

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н. И. Вавилова»

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В АГРОФИЗИКЕ

краткий курс лекций

для аспирантов

Направление подготовки
35.06.01 Сельское хозяйство

Профиль подготовки
Агрофизика

Саратов 2014

УДК 631.4
ББК 40.3
П73

Рецензенты:

Заведующий отделом «Экологии агроландшафтов и ГИС» ВНИИСХ Ю-В, доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ»

И.Ф.Медведев

Доктор с.-х. наук, профессор кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия» ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ»

Н.Е.Синицына

П73 **Методы исследований в агрофизике:** краткий курс лекций для аспирантов направления подготовки 35.06.01 «Сельское хозяйство» / Сост.: В.И. Губов// ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014. – 66 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Методы исследований в агрофизике» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для аспирантов направления подготовки 35.06.01 «Сельское хозяйство». Краткий курс лекций содержит теоретический материал по основным методам определения важнейших процессов и свойства почвы, путям их рационального использования. Направлен на формирование у аспирантов знаний об основных агрофизических свойств почв, и умения применять эти знания для решения профессиональных задач.

УДК 631.4
ББК 40.3

© Губов В.И., 2014

© ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2014

Введение.

Почва, как физическое тело, представляет собой полидисперсную, гетерогенную систему, состоящую в основном из минеральных частиц различной величины и разного минералогического и химического составов. Между этими частицами образуются пустоты (поры), заполненные почвенным раствором или почвенным воздухом.

Почвы, благодаря своей дисперсности, обладают большой поверхностью и значительной поверхностной энергией. Это обеспечивает проявление процессов обмена между твердой и жидкой фазами почвы.

Степень проявления процессов в почве зависят от агрофизических свойств почвы. Для понимания физических процессов и механизмов формирования физических свойств почвы важнейшее значение имеют методы исследований в агрофизике. Наиболее тесный контакт дисциплина «Методы исследований в агрофизике» имеет с земледелием и мелиорацией, задачей которых является временное или коренное улучшение, главный образом, физических свойств почвы для практических целей.

Знание физических свойств почв и грунтов важно при оценке их как строительного фундамента, санитарного состояния (Воронин, 1979; Дояренко, 1963). В настоящее время изучению физических свойств почвы уделяется большое внимание; оно производится как в стационарных условиях, так и в экспедиционных.

Краткий курс лекций по дисциплине «Агрофизические свойства почв» предназначен для аспирантов по направлению подготовки 35.06.01 «Сельское хозяйство». Он раскрывает фазовый состав почвы, особенности почвы как физического тела, основные физические свойства почв, их взаимосвязь, пути рационального их использования и мероприятия по мелиорации. Курс нацелен на формирование у аспирантов обще профессиональных компетенций: «способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях» (УК-1); «способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки» (УК-2); «готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач» (УК-3); обще профессиональных компетенций: «владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции» (ОПК-1); «владением культурой научного исследования в области сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий» (ОПК-2); «способностью к разработке новых методов исследования и их применению в области сельского хозяйства, агрономии, защиты растений, селекции и генетики сельскохозяйственных культур, почвоведения, агрохимии, ландшафтного обустройства территорий, технологий производства сельскохозяйственной продукции с учетом соблюдения авторских прав» (ОПК-3); и профессиональных компетенций: «способностью оценивать почвенно-экологические условия и степень пригодности их для возделывания сельскохозяйственных культур» (ПК-2); «владением методами диагностики почвообразовательного процесса, системного исследования почв в агроэкосистемах, устойчивости почв к антропогенному воздействию» (ПК-3); «готовностью применять приемы управления агрофизическими свойствами почв и рационального использования биологических ресурсов на основе теоретико-методологических основ системного исследования плодородия» (ПК-4).

Лекция 1. Методы исследований в агрофизике

Как всякая сложная система, почва обладает источниками информации, такими как вещественный состав, материальные свойства, закономерности распределения почв на поверхности земли, история развития, почвообразовательные процессы, обмен веществом и энергией с другими природными телами, плодородие почв и др. Для получения такой информации почвоведение использует методы других естественных наук: химии, физики, биологии, биохимии, геохимии, геологии, гидрологии и ряда других. В то же время почвоведение, как самостоятельная наука, имеет свои методы и приемы исследований.

Сравнительно-географический метод. Сущность метода заключается в выявлении коррелятивных связей между строением, составом и свойствами почв, с одной стороны, и факторами почвообразования — с другой. Установление таких связей позволило В. В. Докучаеву разработать теоретические основы современного почвоведения и установить целый ряд общих закономерностей генезиса и географии почв, в частности, учение о факторах почвообразования, о зональности и вертикальной поясности и др. В. В. Докучаев назвал почву "зеркалом" ландшафта, в ней отражены особенности взаимодействия факторов почвообразования в каждом отдельном месте. Открытие закономерных связей между типом почвы и биоклиматическими условиями позволило В. В. Докучаеву в конце XIX века составить первую почвенную карту северного полушария дедуктивным методом.

Разновидности сравнительно-географического метода — **сравнительно-геоморфологический и сравнительно-литологический**, основанные на установлении связей между почвенными разностями, рельефом местности и почвообразующими породами, широко используются в настоящее время при крупномасштабном картографировании почв. Однако некоторые свойства почв обусловлены не действием современных факторов почвообразования, а остались от прошлых эпох, когда факторы почвообразования отличались от существующих. Такие свойства почв называют реликтовыми.

Сравнительно-исторический метод. В основу метода положен принцип актуализма, который позволяет исследовать реликтовые свойства почв на основе изучения современных процессов почвообразования и их связи с современными факторами почвообразования.

Профильный метод. Сущность метода заключается в изучении системы генетических горизонтов, включая почвообразующую породу, которые являются следствием почвообразовательного процесса, агрогенного воздействия или же связаны с неоднородностью (слоистостью) почвообразующей породы. Разновидностью профильного метода является сравнительно-аналитический метод. Сущность его заключается в сравнении вещественного состава и свойств твердой фазы каждого из почвенных горизонтов, с одной стороны, и материнской породы — с другой. Изменения в почвенном профиле, найденные таким сравнением, служат основой для суждения о природе процессов почвообразования и причинах вертикальной анизотропности почвы: выносе и накоплении веществ, образовании и разрушении химических соединений в отдельных генетических горизонтах. Как правило, эти изменения протекают с малыми скоростями и накапливаются в течение длительного времени (сотни и тысячи лет). Непосредственное наблюдение за ходом этих изменений неосуществимо. При использовании сравнительно-аналитического метода принимаются три допущения.

1. Исходная материнская порода, из которой образовалась изучаемая почва, не была слоистой.
2. Слой почвы, принимаемый исследователями за почвообразующую породу, существенно не изменился за период существования почвы.
3. Процесс почвообразования на протяжении всего времени существования почвы шел

в одном направлении.

Такие допущения определяют некоторую условность результатов применения метода, тем не менее этот метод в сочетании с другими позволил объяснить с разной степенью достоверности причины вертикальной анизотропности многих типов почв.

Профильный метод предусматривает использование наиболее распространенных приемов, методов и анализов, характеризующих твердую фазу почвы. При этом изучаются в каждом генетическом горизонте: морфология, микроморфология, физические свойства, гранулометрический состав, агрегатный и микроагрегатный состав, валовой химический состав, формы химических соединений, физико-химические свойства, состав и свойства органического вещества, минералогический состав и др.

Стационарный метод, или **метод почвенно-режимных наблюдений**. Сущность его заключается в изучении почвенных режимов: водного, теплового, солевого, газового, реакции среды, окислительно-восстановительных условий, биологической активности и др. Этот метод лежит в основе биосферного мониторинга. Под почвенным режимом какого-либо соединения понимается динамика его качественного содержания и состава, связанная с процессами его образования, передвижения, распада, поступления в почву и выноса из почвы. Критерием возможности полного изучения режима какого-либо соединения является возможность определения полного его баланса за определенное время. Режимы соединений в почвах имеют разную степень изученности. Многие из них играют большую роль в плодородии и являются предметом изучения агрономического почвоведения.

Стационарный метод включает большое разнообразие способов и приемов исследований, специфических методов почвоведения более низкого порядка и методов смежных наук. Широкое распространение получили методы почвенных лизиметров и стоковых площадок, сущностью которых явилось изучение состава почвенных растворов, внутрпочвенного и поверхностного стока, собираемых с определенного объема или площади за определенное время.

Метод моделирования. Сущность метода заключается в экспериментальном воспроизведении различных явлений и процессов, совершающихся или гипотетических, в обстановке контролируемого эксперимента в полевых или лабораторных условиях. Моделирование может производиться как на естественных, так и на искусственных объектах. В последние годы все большее распространение получают математическое и физико-химическое моделирование с использованием компьютерной техники.

Картографический метод. Применяется для изображения на картах почвенного покрова определенных территорий. Он использует методы картографии и топографии, специфические методы почвоведения, такие как сравнительно-географический, метод почвенных ключей, а также и аэрокосмические методы с использованием аэро- и космических снимков.

В агропочвоведении широко используются методы агрохимии и земледелия, такие как исследования в полевых, микрополевых, вегетационно-полевых и вегетационных опытах.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Становление науки «Почвоведение» и его раздела «Агрофизические свойства почв»
- 2) Основоположники науки «Почвоведение» и раздела «Агрофизика почв».
- 3) Важнейшие элементы почвенного плодородия.
- 4) Значение трудов крупнейших ученых в становлении науки «Физика почв»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. **Ковриго В.П.** Почвоведение с основами геологии: учебник /В.П. Ковриго, И.С. Кауричев, Л.М. Бурлакова. – 2-е изд., доп. И перераб. – М. : КолосС, 2008. – 439 с. : ил.
2. **Мамонтов В.Г.**Общее почвоведение/ В.Г. Мамонтов [и др.]. – М.: КолосС, 2006. – 456 с.
3. **Муха В.Д.** Агрочвоведение: Учебник для студентов высших учебных заведений/ В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха; Под ред. В.Д. Мухи. – М.: КолосС, 2003.– 528 с.

