвы и возникновению щелочной реакции. Для установления необходимости гипсования солонцов и расчета доз гипса определяют содержание обменного катиона натрия.

**Принцип метода.** Обменный натрий вытесняют из ППК аммонием при обработке почвы раствором уксуснокислого аммония с последующим определением его количества на пламенном фотометре.

#### Ход анализа

1. На теххимических весах взвесить 5 г почвы, поместить ее на фильтр в воронке, которую вставить в колбу объемом 500 мл.
2. Промыть почву на фильтре декантацией 1 н. раствором  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (рН 6,6 – 7,0) до отрицательной реакции на кальций (проба по хромогену черному).



3. Проба на полноту вытеснения Са и Mg из ППК почвы. В пробирку собрать 2-3 мл фильтрата, добавить 3 капли индикатора – хромогена черного. Отсутствие винно-красной окраски указывает на полное вытеснение кальция и магния.

4. Объем фильтрата в мерной колбе довести до метки дистиллированной водой.

5. В фильтрате определить содержание обменного натрия на пламенном фотометре по инструкции, прилагаемой к пламенному фотометру.

По содержанию обменного натрия определяют степень солонцеватости почв, %, от емкости обмена по формуле:

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

где A – степень солонцеватости, %;

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

100 – коэффициент пересчета в проценты;

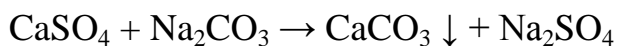
EKO – емкость катионного обмена, мг-экв/100 г почвы.

По степени солонцеватости различают почвы:

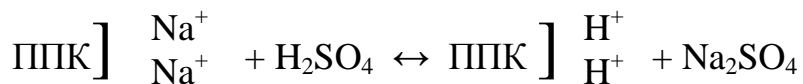
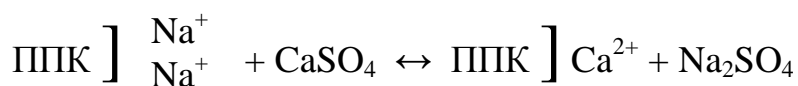
- несолонцеватые – содержат натрия менее 3 % емкости обмена;
- слабосолонцеватые – 3-5 %;
- среднесолонцеватые – 5-10 %;
- сильносолонцеватые – 10-15 %.

Эффективный прием повышения плодородия почв со щелочной реакцией – химическая мелиорация. В качестве мелиорантов широко применяют гипс ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), различные гипсодержащие вещества (фосфогипс) и кислые мелиорирующие вещества, в частности серную кислоту.

При внесении гипса в щелочные почвы происходит нейтрализация соды почвенного раствора и вытеснение натрия из ППК:







Важное условие эффективности химической мелиорации щелочных почв – удаление продуктов нейтрализации, чаще всего сернокислого натрия. Для его удаления применяют промывание почв.

Для улучшения свойств солонцов и солонцеватых почв в качестве химического мелиоранта чаще всего используют гипс.

Количество гипса (т/га), необходимое для замены избытка поглощенного натрия кальцием, находят по формуле:

$$Д = 0,086 (\text{Na} - 0,05 \text{ E}) \cdot h \cdot d_v ,$$

где 0,086 – значение 1 мг-экв гипса, г;

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

0,05 E – при расчетах доз гипса допускают, что 5 % натрия от емкости поглощения может оставаться в почвах, т.к. не оказывает отрицательного влияния на свойства почвы;

E – емкость обмена, мг-экв/100 г почвы;

h – глубина пахотного слоя, см;

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

Для гипсования применяют не чистый гипс, поэтому окончательную дозу его вычисляют с учетом содержания  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

$$\text{Доза гипса} = \frac{Д \cdot 100}{\text{ДВ}} ,$$

где ДВ – действующее вещество, содержание  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в мелиоранте, %.



### Задания для самостоятельной работы

1. По данным, выраженным в мг-экв/100 г почвы, определить нуждается ли почва в химической мелиорации, если нуждается, то в какой?

**Примечание.** При решении этих задач обратите внимание на величину *pH* водной суспензии (*pH*<sub>H<sub>2</sub>O</sub>).

- 1.1. S – 14; ЕКО – 22; *pH*<sub>H<sub>2</sub>O</sub> – 5
- 1.2. ЕКО – 15,5; Нг – 8
- 1.3. S – 20; Na<sup>+</sup> – 5
- 1.4. ЕКО – 20; S – 12; *pH*<sub>H<sub>2</sub>O</sub> < 7
- 1.5. ЕКО – 28; Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> – 22; *pH*<sub>H<sub>2</sub>O</sub> > 7
- 1.6. Ca<sup>2+</sup> – 8; Mg<sup>2+</sup> – 3; Нг – 6
- 1.7. S – 27; Na<sup>+</sup> – 8
- 1.8. ЕКО – 38; Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> – 33; *pH*<sub>H<sub>2</sub>O</sub> > 7
- 1.9. Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> – 6,5; ЕКО – 9; *pH*<sub>H<sub>2</sub>O</sub> < 7
- 1.10. ЕКО – 25; S – 18; *pH*<sub>H<sub>2</sub>O</sub> < 7
- 1.11. ЕКО – 40; Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> – 35; *pH*<sub>H<sub>2</sub>O</sub> > 7
- 1.12. Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> – 49; S – 55; *pH*<sub>H<sub>2</sub>O</sub> > 7

2. Для создания культурного пахотного слоя (0 – 20 см) требуется узнать, нуждается ли почва в мелиорирующем веществе и в какой дозе, по следующим показателям (табл. 22):

Таблица 22.

Почва	Горизонт	Мощность, см	мг-экв/100 г почвы		d <sub>v</sub>
			Нг	S	
1	A <sub>1</sub>	2 – 15	7,61	8,20	1,30
	A <sub>2</sub>	15 – 26	5,60	5,48	1,50
2	A <sub>1</sub>	3 – 9	7,85	5,50	1,39
	A <sub>2</sub>	9 – 25	3,59	2,20	1,50
3	A <sub>1</sub>	3 – 12	8,83	10,15	1,25
	A <sub>2</sub>	12 – 22	3,89	3,60	1,50
4	A <sub>1</sub>	3 – 15	4,05	9,17	1,30
	A <sub>2</sub>	15 – 25	1,25	4,11	1,50
5	A <sub>1</sub>	2 – 15	3,65	9,27	1,27
	A <sub>2</sub>	15 – 27	1,30	4,11	1,50
6	A <sub>1</sub>	0 – 9	8,95	2,53	1,35
	A <sub>2</sub>	9 – 25	3,78	2,01	1,50



3. Определите степень нуждаемости в мелиорирующем вещества и рассчитайте его дозу для пахотного слоя (0 – 20 см) по следующим показателям (табл. 23):

Таблица 23.