Дополнительная

1. **Наумов В.Д.**География почв: учебное пособие / В.Д. Наумов. – М. : КолосС, 2008. – 288 с. : ил. – (Учебники и учеб.пособия для студентов высш. Учеб.заведений).
2. **Баздырев Г.И.**Земледелие с основами почвоведения и агрохимии: учебник / Г.И. Баздырев, А.В. Сафонов. - М. : КолосС, 2009. - 415 с. : ил. - (Учебники и учеб.пособия для студентов высш. учеб. заведений).
3. **Синицына Н.Е.**Почвы Саратовской области/ Н.Е. Синицына, В.В. Кравченко, С.И. Сысоев, В.И. Губов, Ю.М. Гришин, Т.И. Павлова; Под общей ред. Синицыной Н.Е.; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2009. – 98 с.
4. **Шеин Е.В.** Агрофизика/ Е.В. Шеин, В.М. Гончаров. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 400с. Ил. (Высшее образование).

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Базы, информационно-справочные и поисковые системы: Yandex, Google, Rambler
2. <http://forest.geoman.ru/forest/item/f00/s01/e0001231/index.shtml>
3. <http://library.sgau.ru>

<http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>

Лекция 2.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОЧВЫ КАК ПРИРОДНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ТЕЛА

Почва - многофазное природное тело, вещество которого представлено фазами: жидкая, газовая, живая и твёрдая.

Твёрдая фаза состоит из минеральной части и органической. Основную же массу почвы, как природного образования, составляет ее минеральная часть. Органическая часть преобладает в органогенных горизонтах (подстилки, торфяные горизонты, степной войлок). В гумусо-аккумулятивных горизонтах на долю органической части приходится 5-15% общей массы горизонта.

Минеральная часть профиля составляет основную его часть, следовательно, в ней и происходят все процессы почвообразования, включая физические. Поэтому необходимо детально знать состав и свойства минеральной части почв, как их матрицы.

Твёрдая фаза почв состоит из частиц различных минералов. Эти частицы, или элементарные почвенные частицы (ЭПЧ). Представляют собой обособленные минеральные, органо-минеральные, органические образования кристаллического или аморфного строения, все молекулы которого находятся в химической взаимосвязи. Различают первичные механические элементарные частицы, которые образуются в процессе выветривания, дробления горных пород и минералов, и вторичные частицы, образующиеся путём синтеза конечных продуктов выветривания молекулярного и коллоидного размеров, коагуляции, а также биологическим путём.

2.1. Состав минеральной части почв

Минеральная часть почвы происходит от горной породы и минералов, трансформирующихся в процессе выветривания, и наследует химический, гранулометрический и минералогический состав последних.

Напомним, что в формировании земной коры принимают участие три основных типа горных пород:

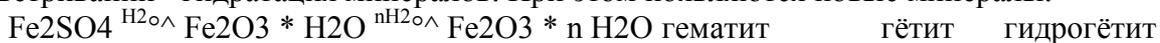
- магматические - образовались путём охлаждения и затвердения магмы в толще земной коры или путём охлаждения и затвердения лавы, излившейся на поверхность Земли при вулканических извержениях;
- метаморфические - образовались в глубинных зонах Земли из осадочных и магматических пород путём перекристаллизации под воздействием высокого давления, температуры, горячих вод, газов;
- осадочные - представляют собой продукты механического и химического выветривания магматических и метаморфических пород. Формируются на дне океанов, морей, озёр, болот и на поверхности суши.

Все три типа горных пород подвергаются воздействию климата, живых организмов, что приводит к их трансформации, сопряженной с усложнением строения минералов, образованием вторичных минералов, перераспределением химических элементов. Данный процесс называют выветриванием. Выветривание горных пород можно представить в виде общей схемы: порода

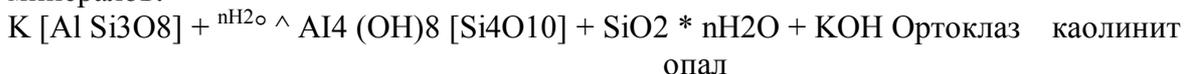
(100% первичных минералов) + температура воздуха + H₂O + O₂ + CO₂ + органическое вещество + первичные минералы (30-90%) + вторичные минералы (глинистые) + растворимые соли + оксиды.

По Польшову, процесс выветривания происходит в несколько этапов. На I этапе происходит механическое дробление горных пород и минералов без изменения их химического состава. На этом этапе преобладает физическое выветривание. Порода начинает пропускать и задерживать влагу, в более глубокие слои проникают газы O₂ и CO₂. Постепенно под воздействием атмосферных осадков продукты выветривания лишаются соединений хлора и серы - начинается химическое выветривание. На II этапе

минеральная масса, уже лишенная соединений хлора и серы, теряет щелочные и щелочноземельные основания. Химическое выветривание сопряжено с реакцией окисления первичных минералов. При этом к окислителям относятся кислород (O₂), сера в форме (S₀) и углерод в форме (CO₂). Так, Fe²⁺, Mn²⁺, S²⁻ окисляясь, переходят в соединения Fe₂O₃, MnO₂, Na₂SO₄, CaSO₄. Следующая реакция при химическом выветривании - гидратация минералов. При этом появляются новые минералы:



При химическом выветривании характерно также взаимодействие веществ с водой с образованием различных соединений - это реакция гидролиза. Она приводит к замещению щелочных и щелочноземельных катионов на ионы водорода в кристаллических решетках минералов:



Химическое выветривание приводит к изменению физического состояния минералов, их кристаллической структуры, к формированию вторичных глинистых минералов (каолинит, монтмориллонит и др.), обладающих высокой ёмкостью поглощения и влагоёмкостью. Процесс химического выветривания неотделим от биологического выветривания, которое заключается в преобразовании минералов и горных пород под воздействием живых организмов и продуктов их жизнедеятельности (микроорганизмы, лишайники, макроорганизмы - сурки, кроты и др.).

Свойства почв во многом определяются химическим составом первичных минералов, их кристаллической структурой и количеством образовавшихся из горных пород в процессе выветривания вторичных минералов. Принято считать, что к первичным минералам относятся частицы более 0,001 мм, ко вторичным - менее 0,001 мм. Такое разделение довольно условно, но всегда подразумевается, что первичные минералы в процессе выветривания трансформируются во вторичные (глинистые) минералы.

Первичные минералы Как уже отмечалось, первичные минералы унаследованы от исходной, материнской почвообразующей породы. Но количество первичных минералов и их соотношение между собой отличается от исходного состояния вследствие внутрипочвенных процессов выветривания.

Первичные минералы отражают минералогический состав почвообразующей породы. Но в минералогическом составе почв, в отличие от исходной горной породы, из первичных минералов преобладают наиболее устойчивые, не подвергшиеся разрушению.

По степени нарастания степени устойчивости первичных минералов к разрушению они располагаются в следующем порядке:

Кальцит ^ доломит ^ оливин ^ авгит ^ диопсид ^ гиперстен ^ роговая обманка ^ биотит ^ хлорит ^ эпидот ^ плагиоклазы ^ полевые шпаты ^ апатит.

Устойчивые первичные минералы остаются в почве, формируя её скелет, гранулометрический состав, а менее устойчивые трансформируются во вторичные минералы. Из устойчивых минералов наибольший агрономический интерес представляют полевые шпаты, слюда, кварц, амфиболы и пироксены, составляющие основную массу магматических пород (по Ф.У. Кларку):

| Минералы | Содержание, % |
|----------------------|---------------|
| Полевые шпаты | 59,5 |
| Кварц | 12,0 |
| Амфиболы и пироксены | 16,8 |
| Слюды | 3,8 |
| Прочие минералы | 7,9 |

В почвах, первичными минералами наиболее богаты крупные фракции мелкозема (более 0,001 мм), но больше всего их содержит песчаная фракция (более 0,01 мм).

Вторичные минералы

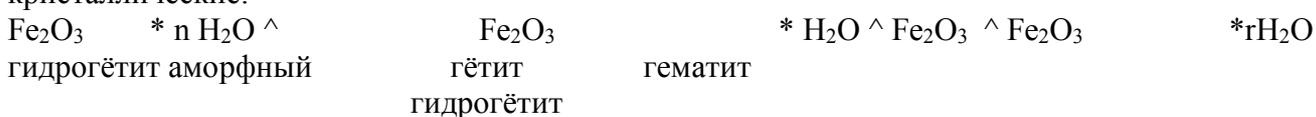
Вторичные минералы являются продуктом процессов почвообразования.

Исключением могут служить глинистые (глинные) минералы, в основном унаследованные от древнего почвообразования или от процессов гипергенеза коры выветривания.

Способы образования вторичных минералов в процессе выветривания разнообразны. Наиболее распространены следующие:

1. Кристаллизация твердых минералов (минералы простых солей) из раствора заключается в том, что соли, находящиеся в растворённом состоянии, при испарении воды или понижении температуры кристаллизуются. В условиях сухого климата в почве накапливаются галит (NaCl), мирабилит ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$), гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$), сода ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$), кальцит (CaCO_3), магнезит (MgCO_3) и другие минералы. Эти минералы определяют степень и характер засоления, формирование горизонтов, насыщенных карбонатом кальция, гипсом.

2. Кристаллизация твердых аморфных веществ (минералы класса гидроксидов и оксидов). Образование минералов таким способом широко распространено. Примером является переход аморфных гидроксидов железа и алюминия в кристаллические:



кристаллический

3. Гидролиз, гидратация и дегидратация, окислительно-восстановительные реакции, диспергирование, изоморфные замещения первичных и вторичных минералов.

Глинистые минералы составляют в основном самые мелкие фракции мелкозема (менее 0,001 мм). Именно эти фракции (состоящие в основном из глинистых минералов) и определяют многие процессы, протекающие в почвах, включая физические.

Среди глинистых минералов резко отличаются по своему строению и по свойствам минералы двух групп:

- минералы группы каолинита, имеющие слоистое строение, с двухслойным пакетом, обладающие небольшой емкостью поглощения, и поэтому менее активные в процессах обмена, поглощения;

- минералы группы монтмориллонита, имеющие также слоистое строение, но пакет трехслойный; расстояния между слоями в пакете способны изменять свои размеры. Благодаря такому свойству минералы с трехслойным пакетом обладают высокой емкостью поглощения, и поэтому они более активны в процессах обмена и поглощения.