Почва	Горизонт	Глубина, см	мг-экв/100 г почвы				$d_v$ , г/см <sup>3</sup>
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	
1	A <sub>1</sub>	0 – 12	18,06	4,31	5,25	27,62	1,27
	B <sub>1</sub>	12 – 23	12,00	3,04	13,33	28,37	1,49
2	A <sub>1</sub>	0 – 10	27,13	9,57	8,50	45,20	1,35
	B <sub>1</sub>	10 – 23	11,44	6,33	13,23	31,00	1,51
3	A <sub>1</sub>	0 – 18	19,89	5,82	1,60	27,01	1,26
	B <sub>1</sub>	18 – 27	24,33	6,72	5,46	36,45	1,47
4	A <sub>1</sub>	0 – 10	27,16	9,57	8,50	45,23	1,25
	B <sub>1</sub>	10 – 23	11,44	6,38	13,23	31,05	1,49
5	A <sub>1</sub>	0 – 10	47,97	9,64	3,86	61,47	1,20
	B <sub>1</sub>	10 – 35	34,32	9,18	6,70	50,20	1,51
6	A <sub>1</sub>	0 – 5	7,41	2,38	8,10	17,89	1,12
	B <sub>1</sub>	5 – 12	2,22	2,04	17,40	21,66	1,50
	B <sub>2</sub>	12 – 24	1,68	1,89	23,29	26,86	1,54

4. Рассчитайте дозу извести для приготовления тепличных грунтов:

	Масса, т	pH	Нг, м-моль/100 г
4.1. торфяной грунт	500	3,5	100
4.2. смешанный грунт	300	4,5	27,5
4.3. обычная кислая почва	500	4,8	7,8
4.4. торфяной грунт	300	4,0	58
4.5. смешанный грунт	400	4,5	30
4.6. обычная почва	600	4,9	8,5
4.7. тепличный грунт	450	4,2	68
4.8. смешанный грунт	600	4,5	29
4.9. смешанный грунт	800	4,0	50

5. Рассчитайте дозу гипса для почв, характеризующихся следующими свойствами:



5.1. солонец многонатриевый, содержащий обменного натрия 8 мг-экв/100 г, имеющий мощность солонцового горизонта 22 см,  $d_v - 1,6 \text{ г/см}^3$ , емкость поглощения (E) – 26 мг-экв/100 г;

5.2. солонец малонатриевый, содержащий обменного натрия 3 мг-экв/100 г, обменного магния – 10 мг-экв/100 г, имеющий мощность солонцового слоя 21 см,  $d_v - 1,75 \text{ г/см}^3$ , E – 36 мг-экв/100 г;

5.3. солонец, содержащий обменного натрия 7,5 мг-экв/100 г, имеющий мощность солонцового слоя 24 см,  $d_v - 1,65 \text{ г/см}^3$ , E – 25 мг-экв/100 г;

5.4. солонец много натриевый, малогумусный, содержащий обменного натрия 8,5 мг-экв/100 г, имеющий мощность солонцового слоя 18 см,  $d_v - 1,7 \text{ г/см}^3$ , E – 20 мг-экв/100 г;

5.5. солонец многонатриевый, многогумусный, содержащий обменного натрия 10 мг-экв/100 г, имеющий мощность солонцового слоя 20 см,  $d_v - 1,6 \text{ г/см}^3$ , E – 30 мг-экв/100 г.

6. Определите мощность припахиваемого горизонта при обработке солонца:

6.1. мощность надсолонцового горизонта  $A_1 - 7$  см, солонцового горизонта  $B_1 - 19$  см, доза гипса, рассчитанная по обменному натрию – 13 т/га,  $d_v - 1,6 \text{ г/см}^3$ , содержание гипса – 13 %;

6.2. солонец средний:  $A_1 - 15$  см,  $B_1 - 15-38$  см,  $B_{\text{гипс}} - 38-55$  см, норма гипса, рассчитанная по натрию, - 25 т/га, ПС гипсового горизонта – 1,7, содержание гипса - 7,5 % ;

6.3. солонец средний:  $A_1 - 13$  см,  $B_1 - 13-28$  см,  $B_{\text{гипс}} - 25-50$  см, доза гипса по натрию - 20 т/га,  $d_v - 1,6 \text{ г/см}^3$ , содержание гипса – 12 %.

7. Определите глубину отвальной плантажной вспашки, если под солонцовым горизонтом располагается гипсовый горизонт:

7.1.  $A_1 - 6$  см,  $B_1 - 6-28$  см, доза гипса по натрию – 26 т/га,  $d_v$  гипсового горизонта – 1,7  $\text{г/см}^3$ , содержание гипса – 16 %;

7.2. солонец мелкий,  $A_1 - 6$  см,  $B_1 - 7-30$  см,  $B_{\text{гипс}} - 30-45$  см, доза гипса по натрию - 28 т/га,  $d_v$  гипсового горизонта – 1,8  $\text{г/см}^3$ , содержание гипса – 8 %;



7.3. почва имеет горизонты  $A_1 - 7$  см,  $B_1 - 7-36$  см,  $B_{\text{гипс}} - 36-58$  см, доза гипса по натрию - 16 т/га,  $d_v$  гипсового горизонта –  $1,6 \text{ г/см}^3$ , содержание гипса – 7 %.

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дайте определение кислотности почв и назовите ее виды.
2. Какова природа потенциальной кислотности?
3. Каковы происхождение и виды почвенной щелочности?
4. Что такое pH? Каковы пределы ее изменения в различных почвах?
5. Какой бывает реакция почвенного раствора в различных почвах и от чего она зависит?
6. Какие из перечисленных соединений вызывают активную кислотность почв: гуминовые кислоты, HCl, KCl, фульвокислоты,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ?
7. Какими катионами в почве вызывается обменная кислотность:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ?
8. Какие катионы в почве обуславливают гидролитическую кислотность:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{K}^+$ ?
9. В каких почвах, различающихся по гумусированности, гранулометрическому составу и емкости катионного обмена, будет идти более интенсивное подкисление:
 

9.1. частиц $< 0,01$ – 15 %, гумуса – 1,5 %	ЕКО – 8 мг-экв/100 г
9.2. 35 % 6,0 %	30 мг-экв/100 г
9.3. 25 % 7,0 %	32 мг-экв/100 г
9.4. 25 % 4,0 %	27 мг-экв/100 г.
10. Какие негативные последствия вызывает повышенная щелочность почв?
11. Как влияет избыточная кислотность на агроэкологические свойства почв?
12. Какими химическими соединениями вызывается актуальная щелочность?
13. Чем отличается актуальная щелочность от потенциальной?



14. Какими обменными катионами вызывается потенциальная щелочность:  $\text{H}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ?
15. Назовите пределы колебаний  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  для почв: сильнокислых, нейтральных, щелочных.
16. Какие процессы вызывают потенциальную щелочность в почвах: оподзоливание, оглеение, черноземообразование, разложение растительных остатков, осолодение, осолонцевание?
17. Назовите пределы колебаний  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  для почв: слабокислых, слабощелочных, среднекислых, сильнощелочных.
18. С помощью каких приемов регулируют почвенную кислотность и щелочность?



## ПОЧВЕННЫЙ РАСТВОР

**Основные понятия.** Почвенный раствор - жидкая фаза почвы - влага, содержащая растворенные соли, органические, органо-минеральные соединения, газы и коллоидные частицы. Содержание влаги в почвах изменяется в очень широких пределах в зависимости от количества и характера выпадения атмосферных осадков, конденсации паров воды и поступления грунтовых вод. В орошаемом земледелии важную роль играет поливная вода.

В автоморфных почвах с глубоким залеганием грунтовых вод питание почвенных растворов осуществляется за счет дождевых и талых вод. Почвенный раствор формируется при взаимодействии поступившей в почву влаги с ее твердой, газовой и живой фазами.