Глинистые минералы, особенно группы монтмориллонита, играют наиважнейшую роль в проявлении физических процессов, а, следовательно, и в формировании физических свойств почв.

Кроме глинистых минералов, в почвах широко распространены и другие вторичные минералы: соли простых солей (хлориды, сульфаты одно- и двухвалентных катионов), оксиды трехвалентных катионов (R_2O_3) и их гидроксиды.

2.2.Г гранулометрический состав твердой фазы почв

Гранулометрический состав почв отражает содержание минеральных частиц в мелкоземе, в состав которого входят частицы менее 1 мм.

Под гранулометрическим (механическим) составом почв ипочвообразующих пород понимается **относительное содержание в почве элементарных почвенных частиц (ЭПЧ) различного диаметра, независимо от их минералогического и химического состава**. Гранулометрический состав выражается, прежде всего, в виде массовых процентов фракций гранулометрических частиц разного размера.

Элементарные почвенные частицы

Частицы почвенные элементарные - это обломки пород и минералов, песчаные, пылеватые, илистые и коллоидные частицы почв, все элементы которых находятся в

химической связи и не поддаются общепринятым методам пептизации, применяемым при подготовке почв к гранулометрическому анализу. Почвенные частицы в почве соединены в микро- и макроагрегаты природным «клеем». Таким, агрегирующим ЭПЧ в почве веществом, как правило, являются ионы Ca^{2+} , органические вещества. К микроагрегатам в физике почв (К.К.Гедройц) относят почвенные агрегаты размером $< 0,25$ мм.

Принципиальное отличие микроагрегатов от ЭПЧ состоит в том, что микроагрегаты являются устойчивыми структурами при определенных внешних воздействиях, состоящими из ЭПЧ.

В почвоведении под почвенными частицами (гранулами) понимают обломки минералов (или горной породы), имеющие разные размеры в диаметре. Эти частицы называют почвенными фракциями гранулометрического состава.

Разные авторы используют разные названия почвенным фракциям, а также для разных фракций предлагают использовать разную размерность. Для оценки гранулометрического состава мелкозема почв (и грунтов) в почвоведении в настоящее время принята система названий почвенных фракций и их размерность, предложенная Н.А. Качинским (табл.1).

Среди выделенных фракций наибольшую роль в проявлении и протекании различных процессов, играют самые мелкие фракции (в основном менее 0,01мм). Но в гранулометрическом составе почв всегда присутствуют как мелкие, так и крупные фракции, имеющие следующую размерность:

- гравий, частицы размером 1-3 мм в диаметре; обычно состоит из обломков первичных минералов;
- песок, частицы размером 0,05-1 мм в диаметре; также представлен первичными минералами;
- пыль, частицы размером 0,001-0,05 мм в диаметре; состоят из вторичных минералов;
- ил, частицы размером менее 0,001 мм, представлен высокодисперсными вторичными минералами.

Частицы различных размеров объединяются во фракции: глинистую и песчаную.

Песчаная фракция (физический песок), в которую входят частицы крупнее 0, 01 мм, не обеспечивает необходимый для растений влагозапас в почвах, так как эти частицы имеют низкую влагоемкость. Но частицы этой фракции хорошо фильтруют воду, обеспечивая хорошую водопроницаемость почв. Почвы, содержащие много песчаной фракции? хорошо дренированы, не переувлажняются, всегда обеспечены воздухом.

Фракции пыли и ила (физическая глина), в которую вошли частицы размером менее 0,01 мм, обладают лучшей влагоемкостью, и поэтому являются более водонакопляющими и водозадерживающими. Почвы, содержащие относительно большое количество фракции пыли, более влагоемки, но менее водопроницаемы, чем песчаные фракции. Воздушный режим этой фракции хуже, чем песчаной.

Почвы, обладающие оптимальными водно-воздушными режимами, содержат все фракции гранулометрического состава в определенных соотношениях (табл. 2).

Как правило, в большинстве почв (кроме горных, щебнистых) преобладает фракция мелкозема (менее 1 мм).

Таблица 1

| <i>Фракции</i> | <i>Размер частиц, мм</i> | <i>Фракции</i> | <i>Размер частиц, мм</i> |
|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|
| Камни | > 3 | Пыль | 0,05-0,001 |
| Гравий | 3-1 | крупная | 0,05-0,01 |
| Песок | 1-0,05 | средняя | 0,01-0,005 |
| крупный | 1-0,5 | мелкая | 0,005-0,001 |
| средний | 0,5-0,25 | Ил | <0.001 |

| | | | |
|---------------|-----------|-------------------|---------------|
| <i>мелкий</i> | 0,25-0,05 | <i>глинистый</i> | 0,001-0,0005 |
| | | <i>коллоидный</i> | 0,0005-0,0001 |
| | | Коллоиды | <0,0001 |

Таблица 2

Классификация почв по гранулометрическому составу (по Качинскому)

| Состав | Физический песок (>0,01мм),% | Физическая глина (<0,01мм),% | Преобладающая фракция, мм |
|--|------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Суглинок тяжелый: <i>илловатый</i> | 40-60 | 60-40 | <0,001 |
| <i>пылеватый</i> | | | 0,01-0,001 |
| <i>крупнопылеватый</i> | | | 0,05-0,01 |
| Суглинок средний: <i>илловатый</i> | 30-40 | 70-60 | <0,001 |
| <i>пылеватый</i> | | | 0,01-0,001 |
| <i>крупнопылеватый</i> | | | 0,05-0,01 |
| Суглинок легкий <i>песчаный</i> | 20-30 | 80-70 | >0,05 |
| <i>крупнопылеватый</i> | | | 0,05-0,012 |
| Песок рыхлый <i>крупнопылеватый</i> | 0-10 | 90-100 | 0,05-0,01 |

Соотношение фракций «физический песок» и «физическая глина» положено в основу принципа оценки гранулометрического состава мелкозема почв. На этом принципе построена и классификация гранулометрического состава почв. Следует иметь в виду, что разные почвы имеют разный гранулометрический состав. У них соотношение между фракциями может изменяться в различных пределах: то с преобладанием фракции физического песка (супесчаные, песчаные почвы), то с преобладанием фракции физической глины (суглинки, глины). Линия такого раздела фракций на физический песок и физическую глину обусловлена их разной степенью активности участия в протекающих процессах обмена, поглощения и т. п. Наиболее важным показателем в гранулометрическом составе почв, отражающем их активность в поглощении веществ и их обмене, является количественное наличие в них фракции >0,001 мм. Чем больше этой фракции в гранулометрическом составе почв, тем сильнее в них выражены такие их свойства, как емкость поглощения, активность обмена, пластичность, липкость и т.п.

2.3. Химический состав твердой фазы почв (минеральной части)

Известно, что почва состоит из минеральных, органических и органоминеральных веществ. Источником минеральных соединений почвы являются горные породы, из которых слагается оболочка земной коры - литосфера. Минеральная часть составляет 80-90 % и более от веса почв и только в органогенных почвах снижается до 10 % и менее.

В составе почв обнаружены почти все известные химические элементы. Средние цифры, показывающие содержание отдельных элементов в литосфере и почвах, по предложению академика А.Е. Ферсмана стали называть кларками в честь американского геохимика Ф.У. Кларка, впервые вычислившего в 1889 г. средний химический состав

земной коры.

Изучение почв с геохимической точки зрения было впервые начато академиком В.И. Вернадским в 1911 г. Относительное содержание отдельных химических элементов в литосфере и почве колеблется в широких пределах (табл. 3).

Таблица 3

Среднее содержание (в весовых процентах) химических элементов в литосфере и почвах (по А.П. Виноградову, 1950)

| Элемент | Литосфера | Почва | Элемент | Литосфера | Почва |
|---------|-----------|-------|---------|-----------|-------|
| O | 47,2 | 49,0 | Ti | 0,60 | 0,46 |
| Si | 27,6 | 33,0 | H | 0,15 | |
| Al | 8,8 | 7,13 | C | 0,10 | 2,00 |
| Fe | 5,1 | 3,80 | S | 0,09 | 0,085 |
| Ca | 3,6 | 1,37 | P | 0,08 | 0,09 |
| Na | 2,64 | 0,63 | N | 0,01 | 0,10 |
| K | 2,60 | 1,36 | | | |
| Mg | 2,10 | 0,60 | | | |

Литосфера состоит почти наполовину из кислорода (47,2%), более чем на четверть из кремния (27,6%), далее идут алюминий, железо, кальций, натрий, магний. Восемь названных элементов составляют более 99% общей массы литосферы. На долю таких важнейших для питания растений элементов, как кислород, азот, сера, фосфор и др., приходится десятые и сотые доли процента. Ещё меньше в земной коре элементов, необходимых растениям в малых количествах, так называемых микроэлементов.

Поскольку минеральная часть почвы в значительной степени обусловлена химическим составом горных пород литосферы, имеется сходство почвы с литосферой по относительному содержанию отдельных химических элементов. Как в литосфере, так и в почве на первом месте стоит кислород, на втором кремний, затем алюминий, железо и т.д. Однако в почве, по сравнению с литосферой, в 20 раз больше углерода и в 10 раз азота. Накопление этих элементов в почве обусловлено жизнедеятельностью организмов, в составе которых в среднем содержится углерода 11%, азота 0,3% на живое вещество (по А.П. Виноградову).

В почве больше кислорода и водорода как элементов воды. Значительно больше кремния и меньше, чем в литосфере, алюминия, железа, магния, натрия, калия и других элементов, что является следствием процессов выветривания и почвообразования. Первоисточником химических элементов всех почв и пород являются магматические породы. Они составляют 95% общей массы пород, слагающих верхнюю 16-километровую толщу литосферы.

Магматические породы по химическому составу очень разнообразны. По среднему содержанию кремнезёма, как самой главной составной части, магматические породы делятся на пять групп: ультракислые, содержащие 75% и более; кислые - 75-65 %; среднекислые - 65-52 %; основные - 52-40 %; ультраосновные - меньше 40 %. Основные породы не содержат свободного кварца, богаты щелочно-земельными основаниями, бедны щелочами. С переходом к средним и кислым породам уменьшается содержание кальция, возрастает количество калия. В кислых породах количественно преобладает калиевый полевой шпат. Ультраосновные породы сложены минералами, у которых нет кальция.

На долю осадочных пород приходится только 5 % литосферы. Метаморфические породы в расчёт не принимаются, так как причисляются к породам, из которых они образовались.

Процессы выветривания, переотложения продуктов выветривания горных пород, слагающих литосферу, приводят к образованию рыхлых пород различного химического состава, являющихся главными почвообразующими породами. В верхних частях этих

пород формируются почвы. На долю магматических пород поверхности литосферы приходится только около 25 %.

Химический состав рыхлых почвообразующих пород обуславливается химическим составом продуктов выветривания первичной горной породы.

По содержанию щелочноземельных и щелочных оснований почвообразующие породы делятся на засоленные карбонатные и выщелоченные. Химический состав почвообразующей породы отражает в известной мере её гранулометрический и минералогический состав. Песчаные породы, богатые кварцем, состоят преимущественно из кремнезёма. Чем тяжелее гранулометрический состав породы, тем больше в ней высокодисперсных вторичных минералов, а, следовательно, меньше кремнезёма, больше оксидов алюминия, железа, химически связанной воды.

Почвы наследуют геохимические черты исходного материала почвообразующих пород. Богатство породы кремнезёмом сказывается на содержании этого оксида в почве. Почвы, развивающиеся на карбонатной породе - лёссе, отличаются большим содержанием кальция. Засоленность почвообразующей породы является источником засоления почвы и т.д. Однако порода, являясь материнским материалом почв, в процессе почвообразования подвергается изменению. В зависимости от типа почвообразования происходят изменения в содержании и распределении по профилю почвы различных химических элементов или оксидов. Каждый тип почвы приобретает характерную дифференциацию на горизонты с определённым химическим составом.

2.4.Агрегатный состав почв (почвенная структура)

Агрегатный состав минеральной части почв представляет собою совокупность почвенных агрегатов, имеющих разную форму и разную размерность.

Элементарные (индивидуальные) почвенные частицы и микроагрегаты, взаимодействуя между собой, укрупняются, образуя макроагрегаты, получившие название - *педы*.

Педами называют почвенные агрегаты, имеющие естественную форму и свой размер. Форма, размер и структура агрегатов, тесно связаны с гранулометрическим и микроагрегатным составами, и особенностями процесса почвообразования. Более мелкие минеральные частицы агрегируются (образуют комочки) лучше, чем крупные частицы. Образующиеся агрегаты (комочки) обуславливают важные свойства почв, особенно водно-воздушный режим их. Поэтому форма и размеры почвенных агрегатов являются одним из основных морфогенетических признаков, используемых при диагностике почв.

Все почвенные агрегаты по своим размерам разделяют на три группы (табл.4). Размер почвенных агрегатов, как и их форма, определяют характер сложения (упаковки) минеральных частиц почвы. Это обуславливает формирование и характер одного из важнейших свойств почвы - ее водно-воздушного режима.

Водно-воздушный режим почв создают не все почвенные агрегаты, а только агрегаты, с размером диаметра более 0,25 мм. Почвенные агрегаты меньшей размерности упаковываются довольно плотно, поэтому не образуют между мелкими агрегатами пор, и в целом - порозность. Отсутствие порозности, или ее маленькая величина, не обеспечивают воздухоёмкость, или она крайне мала. Поэтому, в почвоведении принято различать и выделять два вида почвенной структуры, для чего и введены два понятия:

- *почвенно-генетическая структура*
- *агрономически ценная структура*.

Под *почвенно-генетической* структурой понимается наличие почвенных агрегатов любой формы и любой размерности. Даже пылеватая частица, песчинка и т. п. оцениваются как отдельный почвенный агрегат. Для теории генетического почвоведения необходимо учитывать все формы почвенных агрегатов, включая песчаные зерна и частицы, размером пыли. Эти показатели дают возможность оценить степень

дисперсности почв и степень возможности мелкозема агрегироваться, т. е. образовывать почвенные агрегаты.

Таблица 4

| Группы структур | Размер агрегатов, мм | Подгруппы структур | Размер агрегатов, мм |
|-------------------------------|----------------------|--|-----------------------|
| 1. Микро структура | < 0,25 | 1. Тонкая 2. Грубая | <0,01 0,01-0,25 |
| 2. Макроструктура: комковатая | 0,25-10 | 1. Мелкокомковатая 2. Среднекомковатая 3. Крупнокомковатая | 0,20-1 1-3 3-10 |
| 3. Мегаструктура: глыбистая | >10 | 1. Мелкоглыбистая 2. Крупноглыбистая | 10-100 >100 |

Группы и подгруппы почвенных агрегатов

В практике же земледелия главное значение имеет агрономически ценная структура, ибо только она обеспечивает оптимальный водно-воздушный режим почв.

В связи с этим напомним, что почвенное плодородие - это способность почв удовлетворять растения в пище, воде и воздухе. При оптимальном плодородии почв, 50% пор должно быть занято влагой, и 50% - воздухом.

Агрономически ценная структура почв

Под *агрономически ценной* структурой понимаются почвенные агрегаты (комочки), с размером их диаметра крупнее 0,25 мм. Наилучший максимальный размер агрегатов должен составлять 7мм, и не больше 10 мм. Эти агрегаты относятся к группе *мезоагрегатов*. Размер мезоагрегатов (10-0,25 мм) наиболее оптимален для равномерной их упаковки, обеспечивающий не только сохранение влаги, но и почвенного воздуха.

Почвенные мезоагрегаты должны быть прочными не только против механических воздействий, но и против воздействия воды, поэтому принято в почвоведении называть их *водопрочными*.

Н.А. Качинский установил, что для создания крупных пор, обеспечивающих хорошую воздухоемкость и водоемкость, а также воздухопроницаемость и водопроницаемость, в суглинистых, увлажненных почвах, почвенные мезоагрегаты должны иметь размеры в пределах 7-10 мм.

В почвах постоянно сухих (сухие зоны, где надо сохранять влагу) и хорошо аэрируемых - размеры почвенных агрегатов могут быть значительно меньше, близкими к размерам песчаных зерен.

Агрегированность твердой фазы почв обуславливает их влагоемкость и их воздухоемкость. В каждый конкретный момент времени, поровые пространства могут быть заполнены или почвенным воздухом, или водой. В большинстве почв в каждый конкретный момент времени часть пор может быть занята водой, а часть - воздухом. Но это соотношение не остается величиной постоянной и во времени непрерывно меняется, в зависимости от погодных условий и других факторов.

Это и составляет водно-воздушный режим почв.

При этом следует иметь в виду, что в почвах поток воды всегда стремится вытеснить из пор (полостей) почвенный воздух.

Агрегатный состав почв влияет на механические свойства почв (твердость, сложение и т.п.), на обеспечение растений влагой и воздухом, т.е. на рост и развитие корней растений. Поэтому, агрономы уделяют большое внимание вопросам создания именно

агрономически ценной структуры почв.

Оценка качества структуры почв (почвенных агрегатов)

Для оценки достоинств (качества) агрономической структурности почв введено понятие о коэффициенте структурности (K). Он выражается как отношение количества мезоагрегатов к сумме макро- и микроагрегатов:

$$K = a / b,$$

где: a - количество мезоагрегатов, b - сумма микро- и макроагрегатов. Качинский Н.А. предложил понятие «фактор дисперсности» (K_d). Выражается фактор дисперсности величиной процентного отношения содержания ила [фракции < 0,001 мм], освобожденного из почвенного агрегата под воздействием воды [I_m], к его общему содержанию в мелкозему [I_r):

$$K_d = I_m / I_r * 100\%.$$

Фактор дисперсности служит косвенным показателем способности плазмы образовывать водоустойчивые агрегаты. Чем больше ила высвободится из почвенного агрегата при воздействии на него воды (выше величина K_d), тем, следовательно, менее водоустойчивы к разрушению микро и макроагрегаты. И способность к агрегированию у таких почв невысокая.

Исходя из этого принципа, Н.А. Качинский предложил шкалу (градацию) микроструктурности почв по величине K_d . Она выглядит следующим образом:

при величине $K_d < 15$ - способность к оструктуривания почв высокая,

при величине K_d равной 15-25 - хорошая

при величине K_d равной 25-40 - удовлетворительная

при величине K_d равной 40-60 - не удовлетворительная

при величине $K_d > 60$ - весьма низкая.

Фагелер [1932] ввел представление о факторе структурности K_c :

$$K_c = [I_r - I_m] / I_r * 100\%.$$

Бэвер и Роадес [1932] предложили за величину степени агрегированности почв (K_a) считать величину, отражающую отношение содержания частиц, размером более 0,05 мм в микроагрегатах к их содержанию в мелкозему:

$K_a = [P_m - P_r] / P_m * 100\%$, где: P_m - содержание фракций размером > 0,05 мм в микроагрегатах;

P_r - содержание фракций > 0,05 мм в мелкозему.

На основании этих показателей предложена следующая градация почв по микроагрегированности:

>90 - очень высокая

80-90 - высокая 65-80 - хорошая

50-65 - удовлетворительная

35-50 - слабая

20-35 - весьма слабая

<20 - низкая.

А.Д. Воронин и М.С. Кузнецов [1970] предложили оценивать способность почвы к агрегированию величиной отношения активной (цементирующей) части мелкоземы почвы [< 0,001 мм] к ее и пассивной (скелетной) части почвы (> 0,001 мм)

Чем выше содержание активной части и меньше - пассивной, тем выше способность почвы к агрегированию.

Характер водно-воздушного режима почв обуславливается не только размерами почвенных агрегатов, но и их формой.

Форма почвенных агрегатов

По форме все почвенные агрегаты разделяются на три большие группы:

- *округло-кубовидная*
- *призмовидная*
- *плитовидная*.