Компоненты почвенного раствора - это в основном продукты выветривания и почвообразования. Некоторое количество элементов и соединений поступает в почву с атмосферными осадками, удобрениями, мелиорантами и пестицидами. В почвах грунтового увлажнения значительная часть растворенных веществ поступает из грунтовых вод.

В почвенном растворе вещества находятся в виде ионов, молекул или коллоидов. Катионы представлены  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}^+$ . В сильноокислых почвах в почвенном растворе содержатся  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ , в переувлажненных почвах -  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$ .

Среди анионов в почвенном растворе преобладают  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ .

Некоторое количество ионов находится в виде комплексных соединений.

Из органических соединений в почвенном растворе присутствуют водорастворимые продукты трансформации органических остатков и жизнедеятельности живых организмов (органические кислоты, сахара, спирты и т.д.) и гумусовые кислоты.

Почвенные растворы играют очень важную роль в почвообразовании и плодородии почв, они находятся в постоянном и тесном взаимодействии с твер-



дой, газовой фазами почв и корнями растений. С концентрацией и химическим составом почвенного раствора связаны: реакция среды, водное питание, окислительно-восстановительное состояние, наличие токсических веществ и др.

*Важнейшими показателями характеристики почвенного раствора являются концентрация, состав, величина рН, осмотическое давление и окислительно-восстановительное состояние.*

Изучение почвенного раствора возможно непосредственно в почве или после его выделения. Почвенные растворы выделяют: отпрессовыванием, давлением сжатого газа, центрифугированием, вытеснением (замещением) другой жидкостью. При влажности почвы больше наименьшей влагоемкости для количественного учета и изучения растворов используют специальные устройства - лизиметры. Наряду с этими методами определение легкорастворимых солей и оценку засоления почв проводят методом водной вытяжки.

Анализ водной вытяжки позволяет определить степень засоленности почв и состав солей.

При определении засоленности почв в водной вытяжке определяют сухой остаток (общую сумму водорастворимых веществ), состав анионов ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) и катионов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ). Полученные данные выражают в миллиграмм-эквивалентах с точностью до 0,01 и в процентах с точностью до 0,001.

### АНАЛИЗ ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ

**Значение анализа.** Отрицательное влияние концентрированных почвенных растворов на сельскохозяйственные растения объясняется следующими факторами: высоким осмотическим давлением, мешающим нормальному поступлению влаги и питательных веществ в корневые системы растений, отравляющим влиянием карбонатов, хлоридов, сульфатов, щелочей на ткани



растений, нарушением нормального соотношения элементов минерального питания, необходимых для растений.

**Принцип метода.** Химический состав почвенного раствора и концентрацию солей изучают методом водной вытяжки. Метод водной вытяжки заключается в кратковременной обработке почвы водой и последующей фильтрацией жидкости. *Полученный фильтрат называют водной вытяжкой и подвергают дальнейшему исследованию.* Метод водной вытяжки является условным и дает лишь качественное представление о составе почвенного раствора и его концентрации.

Для приготовления водной вытяжки берется навеска воздушно- сухой почвы, прошедшей через сито в 1мм. Отношение между количеством почвы и воды - 1:5, время взаимодействия воды с почвой - 3мин.

### **Ход анализа**

#### **Приготовление водной вытяжки**

1. На технохимических весах взвесить 100 г воздушно- сухой почвы.
2. Навеску перенести в литровую колбу и прилить пятикратное количество (500 мл) дистиллированной воды.
3. Взболтать содержимое в течение 3мин. И профильтровать через двойной складчатый фильтр. Чтобы коллоидная муть не проходила через фильтр, на него следует наливать не отстоявшуюся вытяжку, а вместе с почвой, так как слой почвы на фильтре задерживает коллоидные минеральные частицы. Первые мутные порции фильтрата необходимо снова вылить на фильтр. Для анализа собирают только прозрачный фильтрат.

#### **Определение общей суммы водорастворимых веществ**

##### **(плотный, сухой остаток)**

1. Отобрать пипеткой 50 мл водной вытяжки, перенести в высушенную и взвешенную на аналитических весах фарфоровую чашку.
2. Взятый объем вытяжки выпарить досуха на водяной бане.
3. Чашку снаружи протереть, а затем высушить в сушильном шкафу при  $+105^{\circ}\text{C}$  в течение 3час.



4. Чашку с остатками охладить в эксикаторе и взвесить на аналитических весах.
5. Вычислить сухой остаток в процентах.

$$\text{Сух. ост} = \frac{a \cdot V_1 \cdot 100}{C \cdot V_2},$$

где  $a$  - масса сухого остатка, г (масса чашки с осадком - масса пустой чашки);

$V_1$  - общее количество воды, взятой для приготовления водной вытяжки, мл;

100 - коэффициент перевода в проценты;

$V_2$  - объем вытяжки, взятой для выпаривания, мл;

$C$  - навеска почвы, г.

### **Определение прокаленного остатка**

Сухой остаток дает представление об общем содержании в почве минеральных и органических соединений, извлекаемых методом водной вытяжки. По величине сухого остатка устанавливают степень засоления почвы. В некоторых случаях определяют прокаленный остаток.

Прокаленный остаток дает представление о количестве водорастворимых минеральных компонентов, перешедших в водную вытяжку.

1. Фарфоровую чашку с сухим остатком поместить в муфельную печь при температуре  $600^{\circ}\text{C}$  и прокалить в течение 1-2 часов.
2. Чашку охладить в эксикаторе и взвесить на аналитических весах снова.
3. Чашку вновь поставить в муфель и прокалить еще 30 минут, охладить и взвесить.
4. Количество прокаленного остатка вычисляют в процентах по формуле для расчета сухого остатка.



Разность между количеством сухого и прокаленного остатков дает величину потери при прокаливании, т.е. сумму органических водорастворимых веществ.

В темноокрашенных и мутных вытяжках прокаленный остаток используют для определения  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ .

### **Определение щелочности водной вытяжки**

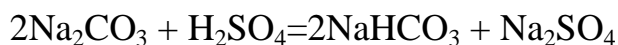
Засоленным почвам часто присуща щелочность – способность проявлять свойства оснований. При анализе водных вытяжек определяют щелочность, обусловленную  $\text{CO}_3^{2-}$  ионами (щелочность от нормальных карбонатов) и общую щелочность.

### **Определение щелочности от нормальных карбонатов**

**(в почвах при  $\text{pH} > 8,2$ ).**

Щелочность от нормальных карбонатов характерна для водных вытяжек из содовых солончаков и солонцов. В карбонатных почвах эта щелочность может быть обусловлена присутствием карбонатов.

1. В колбу объемом 100-150мл поместить 25мл водной вытяжки.
2. Прибавить 2 капли фенолфталеина, если раствор окрасится в розовый цвет, то его титруют 0,02 н.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  до обесцвечивания. Нейтрализация  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  по фенолфталеину идет до гидрокарбоната, т.е.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  оттитровывается лишь наполовину. Поэтому общее количество ионов  $\text{CO}_3^{2-}$  равно удвоенному количеству кислоты, пошедшей на титрование



Содержание  $\text{CO}_3^{2-}$ , мг-экв/100г почвы, вычислить по формуле

$$\text{CO}_3^{2-} = \frac{2a \cdot N \cdot V_1 \cdot 100}{C \cdot V_2},$$

где 2a - удвоенный объем серной кислоты, пошедшей на титрование, мл;

N - нормальность кислоты;

$V_1$  - общее количество воды, взятой для титрования водной вытяжки, мл;

100 - коэффициент пересчета на 100 г почвы;



C - навеска почвы, взятая для приготовления водной вытяжки, г;

V<sub>2</sub> - объем вытяжки, взятой для титрования, мл.