Каждая группа включает несколько родов почвенной структуры. *1.Округло-кубовидная включает 7 родов:*

- глыбистая
- комковатая
- пылеватая
- ореховатая
- зернистая
- конкреционная
- икряная

II. *Призмовидная включает 3 рода:*

- столбовидная
- призмовидная
- призматическая

III. *Плитовидная включает 2 рода:*

- плитчатая
- чешуйчатая.

Условия и механизмы образования агрегатов следующие. В почвах одновременно с процессами слипания и связывания ЭПЧ, способствующими образованию сплошной массы, происходят процессы, приводящие к обособлению почвенной массы в виде отдельных фрагментов - педов, или макроагрегатов. Ведущее место среди этих процессов занимают непрерывно протекающие в почвах и сменяющие друг друга процессы иссушения и увлажнения, а также тесно связанные с ними процессы усадки и набухания. Процессы иссушения и увлажнения почв оказывают двойное влияние на формирование почвенных агрегатов. Сильное увлажнение приводит к разрыву связей между минеральными частицами и агрегатами, что проявляется при иссушении в виде трещин. Длительное иссушение почв, наоборот, способствует сближению минеральных частиц, что усиливает упаковку (плотность сложения). Эти процессы приводят к объемным изменениям в почве и вызывают в ней напряжения и образование трещин и плоскостей ослабления.

При образовании трещин илестые частицы ориентируются вдоль осей сдвига. Это способствует образованию и сохранению плоскостей ослабления, по которым формируются грани почвенных агрегатов. На образующихся гранях аккумулируются диспергированные глинистые частицы (ил, коллоиды), гумусовые вещества, полуторные окислы и другие продукты почвообразования. Эти отложения, возникшие на гранях агрегатов, получили название - *почвенные кутаны*. Мощность кутан может достигать размера 0,1 мм, а из глинистых частиц - нескольких миллиметров. Характерной особенностью кутан является наличие в них ориентированных глин. Тогда как в плазме почвенного агрегата (тонкодисперсная его часть), как правило, отсутствует направленная ориентация илестых частиц, что приводит к образованию трещин многогранной формы.

И плазма, и кутаны являются хорошими цементами (клеями), скрепляющими почвенные агрегаты.

В зависимости от свойств и состава мелкозема, почвенные агрегаты образуются разной размерности и формы. Так, при большом содержании в мелкоземе гумуса и карбонатов образуются многогранные агрегаты. При большом содержании гумуса в верхнем горизонте образуется зернистая структура. В горизонтах, богатых карбонатами, железом,

образуются агрегаты ореховатой формы.

Заметное влияние на образование почвенных агрегатов оказывают процессы замерзания и оттаивания. Вода, замерзая и увеличиваясь в объеме, разрывает связи между частицами мелкозема. В результате возникают криогенные трещины разных размеров. При оттаивании почвы, эти трещины ослабляют связи между частицами, в результате чего структурные отдельности обособляются, формируясь в самостоятельные агрегаты.

Степень и характер промерзания почв зависят от многих факторов, но, прежде всего, от степени увлажнения. При небольшом содержании воды объем образующегося льда ничтожен, поэтому его влияние на объемные изменения в почве незначительно. В переувлажненной почве льдообразование идет почти одновременно во всем ее объеме. Сложение почвы при этом не изменяется и образование трещин не происходит.

При средней степени увлажнения большая часть воды сосредоточена в капиллярах. Объем образующегося льда превышает размеры пор, вследствие чего возникают трещины. Почва расчленяется на структурные отдельности.

Чем плотнее бывает упакован мелкозем, тем больших размеров образуются почвенные агрегаты. Существенную роль в образовании почвенных агрегатов играют корневые системы растений, преимущественно травянистых. Корни, пронизывая почву, разделяют ее на структурные отдельности.

2.5. Состав и свойства почвенных агрегатов

Образование водоустойчивых почвенных агрегатов зависит от содержания в них илистой фракции, гумусовых и других цементирующих веществ (оксиды железа, карбонаты и т.п.). В хорошо агрегированных, тяжелых и средних почвах почвенные агрегаты (кроме агрегатов размером < 2 мм), имеют такой же гранулометрический состав, как и вся почва в целом. В агрегатах, размером < 2 мм, преобладают в основном фракции песка и пыли. Эта особенность характерна для всех почв, независимо от их гранулометрического состава. В тесной связи с составом и формой почвенных агрегатов находятся и свойства почв (плотность, порозность и др.). Пористость почв целиком обусловлена характером, а именно - формой, размерами и составом почвенных агрегатов

В порах почвенных агрегатов и в межагрегатных полостях совершаются все физические, химические и биологические процессы. В них сосредоточены запасы воды и почвенного воздуха. Как указывалось выше, характер почвенных агрегатов влияет и на механические свойства почв, на прорастание семян, на рост и развитие корней растений. Поэтому, создавая почвенные агрегаты и формируя их форму и размеры - можно управлять и физическими свойствами почв. Пористость почвенных агрегатов, при плотной их упаковке, обычно составляет 25-26% объема почвы. Создание дополнительного количества микроагрегатов увеличивает пористость вдвое (до 40-50%). Разрушение почвенных агрегатов уменьшает объем порового пространства, ухудшается инфильтрация воды в почву, аэрация почвы; возрастает количество тонко капиллярных пор, что вызывает усиление процессов испарения.

Уменьшение количества водопрочных агрегатов создает условия для возникновения и развития процессов эрозии почв. Агрегаты, находящиеся на поверхности почвы, больше уязвимы к внешним воздействиям (механическая обработка, атмосферные осадки) и поэтому быстрее разрушаются. Разрушение почвенных агрегатов обуславливает запыление почв с поверхности, особенно во влажное время. В сухое время на поверхности почв образуются плотные корки.

Все изложенное указывает на то, что почвы, обладающие хорошей структурой, обладают и более благоприятными свойствами (по сравнению с бесструктурными почвами) для развития растений. Это выражается в следующем:

1. Структурные почвы меньше испаряют влаги, обладают большей водопроницаемостью и водоудерживающей способностью. Они больше накапливают

влаги и более продуктивно ее используют.

2. В структурных почвах создаются более благоприятные условия для микробиологических процессов и перевод питательных веществ из недоступной формы химических соединений в усвояемую (доступную для растений) форму.

3. Структурные почвы отличаются повышенной устойчивостью к эрозии и дефляции почв.

4. Структурные почвы требуют меньше затрат труда и средств на механическую обработку.

5. В структурных почвах создаются лучшие условия для прорастания семян, роста и развития возделываемых культур.

2.6. Дисперсность почвы

Дисперсность почв - это степень дробления минеральной части почв на элементарные почвенные частицы. Как показано выше, дисперсность почв отображается гранулометрическим составом их минеральной части. Основным показателем степени диспергированности минеральной части почв является наличие в ней частиц менее >0.001 (илистая и коллоидная фракции). Эти показатели находятся в прямой зависимости. Частицы наименьших размеров обладают наиболее активной способностью поглощения и обмена. Это определяет многие физические и химические свойства почв.

Минеральная часть твердой фазы почв не однородна по своему составу и свойствам - в ней присутствуют почвенные частицы всех размерностей. Но количественные соотношения между ними в разных почвах разные. От этого зависят такие физические свойства почв как их сложение (упаковка), плотность, рыхлость, способность формировать почвенные агрегаты (почвенную структуру). Это, в свою очередь, обуславливает характер и степень проявления различных элементарных процессов почвообразования (ЭПП). Наиболее активными в процессах обмена и поглощения являются коллоидные частицы. Коллоидные частицы различают по составу:

- минеральные,
- органические,
- органо-минеральные.

Основная масса почвенных коллоидов представлена в почвах минеральными частицами. Их разделяют по размерам на:

- предколлоидную фракцию (0,0001-0,00001 мм) и
- собственно коллоидную ($>0,2$ мм).

Благодаря малым размерам радиуса частиц, коллоиды обладают большой удельной поверхностью. Величина удельной поверхности обуславливает такие свойства почв как адсорбция и физико-химическое поглощение катионов и анионов. Увеличение степени дисперсности одной единицы массы вещества, приводит к увеличению его суммарной поверхности.

Напомним, что почва представляет собою полидисперсную систему, где дисперсионной средой является жидкая фаза (почвенный раствор), а фазой - коллоидные частицы. Между жидкой фазой (среда) и коллоидами (фаза) существуют межфазные поверхности раздела. Их характер определяют взаимоотношения между фазами раздела, выражающийся в межмолекулярных силах различных форм воды (как дисперсной среды) и суммарная поверхность коллоидов.

Поверхностный слой воды обычно составляет несколько молекул.

Поверхность твердых частиц, в отличие от покрывающей их жидкости, в течение долгого времени остается неизменной. Поэтому межфазную поверхность раздела определяет не вода, а формы поверхности твердых частиц, что необходимо учитывать при оценке характера этих поверхностей.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Какая из фаз почвы наиболее инертна?
- 2) Что такое жидкая фаза почвы?
- 3) Какие минералы называются первичными, чем они представлены в почве?
- 4) Перечислите группы вторичных минералов почвы. Пути образования вторичных минералов.
- 5) Значение первичных минералов почвы в ее плодородии.
- 6) Значение вторичных минералов почвы в ее плодородии.
- 7) В фракциях почвы какого размера сосредоточены первичные минералы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. **Ковриго В. П.** Почвоведение с основами геологии : учебник / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова. – 2-е изд., доп. И перераб. – М. : КолосС, 2008. – 439 с. : ил.
2. **Суворов А. К.** Геология с основами гидрологии: учебное пособие / А. К. Суворов. - М. : КолосС, 2007. - 207 с. : ил.
3. **Общее почвоведение/ В.Г. Мамонтов [и др.].** – М.: КолосС, 2006. – 456 с.
4. **Орлов Д.С.** Химия почв: Учебник/ Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И.Суханова.– М.: Высш. Шк., 2005–558 с.: ил.
5. **Муха В.Д.** Агрочесоведение: Учебник для студентов высших учебных заведений/ В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха; Под ред. В.Д. Мухи. – М.: КолосС, 2003.– 528 с.

Дополнительная

1. **Баздырев Г. И.** Земледелие с основами почвоведения и агрохимии: учебник / Г. И. Баздырев, А. В. Сафонов. - М. : КолосС, 2009. - 415 с. : ил. - (Учебники и учеб.пособия для студентов высш. учеб. заведений).
2. **Палагина Т.Я.,** Сеницына Н.Е., Павлова Т.И. Горные породы: Метод.указания к лабораторным работам. ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2008. – 44 с.
3. **Сеницына Н.Е.** Почвы Саратовской области/ Н.Е. Сеницына, В.В. Кравченко, С.И. Сысоев, В.И. Губов, Ю.М. Гришин, Т.И. Павлова; Под общей ред. Сеницыной Н.Е.; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2009. – 98 с.
4. **Шеин Е.В.** Агрофизика/ Е.В. Шеин, В.М. Гончаров. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 400с. Ил. (Высшее образование).

Программное обеспечение и интернет-ресурсы

1. Базы, информационно-справочные и поисковые системы: Yandex, Google, Rambler
<http://forest.geoman.ru/forest/item/f00/s01/e0001231/index.shtml>
2. <http://library.sgau.ru>; <http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>

Лекция 3

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ

К физическим свойствам твердой фазы почв относят:

- плотность,
- липкость,
- пластичность,
- сложение,
- связность,
- твердость,
- набухание,
- садка
- пористость.

Рассмотрим характеристику этих физических свойств почв.

3.1.Плотность.

Плотность почвы (объемная масса почвы) - это масса абсолютно сухой почвы в единице объема почвы со всеми свойственными естественной почве пустотами. Величина плотности выражается в г/см³. Величина плотности твердой фазы почв зависит от минералогического и химического составов минеральных частиц. На величину плотности почв оказывают влияние и входящие в мелкозем органические вещества. Например, в минеральную часть почвы входят гипс, лимонит и торф. Плотность гипса составляет 2,30-2,35, г/см³, лимонита - 3,50-4,00, торфа - 1,25-1,80. Средняя же величина плотности почвы равна 2,4-2,8. Величина плотности почвы зависит не только от характера составляющих ее веществ, но и от их соотношения, особенно от соотношения минеральных веществ и органических. Органические вещества, в виде отмерших остатков (особенно торф) обладают более низкой плотностью, чем минеральные частицы. Поэтому, величина плотности почвы в целом всегда меньше величины плотности ее отдельных компонентов. Величина плотности почв резко уменьшается после их рыхления. Величина плотности генетических горизонтов, даже одного и того же почвенного профиля, неодинакова. В сухих почвах ее величина всегда выше в нижних горизонтах. От величины плотности почв, особенно при ее неоднородности по генетическим горизонтам, зависят многие свойства почв: водопроницаемость, фильтрация, воздухоемкость и т.п.

А.Г. Бондарев [1985] предложил шкалу оптимальных показателей плотности почв для большинства возделываемых культур в [г/см³]:

- для глинистых и суглинистых почв она должна составлять 1,00 - 1,30;
- для легкосуглинистых 1,10 - 1,40;
- для супесчаных 1,20 - 1,45;
- для песчаных 1,25 - 1,60.

Плотность твердой фазы почвы (удельная масса почвы) - масса твердых компонентов почвы в единице объема без учёта пор. Обычно близка к плотности доминирующих минералов, составляющих твердую фазу почв (2,62,8 г/см³).

Существует также понятие *плотность агрегата*. Это масса твердофазных компонентов агрегата, отнесенная к объёму агрегата. Одна из наиболее важных почвенно-физических характеристик, так как большинство микробиологических процессов, запасание веществ происходит именно в агрегатном пространстве. Характерные значения плотности почв, агрегатов и твердой фазы приведены в табл. 5.

Таблица 5

Типичные значения плотности различных почв (по Д.Л. Роуэлл, 1998)

| Почвенные объекты | Плотность твердой фазы почвы, г/см ³ | Плотность почвы, г/см ³ | Плотность агрегатов, г/см ³ |
|---|---|------------------------------------|--|
| Пахотные горизонты минеральных почв: суглинистые песчаные | 2,60 2,60 | 1,04- 1,4 | 1,2-1,8 |
| Г горизонты В и С | 2,65 | 1,5-1,8 | 1,4-1,9 |
| Высокогумусные горизонты луговых и лесных почв | 2,40 | 0,8-1,2 | 1,1-1,7 |
| Горф (верховой) | 1,40 | 0,1-0,3 | - |

Плотность влияет на сцепление почвенных частиц и трение почвы о металл. Тяговые усилия при обработке возрастают с возрастанием плотности почвы. При прорастании семян роль плотности велика. При развитии корневых систем им приходится затрачивать усилие на преодоление механического сопротивления. В то же время очень рыхлая почва при прорастании семян плохо контактирует с ними, поэтому семена плохо набухают, прорастание их затягивается, всходы редкие. Поэтому часто почву после посева прикатывают.

3.2. Липкость

Липкость почвы или способность влажной почвы прилипать к различным телам. Выражается величиной силы, необходимой для разрыва слипшихся тел (почвы с другими телами). Выражается в г/см Величина липкости зависит от количества илстых и коллоидных частиц в составе мелкозема почвы, от степени ее увлажнения, состава поглощенных катионов, структуры и гумусности. Липкость начинает проявляться при влажности, близкой к верхнему пределу пластичности. Высоко гумусированные почвы, даже при повышенном увлажнении, не проявляют свойство липкости. С повышением степени дисперсности почв, ухудшением их структуры, с утяжелением гранулометрического состава, липкость почв увеличивается.

По величине липкости (г/см) Н.А. Качинский все почвы разделил на пять категорий:

1. предельная при липкости > 15,
2. сильновязкая - 5-15,
3. средневязкая - 2-5,
4. слабовязкая - 0,5-2,
5. рассыпчатая - 0,1-0,5.

Свойство «липкость почвы» имеет большое практическое значение. Липкость почв увеличивает усилий на обработку почв. Это приводит к увеличению затрат времени, горючего, усилению износа техники. Как видим, это показатель не только физический, но и экономический.

При величине липкости >5 г/см происходит пластичное деформирование почвы. В результате этого уменьшается пористость почв, образуются корки, формируется глыбовая структура и плужная подошва.

3.3. Пластичность и текучесть

Пластичность почв - это их способность изменять свою форму под воздействием внешней нагрузки. При этом при снятии внешней нагрузки почва сохраняет вновь приобретенную форму. С понятием *пластичность* почв связано и понятие *деформация почв*, когда смещаются отдельные точки почвенной массы, но ее целостность не нарушается. Выделяют два вида деформации почв:

-упругая - характеризуется тем, что после снятия нагрузки возникшая деформация исчезает;

-остаточная или сохраняющаяся деформация и после снятия нагрузки.

Пластичность, как и липкость, зависит от гранулометрического состав и степени увлажнения почв. Почвы, обладающие повышенной пластичностью, обладают и хорошей липкостью. При повышенной влажности, почвы уменьшают свою пластичность, которая сменяется другим свойством - *свойством текучести*. Явления текучести почв нередко наблюдается на склонах, и в районах сильного промерзания. Для учета этого явления в почвоведении и грунтоведении выделяют показатели верхнего и нижнего пределов пластичности.

Верхний предел пластичности соответствует **нижнему пределу текучести**, когда почва теряет свойство пластичности и начинает «течь». При влажности, превышающей верхний предел пластичности, почва приобретает *текучесть*, сползает по уклону,

Нижняя граница пластичности - соответствует верхнему пределу оптимальной влажности почвы. Эта величина отражает состояние почвы, наиболее удобное для обработки, и одновременно является показателем устойчивости почв к эрозии.

Пластичность измеряется числом, которое представляет разницу между влажностью почвы при верхнем и нижнем пределах пластичности. От величины (степени) пластичности, зависит степень устойчивости почв от внешних воздействий. Чем больше *число пластичности*, тем пластичнее почва. Каждая почва характеризуется определенным интервалом влажности, при котором проявляется пластичность.

Аттерберг, в зависимости от величины числа пластичности, все почвы разделил на четыре категории:

- | | |
|---|-----|
| 1. высокопластичные, имеющие число пластичности | >17 |
| 2. пластичные, имеющие величину пластичности, равную 17-7 | |
| 3. слабопластичные - с величиной пластичности | < 7 |
| 4. непластичные - с величиной пластичности | 0. |

3.4. Сложение

Сложение почвы - это характер «упаковки» почвенных агрегатов и образовавшихся между ними полостей. Характер и объем полостей являются показателями наличия в почве капиллярной и некапиллярной влажности и аэрации, что отражает водно-воздушные свойства почв. Сложение почвы обычно выражают через величину объемной массы.

3.5. Связность

Связность почвы или её способность оказывать сопротивление внешним воздействиям. Связность почвы, как ее свойство, находится в прямой связи со свойством *пластичность почв*. Нижний предел *пластичности почв* соответствует связности, когда почва теряет пластичность и начинает разрушаться. Степень устойчивости почв к разрушению и отражает степень связности.

3.6.Твёрдость

Твёрдость почв или их способность сопротивляться внешним воздействиям на сжатие или на разрыв (расклиниванию). Выражается величиной усилия, способного расклинить сложение почвы, или, наоборот, еще более уплотнить. Измеряется кг/см². Чем выше твёрдость, тем хуже агрофизические свойства, тем больше требуется затрат на обработку, тем хуже условия для появления всходов и роста растений. С уменьшением влажности твёрдость почвы возрастает. Твёрдость определяется гранулометрическим составом и составом поглощенных оснований. Например, чернозем, насыщенный кальцием, в 10-15 раз менее твердый, чем солонцы.

3.7.Набухание и усадка

Набухание почвы - свойство, которое проявляется в увлажненных почвах, при насыщении влагой. Выражается величиной увеличения объема почвы за счет поглощенной воды. Этот процесс особенно заметен в почвах, содержащих много тонкодисперсных частиц, имеющих большую удельную поверхность. Различают два типа набухания почвы:

- внутрикристаллическое, когда вода входит в межпакетное пространство минералов,
- межкристаллическое или междоменное, когда дисперсные частицы поглощают катионы силами электростатического поля и силами поверхностного натяжения (адсорбция).