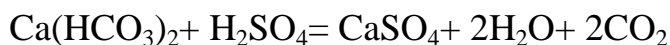
% CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> = мг-экв CO<sub>3</sub> \* 0,03 ,

где 0,03- мг-экв CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>.

### Определение общей щелочности

Определяют общую щелочность титрованием водной вытяжки 0,02 н. раствором H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в присутствии метилового оранжевого.

1. По 25 мл водной вытяжки пипеткой перенести в две колбы на 100мл;
2. Прилить в каждую по 2 капли метилового оранжевого;
3. Оттитровать вытяжку в одной колбочке 0,02 н. раствором до слабо- розового окрашивания. Изменение окраски из желтой (в нейтральной и слабощелочной среде) в слабо-розовую (в кислой среде) трудно уловимо. Поэтому для точного титрования и берут вторую колбу, которая служит для сравнения изменения окраски титруемой жидкости (свидетель). Обе колбочки следует поставить на лист белой бумаги. Нужно тщательно следить за изменением окраски в колбе, в которую приливают кислоту. Как только жидкость в ней слегка порозовеет, титрование заканчивают.



4. Общую щелочность вычисляют в миллиграмм-эквивалентах HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> на 100 г почвы и в процентах. Содержание HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> в миллиграмм-эквивалентах вычисляют по формуле:

$$\text{HCO}_3^- = \frac{a \cdot N \cdot V_1 \cdot 100}{C \cdot V_2} ,$$

где a – количество H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> , пошедшее на определение, мл;

N - нормальность раствора;



$V_1$  - общее количество воды, взятой для приготовления водной вытяжки, мл;

100 - коэффициент пересчета на 100 г почвы;

$V_2$  - объем вытяжки, взятой для титрования, мл;

$C$  - навеска почвы, г.

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

$$\text{HCO}_3^- = \frac{\text{мг - экв } \text{HCO}_3^- \cdot 61}{1000},$$

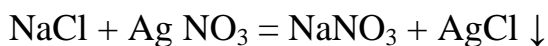
где 61 - эквивалентная масса  $\text{HCO}_3^-$ ;

1000 - коэффициент пересчета в граммы.

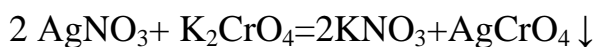
### Определение хлорид – иона

Определяют хлорид- ион титрованием водной вытяжки 0,01н. раствором  $\text{AgNO}_3$  в присутствии индикатора - 10% раствора  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ .

1. В колбы, в которых определяли щелочность, прибавляют по 1мл 10% раствора  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ .
2. Вытяжку в одной колбе 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  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ :



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

$$\text{Cl}^- = \frac{a \cdot N \cdot V_1 \cdot 100}{C \cdot V_2},$$

где  $a$  - количество титрованного раствора  $\text{AgNO}_3$ , пошедшего на определе-



ние, мл;

N – нормальность раствора;

V<sub>1</sub>- общее количество воды, взятой для приготовления водной вытяжки, мл;

V<sub>2</sub> – объем вытяжки, взятой для титрования, мл;

C - навеска почвы, г;

100- коэффициент пересчета на 100 г почвы.

Содержание хлорид - иона в процентах вычисляют по формуле:

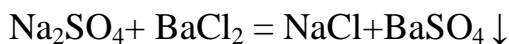
$$\text{Cl}^- = \frac{\text{мг} - \text{экв Cl}^- \cdot 35,5}{1000},$$

где 35,5 - эквивалентная масса хлора;

1000 - коэффициент пересчета в граммы.

#### **Определение сульфат - иона.**

Сульфат- ион осаждается из раствора хлористым барием в форме сульфата бария. Реакция идет по уравнению



Перед количественным определением сульфат-иона проводят качественную пробу на его наличие в водной вытяжке. Для этого в пробирку наливают 5 мл водной вытяжки, прибавляют 2 капли 10 % соляной кислоты и 1мл 10 % раствора хлористого бария, нагревают до кипения. Если в почвенном растворе есть сульфаты, то выпадает осадок, и тогда необходимо их количественное определение.

1. 50 мл водной вытяжки поместить в стакан объемом 100 мл;
2. Добавить 1-2 мл 10 % раствора соляной кислоты и доводят до кипения;
3. В кипящий раствор прилить 10 мл горячего 10 % раствора BaCl<sub>2</sub>;
4. Кипятить 3-5 мин, затем оставить в теплом месте на 15-18час;
5. Раствор отфильтровать через плотный фильтр, перенося на него осадок лишь в конце фильтрования;
6. Осадок на фильтре и стакан тщательно промыть дистиллированной водой до полного удаления бария (проба с 5 % серной кислотой);



7. Осадок с фильтром необходимо подсушить и перенести в маленький прокаленный и взвешенный тигель;
8. Прокалить в муфеле при температуре + 600<sup>0</sup>С до постоянной массы;
9. Тигель с осадком охладить в эксикаторе и взвесить.

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

где а - масса осадка BaSO<sub>4</sub>, г;

V<sub>1</sub> - общее количество воды, взятой для приготовления водной вытяжки, мл;

0,4114 - коэффициент перевода BaSO<sub>4</sub> в SO<sub>4</sub>;

С - навеска почвы, г;

V<sub>2</sub> – объем вытяжки, взятой для осаждения сульфатов, мл;

100 – коэффициент пересчета в проценты.

$$\text{мг-экв SO}_4^{2-} = \frac{\% \text{SO}_4 \cdot 1000}{48,03},$$

где 48,03- эквивалентная масса сульфата- иона;

1000 - коэффициент пересчета в миллиграммы.

### Определение суммы кальция и магния

С помощью трилона Б определить сумму кальция и магния, затем один кальций, что дает возможность вычислить содержание магния по разности.

1. В колбу объемом 100 мл пипеткой прилить 50 мл водной вытяжки.
  2. Добавить из бюретки 5мл хлоридно-аммиачного буфера и 15 капель индикатора хромогена черного. Раствор окрасится в вишнево- красный цвет.
  3. Оттитровать 0,05н. раствором трилона Б до появления синей окраски.
- При титровании раствор необходимо постоянно перемешивать. Вишнево-красный цвет жидкости вблизи эквивалентности приобретает лиловую окраску, после чего титруют медленно. Содержание Са и Mg в миллиграмм - эквивалентах вычислить по формуле



$$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} = \frac{a \cdot H \cdot V_1 \cdot 100}{C \cdot V_2},$$

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

Н - нормальность трилона Б;

V<sub>1</sub> - общее количество воды, взятой для приготовления водной вытяжки, мл;

V<sub>2</sub> - объем вытяжки, взятой для титрования, мл;

С - навеска почвы, г;

100 - коэффициент пересчета на 100г почвы.