Внутрикристаллическое набухание происходит внутри порового пространства и не вызывает заметного изменения объема почвы. Межкристаллическое набухание вызывает заметное изменение объема почвы, вплоть до разрушения почвенного агрегата. Так, глинистые почвы, насыщенные натрием способны увеличиваться в объеме в 1,5 раза.

Со свойством *набухание* связано свойство *влагоемкость почвы*. Оба эти свойства почв отражают взаимодействие и состояние твердой и жидкой фаз, формирующих водный режим почв, о чем будет сказано ниже.

Усадка почв - это явление, обратное набуханию. Возникает это явление при удалении воды из почвы. Различают 4 этапа усадки почв, соответствующие определенному количеству удаляемой воды:

1. Структурная усадка - такое количество удаленной воды, при котором уменьшение объема почвы еще не происходит.
2. Нормальная усадка - такое количество удаленной воды, при котором начинается уменьшение объема почвы, 1-0,9.
3. Остаточная усадка - это такое количество воды, при котором агрегаты уменьшились в объеме до такого состояния, что стали соприкасаться друг с другом, между ними нет раздела водой.
4. Предельная усадка наступает тогда, когда вода удаляется не только из межагрегатного пространства, но и из межпакетного пространства минералов. Существует прямая зависимость между набуханием и усадкой. Чем больше набухание, тем больше усадка. Усадка измеряется в объемных процентах по отношению к исходному объему:

$$U_{yc} = (V_1 - V_2) / V_2 * 100,$$

где V_{yc} - % усадки от исходного объема; V_1 - объем влажной почвы; V_2 - объем сухой почвы.

3.8.Пористость

Пористость, или скважность почвы - свойство, отражающее величину суммарного количества пор (скважин) в определенном ее объеме. Величина пористости выражается в

% . Пористость минеральных почв составляет 25-80%, торфяных - 80-90%. В зависимости от количества пор в определенном объеме почв различают:

- пористость капиллярную,
- пористость некапиллярную,
- пористость аэрации,
- пористость межагрегатную,
- пористость агрегатную.

Величина капиллярной пористости равна объему капилляров, занятых влагой, в количестве наименьшей влагоемкости.

Величина некапиллярной пористости соответствует количеству пор при наименьшей влагоемкости. Сумма величин капиллярной и некапиллярной пористостей составляет общую пористость почвы.

Пористость аэрации отражает количество пор, занятых в данный момент воздухом.

Пористость межагрегатная отражает объем всех полостей, находящихся между почвенными агрегатами.

Пористость агрегатная - это объём пор в отдельном агрегате почвы в отношении к объему агрегата.

В агрономическом отношении важно, чтобы почвы располагали большим объемом капиллярных пор, но при этом некапиллярная пористость должна составлять не менее 20-25% общей пористости.

Общая пористость рассчитывается по формуле:

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

где - $P_{\text{общ}}$ - общая пористость (в объемных процентах); d - плотность твердой фазы почвы; d_v - плотность почвы.

По шкале Н.А. Качинского пористость оценивается следующими показателями (%):

| | |
|--|-------|
| <i>Отличная (культурный пахотный слой)</i> | 65-55 |
| <i>Удовлетворительная для пахотного слоя</i> | 55-50 |
| <i>Неудовлетворительная для пахотного слоя</i> | < 50 |

Чрезмерно низкая, характерная для уплотненных иллювиальных горизонтов 40-25.

Между плотностью почвы и пористостью существует обратная зависимость. Чем больше пористость, тем меньше плотность почвы.

С физическими свойствами почвы связывают такое агрономическое состояние, как *спелость*. *Спелость почвы* - важное свойство почвы, отражающее ее состояние пригодности для обработки. Нередко это состояние называют *физической спелостью*. Это состояние почвы характеризуется тем, что она хорошо крошится и не прилипает к орудиям обработки. Время наступления физической спелости почвы обусловлено ее гранулометрическим составом, структурой, содержанием гумуса и влажностью. Оптимальная влажность при обработке тяжелых почв должна составлять 50% полевой влагоемкости. С уменьшением содержания в почве глинистых фракций утрачивает свое значение и влажность почв. При этом расширяются верхняя и нижняя границы влажности, при которой почва становится спелой.

Таким образом, твердая фаза почв является матрицей почвы, занимающей ее основную массу и объем. В твердой фазе обитают живые организмы (корни растений, микроорганизмы, насекомые, позвоночные и беспозвоночные), в ней (в твердой фазе) размещается влага в различных формах и почвенный воздух.

Твердая фаза взаимосвязана со всеми почвенными фазами, активно взаимодействует с ними, оказывает влияние на них и сама испытывает их воздействие на себе.

Все многообразие взаимосвязей и взаимовоздействий всех фаз выражается в виде протекания различных процессов. Это физические, химические, биологические, биохимические, геологические. Совместное сочетание этих процессов (и в разных количественных соотношениях) формирует элементарные процессы почвообразования (ЭПП), которых в почвах протекает более 70 (по Розанову). Наиболее активными и наиболее результативными являются

процессы, связанные (или являющиеся результатом) с взаимодействием твердой и жидкой фаз.

Прежде чем рассматривать характер этих взаимосвязей, рассмотрим состав и свойства жидкой фазы.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Что такое плотность почвы. Значение показателя для плодородия почвы
- 2) Плотность твердой фазы почвы, ее величины для различных почв и значение в почвоведении.
- 3) Классификация почв по липкости.
- 4) Понятие о пористости. Расчет данного показателя
- 5) Водные свойства почв.
- 6) Основные физико-механические свойства почв

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. **Ковриго В. П.** Почвоведение с основами геологии: учебник / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова. – 2-е изд., доп. И перераб. – М. : КолосС, 2008. – 439 с. : ил.
2. **Мамонтов В.Г.** Общее почвоведение/ В.Г. Мамонтов [и др.]. – М.: КолосС, 2006. – 456 с.
3. **Муха В.Д.** Агрочесоведение: Учебник для студентов высших учебных заведений/ В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха; Под ред. В.Д. Мухи. – М.: КолосС, 2003.– 528 с.
4. **Шеин Е.В.** Агрофизика/ Е.В. Шеин, В.М. Гончаров. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 400с. Ил. (Высшее образование).

Дополнительная

1. **Баздырев Г. И.** Земледелие с основами почвоведения и агрохимии: учебник / Г. И. Баздырев, А. В. Сафонов. - М. : КолосС, 2009. - 415 с. : ил. - (Учебники и учеб.пособия для студентов высш. учеб. заведений).
2. Физические свойства почв. Часть 1: Учебно-методическое для студентов, обучающихся по направлению «Агрохимия и агропочвоведение» специальности 110201 – «Агроэкология» квалификации бакалавр сельского хозяйства, ученый агроном-эколог/ Сост.:В.В. Кравченко, В.А. Назаров, В.И. Губов; Ю.М. Гришин - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2007. – 48 с.

Программное обеспечение и интернет-ресурсы

1. Базы, информационно-справочные и поисковые системы: Yandex, Google, Rambler
2. <http://forest.geoman.ru/forest/item/f00/s01/e0001231/index.shtml>
3. <http://library.sgau.ru>
4. <http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>
5. <http://www.ecosystema.ru/08nature/soil/>

Лекция 4

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО И МИКРОАГРЕГАТНОГО СОСТАВА ПОЧВ.

Гранулометрический состав почв отражает содержание минеральных частиц в мелкозем, в состав которого входят частицы менее 1 мм.

Под гранулометрическим (механическим) составом почв ипочвообразующих пород понимается *относительное содержание в почве элементарных почвенных частиц (ЭПЧ) различного диаметра, независимо от их минералогического и химического состава*. Гранулометрический состав выражается, прежде всего, в виде массовых процентов фракций гранулометрических частиц разного размера.

Элементарные почвенные частицы

Частицы почвенные элементарные - это обломки пород и минералов, песчаные, пылеватые, илистые и коллоидные частицы почв, все элементы которых находятся в химической связи и не поддаются общепринятым методам пептизации, применяемым при подготовке почв к гранулометрическому анализу. Почвенные частицы в почве соединены в микро- и макроагрегаты природным «клеем». Таким, агрегирующим ЭПЧ в почве веществом, как правило, являются ионы Ca^{2+} , органические вещества. К микроагрегатам в физике почв (К.К.Гедройц) относят почвенные агрегаты размером $< 0,25$ мм. Принципиальное отличие микроагрегатов от ЭПЧ состоит в том, что микроагрегаты являются устойчивыми структурами при определенных внешних воздействиях, состоящими из ЭПЧ.

В почвоведении под почвенными частицами (гранулами) понимают обломки минералов (или горной породы), имеющие разные размеры в диаметре. Эти частицы называют почвенными фракциями гранулометрического состава.

Разные авторы используют разные названия почвенным фракциям, а также для разных фракций предлагают использовать разную размерность. Для оценки гранулометрического состава мелкозема почв (и грунтов) в почвоведении в настоящее время принята система названий почвенных фракций и их размерность, предложенная Н.А. Качинским.

Среди выделенных фракций наибольшую роль в проявлении и протекании различных процессов, играют самые мелкие фракции (в основном менее 0,01мм). Но в гранулометрическом составе почв всегда присутствуют как мелкие, так и крупные фракции, имеющие следующую размерность:

- гравий, частицы размером 1-3 мм в диаметре; обычно состоит из обломков первичных минералов;
- песок, частицы размером 0,05-1 мм в диаметре; также представлен первичными минералами;
- пыль, частицы размером 0,001-0,05 мм в диаметре; состоят из вторичных минералов;
- ил, частицы размером менее 0,001 мм, представлен высокодисперсными вторичными минералами.