### Определение кальция

1. В колбу объемом 100 мл пипеткой прилить 50 мл водной вытяжки.
2. Добавить 2 мл 10% раствора NaOH (для доведения рН раствора до 12) и всыпать 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.
4. Содержание кальция в миллиграмм - эквивалентах вычисляют по формуле

$$\text{Ca}^{2+} = \frac{a \cdot H \cdot V_1 \cdot 100}{C \cdot V_2},$$

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

Н - нормальность трилона Б;

V<sub>1</sub> - общее количество воды, взятой для приготовления водной вытяжки, мл;

V<sub>2</sub> - объем вытяжки, взятой для титрования, мл;

С - навеска почвы, г.;

100 - коэффициент пересчета на 100г.почвы.

Содержание кальция в процентах вычисляют по формуле



$$\text{Ca}^{2+} = \frac{\text{мг-экв Ca} \cdot 20}{1000},$$

где 20 – эквивалентная масса кальция;

1000 - коэффициент пересчета в граммы.

### Определение магния

Содержание магния в миллиграмм-эквивалентах вычисляют по формуле

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

Содержание магния в процентах вычисляют по формуле

$$\text{Mg}^{2+} = \frac{\text{мг-экв Mg} \cdot 12}{1000},$$

где 12 - эквивалентная масса магния;

1000 - коэффициент пересчета в граммы.

### Определение суммы натрия и калия

При анализе вытяжки часто  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$  непосредственно не определяют, а устанавливают их количество путем вычисления. Оно основано на том, что в растворе сумма анионов эквивалентна сумме катионов. В водной вытяжке определяют анионы  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и катионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ .

Разница между суммой эквивалентов анионов и катионов принимают как эквивалентное количество  $\text{Na}^+$ .

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

Содержание натрия в процентах вычисляют по формуле

$$\text{Na} = \frac{\text{мг-экв Na} \cdot 23}{1000},$$

где 23 - эквивалентная масса натрия;

1000 - коэффициент пересчета в граммы.



Результаты анализа записать в форму 11.

Форма 11

Сухой оста- ток, %	Содержание мг-экв/100г почвы								
	Анионы					Катионы			
	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	сумма анионов	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	сумма катионов

Для проверки точности результатов анализа водной вытяжки сравнивают сумму катионов и анионов (%) с величиной сухого остатка. Подсчитывая сумму анионов и катионов, берут половину определенного HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, так как при получении сухого остатка половина углекислоты карбонатов переходит в газообразное состояние по уравнению:



При таком подсчете сухой остаток должен быть больше (на 3-5%) суммы катионов и анионов.

По результатам анализа водной вытяжки определяют количество и состав водорастворимых солей в профиле почвы.

В зависимости от величины сухого (плотного) остатка различают почвы - незасоленные (сухой остаток менее 0,25%) солончаковатые (сухой остаток от 0,25 до 1%) обычно повышенное содержание солей характерно для нижних горизонтов. В этих случаях к основному названию добавляют термин «солончаковатый», например солончаковатая каштановая и др.

Солончаки содержат большое количество водорастворимых солей по всему профилю и сухой остаток больше 1%, иногда достигает нескольких десятков процентов.

Количество водорастворимых солей, т/га, вычисляют по формуле:

$$C = \text{Сух. ост} \cdot h \cdot d, \text{ где}$$

C - количество солей, т/га;

Сухой остаток (прокаленный остаток), %;



$h$  - мощность слоя или горизонта почвы, см;

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

Наряду с определением степени засоления необходимо установить тип засоления (качественный состав солей, засоляющих почву).

Таблица 24. Качественный состав засоления (по Лебедеву)

Вид засоления	$\frac{Cl^-}{SO_4^{2-}}$	$\frac{HCO_3^-}{Cl^- + SO_4^{2-}}$	Вид засоления	$\frac{Na^+ + K^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$	$\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$
Хлоридный	> 2	-	Натриевый	> 2	-
Сульфатно-хлоридный	2-1	-	Магниево-натриевый	2-1	> 1
Хлоридно-сульфатный	1-0,2	-	Кальциево-натриевый	1-2	< 1
Сульфатный	< 0,2	-	Кальциево-магниевый	< 1	> 1
Карбонатно-сульфатный	< 0,2	> 1	Магниево-Кальциевый	< 1	> 1
Сульфатно-содовый	-	> 2	-	-	-

Таблица 25. Классификация почв по степени засоления (В.А. Ковда, В.В. Егоров и др.)

Засоление ПОЧВ	Тип засоления, плотный остаток, %							
	хлоридно-содовый	сульфатно-содовый	содово-хлоридный	содово-сульфатный	сульфатно-хлоридный	хлоридно-сульфатный	хлоридный	сульфатный
Практически незасоленные или слабозасоленные	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,2	<0,25	<0,15	<0,3
Слабозасоленные	0,15-0,25	0,15-0,3	0,15-0,25	0,15-0,25	0,2-0,3	0,25-0,4	0,15-0,3	0,3-0,6
Среднезасоленные	0,25-0,4	0,3-0,5	0,25-0,4	0,3-0,5	0,3-0,6	0,4-0,7	0,3-0,5	0,6-1,0
Сильнозасоленные	0,4-0,6	0,5-0,7	0,4-0,6	0,5-0,7	0,6-1,0	0,7-1,2	0,5-0,8	1,0-2,0



Солончаки	>0,6	>0,7	>0,6	>0,7	>1	>1,2	>0,8	>2,0
-----------	------	------	------	------	----	------	------	------

Большое содержание солей - характерная особенность солончаков, поэтому они характеризуются низким плодородием. На засоленных почвах у культурных растений нарушается минеральное питание и обмен веществ, ослабевает фотосинтез и, как следствие, снижается урожай и его качество.

Степень засоления почв	Состояние среднесолеустойчивых растений
Практически незасоленные (или слабозасоленные)	Хороший рост и развитие (выпадов растений нет, урожай нормальный)
Слабозасоленные	Слабое угнетение (выпады растений и снижение урожая на 10-20%)
Среднезасоленные	Среднее угнетение (выпады растений и снижение урожая на 20-50%)
Сильнозасоленные	Сильное угнетение (выпады растений и снижение урожая на 50-80%)
Солончаки	Выживают единичные растения (урожая практически нет)

Степень токсичности солей определяется их составом и растворимостью. Токсичность солей возрастает от сульфатного к содовому типу засоления. Особенно токсична сода - Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Различные соли и ионы неодинаково токсичны для растений, суммарный эффект токсичности выражают в мг-экв. хлора 1Cl<sup>-</sup> = 0,1; CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> = 2,5-3,0; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 5-6 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>;

т.е 1 мг-экв Cl<sup>-</sup> в 10 раз менее токсичен, чем 1мг- экв CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> и в 2,5-3,0 раза более токсичен, чем ион HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> и в 5-6 раз токсичнее иона SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, т.е суммарный эффект токсичных ионов, мг-экв будет равен:

$$CЭ= \frac{\text{мг-экв Cl}^-}{1} + \frac{\text{мг-экв CO}_3^{2-}}{0,1} + \frac{\text{мг-экв HCO}_3^{2-}}{2,5 - 3,0} + \frac{\text{мг- экв SO}_4^{2-}}{5-6}$$



Степень засоления почв определяют в этом случае по таблице 26.

Таблица 26. Степень засоления почв в зависимости от суммарного эффекта токсичных ионов

Степень засоления	«Суммарный эффект» токсичных ионов ( $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{HCO}_3^-$ , $\text{Cl}^-$ и $\text{SO}_4^{2-}$ ), выраженный в м.-экв. на 100г почвы
Незасоленные	< 0,3
Слабозасоленные	0,3-1,0(1,5)
Среднезасоленные	1,0(1,5)- 3,0(3,5)
Сильнозасоленные	3,0(3,5)- 7,0(7,5)
Очень сильно засоленные	> 7,0(7,5)

При засолении почв без участия гипса следует пользоваться низшими показателями «суммарного эффекта», а в присутствии гипса - высшими.

Для приблизительной оценки суммы токсичных солей можно пользоваться эмпирической формулой.

$$\text{Сумма токсичных солей, \%} = \frac{\text{Na}^+ + \text{Mg}^{2+}}{15},$$

где  $\text{Na}^+$ - содержание Na в водной вытяжке, мг-экв/100г;

$\text{Mg}^{2+}$ -  $\text{Mg}^{2+}$  содержание магния в водной вытяжке, мг-экв/ 100г.

Распределение и состав водорастворимых солей в профиле почвы можно выразить графически (рис. 3, 4).



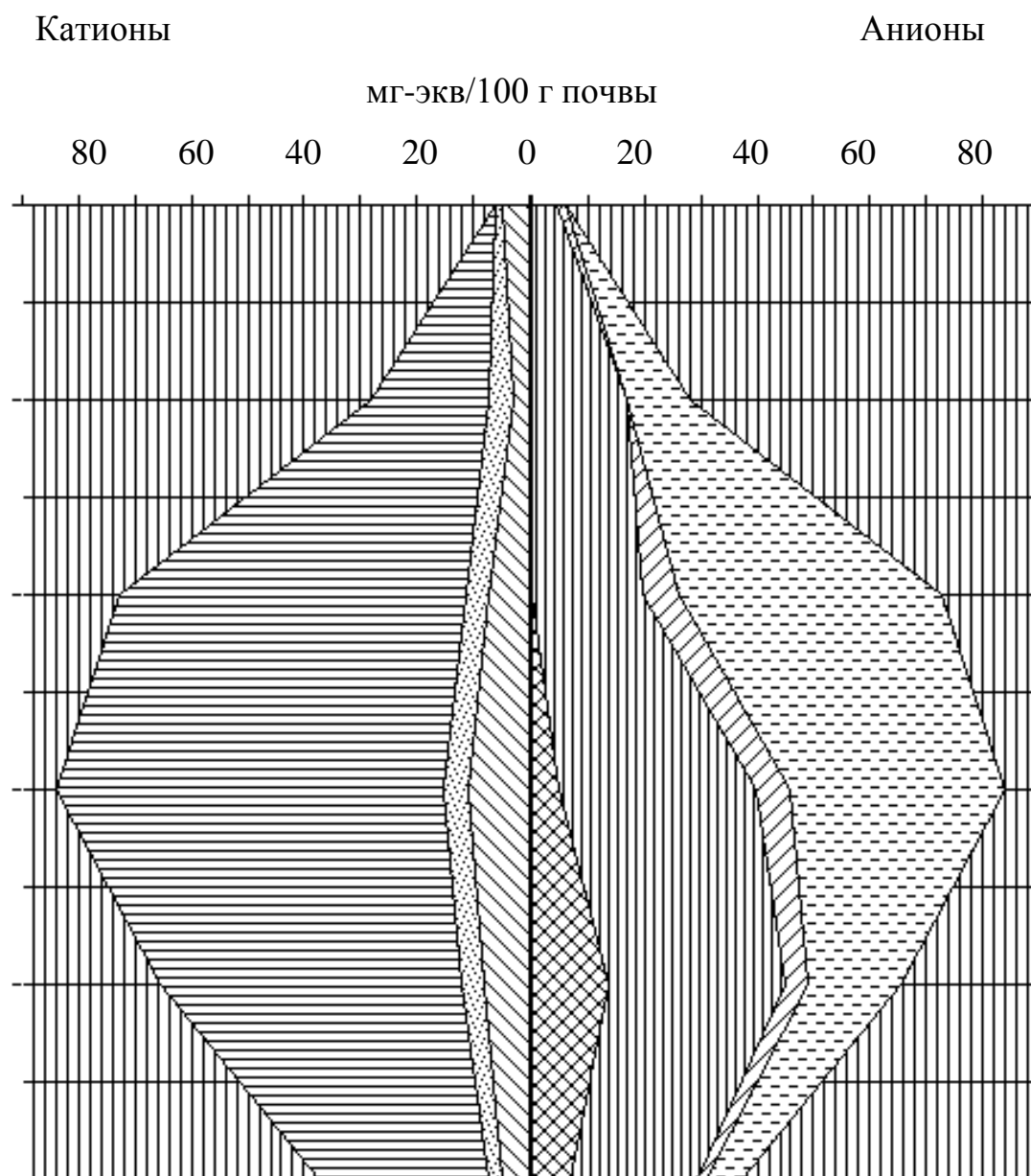


Рисунок 3. Солевой профиль солонца

Катионы:



$\text{Na}^+$



$\text{Mg}^{2+}$



$\text{Ca}^{2+}$

Анионы:



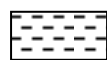
$\text{CO}_3^{2-}$



$\text{HCO}_3^-$



$\text{Cl}^-$



$\text{SO}_4^{2-}$



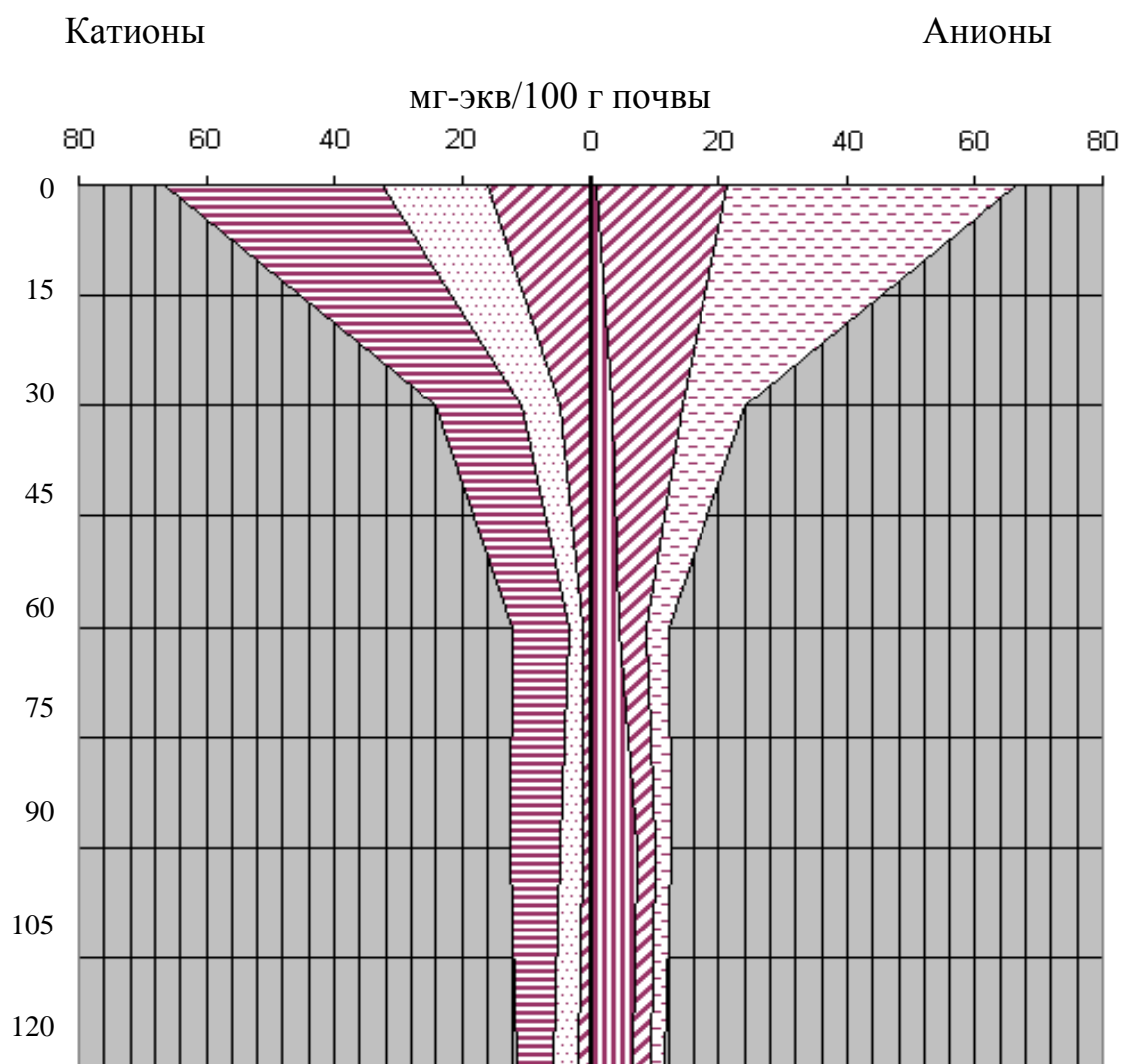
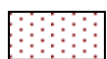


Рисунок 4. Солевой профиль солончака

Катионы:



$\text{Na}^+$



$\text{Mg}^{2+}$



$\text{Ca}^{2+}$

Анионы:



$\text{HCO}_3^-$



$\text{Cl}^-$



$\text{SO}_4^{2-}$



### Задания для самостоятельной работы

1. Используя данные таблицы 27, выполнить следующие задания.

Таблица 27. По данным анализа водной вытяжки определить тип почвы, степень и тип засоления, вычертить график солевого профиля.

Глубина, см	Сухой остаток, %	Миллиграмм-эквиваленты в 100г почвы						
		$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-10	нет	0,48	0,06	нет	0,50	0,04	нет	7,47
10-20	нет	1,67	нет	1,14	0,30	0,42	2,09	8,0
20-30	нет	1,98	0,62	4,68	0,72	0,42	6,89	8,2
30-40	0,5	3,48	0,59	3,83	1,09	0,42	6,89	8,9
40-60	1,37	3,11	0,42	1,66	0,79	0,41	5,30	9,6
80-100	0,70	2,25	0,14	0,64	0,50	0,21	3,02	9,0
0-12	5,64	нет	0,54	58,35	30,85	20,25	17,08	53,01
23-33	4,01	нет	0,50	32,04	23,81	18,1	12,66	25,59
56-65	4,37	нет	0,41	71,8	8,93	3,4	14,33	63,41
100-110	1,91	нет	0,36	25,1	6,39	2,35	11,5	18,0
0-10	0,4	нет	2,8	0,3	0,8	0,5	0,8	2,6
10-20	0,75	нет	4,3	0,6	1,7	1,5	1,6	3,5
20-30	0,95	0,2	1,0	0,8	12,7	0,5	0,8	14,4
40-50	1,54	0,4	1,0	4,8	20,2	0,2	0,8	25,4
50-60	2,0	0,07	0,8	4,8	22,2	0,4	1,6	25,9
60-90	1,64	0,07	0,7	7,6	14,6	0,5	2,5	20,0
0-6	4,6	нет	0,62	20,73	45,26	16,07	16,61	33,93
12-20	1,55	нет	3,06	11,0	10,18	4,74	6,03	13,47
31-41	0,85	нет	4,40	4,0	3,64	1,0	2,22	8,82
53-63	0,91	нет	7,16	2,71	2,66	1,15	3,37	8,01
110-120	0,79	нет	6,50	2,54	2,14	1,6	4,11	5,47



1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-5	3,57	нет	13,05	9,56	27,71	3,54	3,95	42,83
16-26	2,26	нет	14,34	12,21	4,56	2,34	2,14	27,63
37-47	1,51	нет	11,72	6,32	2,76	1,55	1,23	18,05
67-77	1,45	нет	10,47	4,85	3,66	1,0	0,33	17,35
100-110	1,18	нет	9,64	2,93	3,23	2,29	2,14	11,37
130-140	1,13	нет	10,65	2,45	1,94	1,8	4,03	9,21
0-25	2,96	0,32	7,8	35,58	12,25	2,25	29,2	24,5
54-83	2,89	0,20	17,4	27,45	14,38	4,88	25,8	28,75
83-110	2,26	0,20	11,4	23,28	13,63	3,25	18,0	27,26
110-120	2,32	0,20	12,2	23,64	13,50	3,50	19,0	27,04
133-142	2,03	0,23	8,67	22,35	14,0	2,88	14,3	28,0
142-160	2,23	0,20	10,0	24,15	14,25	2,88	16,7	29,02
0-8	3,21	0,3	32,1	20,7	19,8	7,4	25,9	1,5
12-20	3,21	0,3	28,6	21,3	18,6	8,4	33,0	1,3
50-60	3,52	0,3	37,3	23,1	19,9	10,9	29,7	1,6
95-100	3,91	0,3	42,6	24,2	17,6	19,2	30,2	1,8
0-15	2,55	0,6	19,7	22,3	17,4	0,8	24,4	34,8
40-50	2,70	0,4	17,2	21,4	17,8	0,7	20,5	35,5
65-75	2,35	0,4	15,7	21,8	16,4	0,6	20,3	33,4
90-100	2,58	0,4	17,9	23,2	15,8	0,7	25,0	31,6
141-150	0,69	0,6	2,2	7,7	3,2	0,4	6,9	6,4
0-10	0,087	0,12	0,23	0,90	0,9	0,29	0,87	7,1
10-20	0,238	0,24	0,69	3,46	0,96	0,96	2,43	7,2
30-40	1,935	0,32	1,66	18,19	3,96	3,64	12,57	7,3
50-60	0,546	0,89	1,58	6,89	0,38	1,44	7,53	8,1
60-70	0,466	0,97	1,39	5,16	0,19	0,77	6,56	8,1
80-90	0,480	1,13	1,27	4,48	0,96	0,38	5,21	8,3
110-120	0,393	0,85	0,23	1,31	0,19	0,57	1,62	7,9



2. Используя данные таблицы 28, выполнить следующие задания:

Таблица 28. По данным анализа водной вытяжки определить: Na по разности, степень и тип засоления.

Почва	Глубина, см	Сух. ост %	Общая щелочность	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
			мг-экв / 100 г почвы					
1	0-8	1,85	0,64	0,20	29,19	9,35	1,08	
2	0-10	0,67	0,88	1,89	7,43	0,55	1,56	
3	0-16	2,04	0,64	12,21	17,31	4,70	2,47	
4	0-5	4,00	0,43	9,00	45,56	7,70	7,15	
5	0-2	2,83	0,80	33,82	5,41	19,60	2,55	
6	0-5	5,91	0,46	48,51	10,01	8,30	6,66	
7	0-10	16,08	5,83	4,77	213,61	Следы	Следы	
8	0-10	2,74	9,82	4,48	22,26	Следы	Следы	
9	0-5	2,65	12,08	14,84	8,80	Следы	Следы	
10	0-20	0,93	5,56	4,37	1,97	нет	нет	
11	0-10	1,42	0,51	1,40	19,05	4,99	2,82	
12	0-5	1,01	0,70	0,04	14,40	9,47	2,45	
13	0-12	0,45	1,19	1,65	4,08	0,17	0,15	
14	0-15	1,29	0,52	12,81	5,41	0,26	1,27	
15	0-5	9,98	0,80	18,86	122,45	6,85	10,83	
16	0-6	0,80	14,93	0,34	0,10	0,04	нет	
17	0-2	5,16	1,50	8,42	71,74	9,41	39,24	
18	0-5	3,73	0,94	50,84	10,82	23,04	7,36	
19	0-2	0,45	0,53	1,47	5,29	3,94	1,21	
20	0-5	1,84	0,82	21,41	8,27	15,50	4,27	
21	0-10	0,70	0,90	8,22	2,03	2,45	1,01	
22	0-12	5,64	0,54	58,95	30,85	20,25	17,08	
23	0-25	2,96	0,32	7,80	35,58	12,26	2,24	



### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Что представляет собой почвенный раствор (состав, концентрация, реакция)?
2. Каково значение почвенного раствора в плодородии почв и питании растений?
3. За счет чего и как формируются почвенные растворы?
4. Какие отличия в концентрации, составе и свойствах почвенных растворов типов почв?
5. Почему почвенные растворы могут оказывать негативное влияние на сельскохозяйственные культуры?
6. Назовите методы выделения почвенных растворов.
7. Каковы основные причины образования засоленных почв?
8. Что положено в основу классификации засоленных почв?
9. Как можно регулировать концентрацию, состав и свойства почвенных растворов в земледельческой практике?
10. Как рассчитать запас солей в профиле почвы?
11. По каким показателям оценивают сумму токсичных солей и суммарный эффект токсичности?



# ВОЗДУШНЫЕ СВОЙСТВА И ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ

## Задания для самостоятельной работы

1. Определите оптимальный газовый состав почвы:

- 1)  $O_2$  – 8,  $CO_2$  – 11 %;
- 2)  $O_2$  – 12,  $CO_2$  – 8 %;
- 3)  $O_2$  – 15,  $CO_2$  – 4 %;
- 4)  $O_2$  – 18,8,  $CO_2$  – 0,8 %.

2. Определите

пористость аэрации и дайте ее оценку:

- 1) для слоя почвы 0-20 см при общей пористости 56 %, полевой влажности 32% и плотности сложения 1,1 г/см<sup>3</sup>;
- 2) для пахотного слоя 0-22 см при полевой влажности 28 %, общей пористости 52 %, плотности сложения 1,25 г/см<sup>3</sup>;
- 3) плотность твердой фазы – 2,5 г/см<sup>3</sup>, плотность сложения – 1,15 г/см<sup>3</sup>, влажность почвы – 25 %;
- 4) плотность сложения – 1,05 г/см<sup>3</sup>, ПТФ – 2,5 г/см<sup>3</sup>, влажность почвы 30 %;
- 5) слой почвы 0-20 см, влажность – 20 %, общая пористость – 58 %, плотность сложения – 1,2 г/см<sup>3</sup>.

## Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какое количество  $CO_2$  содержат почвы?
2. Почему суммарное содержание  $O_2$  +  $CO_2$  в почвенном воздухе бывает меньше?
3. При каких минимальных значениях содержания кислорода происходят аэробные процессы?
4. Какая пористость аэрации является оптимальной для культурной почвы?
5. Почему в почвенном воздухе заболоченных почв увеличено количество  $CO_2$ ?
6. Что такое коэффициент дыхания и когда он бывает больше единицы?



7. Какие причины оказывают влияние на поглощение почвой кислорода?
8. Какие мероприятия необходимо провести, чтобы почва имела благоприятный газовый состав?
9. Какова динамика содержания  $O_2$  и  $CO_2$  в почве?
10. Какими условиями определяется газообмен между атмосферным и почвенным воздухом?
11. Какое содержание кислорода в почвенном воздухе приводит к гибели растений?
12. Почему газообмен в песчаной почве выше, чем в суглинистой?
13. Почему содержание углекислого газа в почвенном воздухе выше, чем в атмосферном?
14. С чем связано уменьшение с глубиной содержания кислорода в почвенном воздухе и увеличение – углекислого газа?
15. При каком содержании  $CO_2$  в почвенном воздухе наблюдается угнетение развития растений и микроорганизмов?
16. Особенности состава почвенного воздуха.
17. Какие факторы обуславливают газообмен в почвах?
18. Значение воздуха в почве.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова Л.Н. Органическое вещество почв и процесс его трансформации / Л.Н. Александрова.- Л.: Наука, 1980. - 287 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина.- М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
3. Бурлакова Л.М. Сборник задач по курсу почвоведение / Л.М. Бурлакова.- Барнаул, 1979. – 48 с.
4. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв / Л.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина.- М.: Агропромиздат, 1984. – 416 с.
5. Воробьева Л.Н. Химический анализ почв / Л.Н. Воробьева.- М.: Изд-во МГУ, 1998. – 272 с.
6. Донских И.Н. Методические указания для самостоятельной работы / И.Н. Донских.- Л., 1988. – 165 с.
7. Общее почвоведение / Мамонтов В.Г., Панов Н.П., Кауричев И.С., - Изд-во КолоС. – 456 с.
8. Орлов Д.С. Химия почв /Д.С. Орлов.- М.:Изд-во МГУ,1992. – 376 с.
9. Почвоведение / под ред. И.С. Кауричева.- М.: Агропромиздат., 1989. – 720 с.
10. Практикум по почвоведению / под ред. И.С. Кауричева.- М.: Агропромиздат, 1986. – 336 с.
11. Почвоведение: Методические указания к выполнению лабораторных работ/М.С. Сиухина.- НСХИ-НГАУ, 1986.40с.;1996. - 32с .; 1999. – 30с.
12. Почвоведение: Методическая разработка для самостоятельной работы / М. С. Сиухина. - НГАУ, 1992. – 32 с.
13. Почвоведение: Методическое пособие для самостоятельной работы / М.С. Сиухина. – НГАУ, 2002. - 31с.
14. Почвоведение: Методические рекомендации для выполнения курсовой работы / М.С.Сиухина.- НГАУ, 2006. – 25 с.



**Сиухина Мария Сидоровна**

## **ПОЧВОВЕДЕНИЕ**

### **Учебно-методическое пособие для лабораторных и самостоятельных работ**

Редактор Т.К. Короткова

Компьютерная верстка А.А. Ребров

---

Подписано в печать 27 апреля 2015 г.  
Формат 60x84 1/16. Объем 5,0 уч.-изд.л., 7,0 усл.печ.л.  
Бумага офсетная. Изд. № 51  
Заказ №158. Тираж 200 экз.

---

Отпечатано ООО «Печатное издательство Агро-Сибирь»  
г. Новосибирск, ул. Никитина, 155, тел.: (383) 267-19-90  
e-mail: agropint@mail.ru