Гранулометрический состав почвы[Soil texture] – это относительное содержание в породе или почве механических элементов различной величины, выраженное в процентах к массе сухой почвы.¹

Н. А. Качинский предложил объединить механические элементы в следующие фракции: частицы крупнее 3 мм – гравий; 3–1 – крупный песок; 1–0,25 – средний песок; 0,25–0,05 – мелкий песок; 0,05–0,01 – крупная пыль; 0,01–0,005 – средняя пыль; 0,005–0,001 –

¹ В иностранной литературе гранулометрический состав обозначают термином «текстура почв»

мелкая пыль; мельче 0,001 мм – ил. (табл.2).

Каждая из этих фракций отличается от остальных по своим свойствам. Для классификации почв по гранулометрическому составу все частицы крупнее 0,01 мм объединяют в «физический песок», мельче 0,01 мм – «физическую глину».

С учётом этого в России утвердилась двучленная классификация, предложенная Н. М. Сибирцевым и усовершенствованная А. Н. Сабаниными Н. А. Качинским (приложение 1), учитывающая генетические особенности почв (содержание гумуса, состав обменных катионов, минералогический состав и др.) и связанную с ними неодинаковую способность глинистой фракции к агрегированию. Поэтому в классификации отдельно рассмотрены три основные группы почв: с подзолистым типом почвообразования, со степным типом почвообразования, а также солонцы и сильно солонцеватые почв.

Таблица 2

Российская классификация гранулометрических элементов почв

| Диаметр элементов, мм | Наименование фракций (по Н.А. Качинскому, 1965) | | | |
|-----------------------|---|------------------|-------|------------|
| > 3 | Скелет | Камни | | |
| 3-1 | | Гравий | | |
| 1-0,5 | Мелкозем | Физический песок | Песок | Крупный |
| 0,5-0,25 | | | | Средний |
| 0,25-0,05 | | | | Мелкий |
| 0,05-0,01 | | Физическая глина | Пыль | Крупная |
| 0,01-0,005 | | | | Средняя |
| 0,005-0,001 | | | | Мелкая |
| 0,001-0,0005 | | Ил | Ил | Грубый |
| 0,0005-0,0001 | | | | Тонкий |
| <0,0001 | | | | Коллоидный |

За рубежом принята трехчленная классификация, учитывающая три основные группы фракций ЭПЧ: ил, пыль и песок (табл.3).

Таблица 3

Классификация гранулометрических элементов почв, принятая Международным обществом почвоведов

| Диаметр элементов, мм | Наименование элементов | |
|-----------------------|--------------------------|---|
| >3 | Камни (stones, boulders) | |
| 20-6 | Гравий | Грубый (coarse gravel) |
| 6-2 | | Тонкий (fine gravel) |
| 2-0,6 | Гравий | Грубый (coarse sand) |
| 0,6-0,2 | | Тонкий (fine sand) |
| 0,2-0,06 | | Очень тонкий (very fine sand) |
| 0,06-0,02 | Пыль | Песчаная (грубая) (sandy silt, coarse silt) |
| 0,02-0,006 | | Средняя (medium silt) |
| 0,006-0,002 | | Тонкая (fine silt) |
| <0,002 | Глина | Тонкая (clay) |
| >0,002 | | Коллоиды (Colloids) |

Гранулометрический состав имеет большое производственное значение. Он учитывается при агротехнических мероприятиях, обработке, орошении, выборе культур и т. д.

Гравий состоит из обломков первичных минералов. При высоком содержании гравия в почвах рекомендуется проводить её обработку, но при этом почвы имеют

малоблагоприятные свойства – провальную водопроницаемость, отсутствие водоподъёмной способности, низкую влагоёмкость, что отрицательно влияет на рост и развитие сельскохозяйственных культур.

Песчаная фракция состоит из первичных минералов, прежде всего кварца и полевых шпатов. Эта фракция отличается высокой водопроницаемостью, некоторой капиллярностью и влагоёмкостью, не набухает, не пластична. Характеризуется крайне низкой поглотительной способностью. Для возделывания полевых культур пригодны пески с влагоёмкостью не менее 10%, для произрастания лесных культур – не менее 3–5%.

Фракция крупной пыли по минералогическому составу приближается к песчаной, имеет невысокую поглотительную способность и влагоёмкость, не пластична, слабо набухает, отличается низкой величиной удельной поверхности – 1–2 м²/г.

Фракция средней пыли характеризуется низкой удельной поверхностью – 2–10 м²/г, не способна к коагуляции, но удерживает влагу и набухает. Вследствие повышенного содержания слюд отличается связанностью и пластичностью, имеет плохую водопроницаемость.

Фракция мелкой пыли состоит не только из первичных, но и вторичных минералов. В связи с этим фракция мелкой пыли имеет свойства, не присущие более крупным фракциям. Она способна к коагуляции и структурообразованию, обладает поглотительной способностью, содержит гумусовые вещества в повышенных количествах. Её удельная поверхность превышает 50 м²/г. Однако высокое содержание мелкой пыли в почвах в свободном состоянии придаёт почвам неблагоприятные свойства: плотное сложение, плохую водопроницаемость, чрезмерное набухание и усадку, липкость, трещиноватость, а также избыточное количество влаги, недоступной для растений.

Ил состоит преимущественно из высокодисперсных вторичных минералов. Из первичных минералов встречаются кварц, ортоклаз, мусковит. Илистая фракция имеет большое значение в создании почвенного плодородия. Благодаря высокой удельной поверхности, достигающей 200–250 м²/г, она играет главную роль в физико-химических процессах, протекающих в почве. Ил отличается высокой поглотительной способностью, содержит много гумуса, элементов зольного и азотного питания растений.

Крупные фракции не пластичны, не набухают, не способны к обмену поглощению катионов и не содержат гумуса. Они не могут образовывать капилляры и поглощать влагу, но отличаются высокой водопроницаемостью. С уменьшением размера фракций их свойства меняются на прямо противоположные.

Гранулометрический состав определяет многие свойства почвы. Так, песчаные и супесчаные почвы хорошо пропускают воду, но обладают низкой влагоёмкостью, поэтому их надо поливать часто, но небольшими порциями. Глинистые и суглинистые почвы, наоборот, слабо пропускают воду, но хорошо удерживают её в себе, поэтому поливы могут быть более редкими и более обильными. Глинистые и суглинистые почвы имеют более прочную и агрономически более ценную структуру, они труднее поддаются обработке, поэтому их называют тяжёлыми в отличие от лёгких – песчаных и супесчаных. Отличаются разновидности почв и по минералогическому составу: *лёгкие* состоят преимущественно из первичных минералов, *тяжёлые* – в значительной степени из вторичных, глинистых минералов. Тяжёлые почвы обладают способностью набухания при увлажнении и усадки и растрескивания при высыхании. Лёгкие разновидности не обладают этим свойством или обладают в слабой степени.

Существенную роль играет гранулометрический состав в тепловых свойствах почв: лёгкие почвы относятся к более «тёплым», т.е. быстрее оттаивают и прогреваются. Тяжёлые почвы считаются «холодными».

Наиболее простым и доступным методом определения гранулометрического состава считается метод М.М.Филатова, позволяющий быстро определить количество главных групп почвенных частиц – песка и глины, а по их соотношению выяснить разновидность почвы.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется гранулометрическим составом почвы
2. Чем отличается Российская классификация гранулометрических элементов (по Н.А.Качинскому) от принятой международным обществом почвоведов
3. На чем основано определение гранулометрического состава почвы по методу Филатова М.М.
4. На чем основано определение гранулометрического состава почвы пипеточным методом (в модификации Н.А.Качинского)
5. Для какой цели проводят пескование и глинование
6. Принцип использования в практике с.х. США и Великобритании треугольника «Ферре»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

5. **Ковриго В. П.** Почвоведение с основами геологии: учебник / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова. – 2-е изд., доп. И перераб. – М. : КолосС, 2008. – 439 с. : ил.
6. **Мамонтов В.Г.** Общее почвоведение/ В.Г. Мамонтов [и др.]. – М.: КолосС, 2006. – 456 с.
7. **Муха В.Д.** Агрочесоведение: Учебник для студентов высших учебных заведений/ В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха; Под ред. В.Д. Мухи. – М.: КолосС, 2003.– 528 с.
8. **Шеин Е.В.** Агрофизика/ Е.В. Шеин, В.М. Гончаров. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 400с. Ил. (Высшее образование).

Дополнительная

3. **Баздырев Г. И.** Земледелие с основами почвоведения и агрохимии: учебник / Г. И. Баздырев, А. В. Сафонов. - М. : КолосС, 2009. - 415 с. : ил. - (Учебники и учеб.пособия для студентов высш. учеб. заведений).
4. Физические свойства почв. Часть 1: Учебно-методическое для студентов, обучающихся по направлению «Агрохимия и агропочвоведение» специальности 110201 – «Агроэкология» квалификации бакалавр сельского хозяйства, ученый агроном-эколог/ Сост.:В.В. Кравченко, В.А. Назаров, В.И. Губов; Ю.М. Гришин - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2007. – 48 с.

Программное обеспечение и интернет-ресурсы

1. Базы, информационно-справочные и поисковые системы: Yandex, Google, Rambler
2. <http://forest.geoman.ru/forest/item/f00/s01/e0001231/index.shtml>
3. <http://library.sgau.ru>
4. <http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>
5. <http://www.ecosystema.ru/08nature/soil>

Лекция 5.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПОЧВЫ.

Издавна повелось, что качество земли определяют по цвету и по тому, как она распадается на отдельные комочки-агрегаты. Это очень правильное наблюдение: если цвет темный, значит, в почве много органического вещества — гумуса, который определяет ее плодородие. А если она распадается на равномерные комочки, то дождевая влага быстро впитывается, всегда будут хорошие условия проветривания, и земля не превратится в сплошную глинистую массу. Поэтому нередко говорят, что структурная почва — культурная почва.

У почвоведов с первых студенческих полевых практик остается яркий образ структуры чернозема из курских или воронежских степей, который по праву считается царем почв: на корешках растений черными, матово-поблескивающими бусинками висят отдельные комочки, создавая иллюзию, что они — неотъемлемая часть корневой системы (рис.1). Ведь неспроста корни так густо пронизывают агрегат. Значит, именно в нем сконцентрированы основные питательные вещества, вода и воздух. Но почвенный агрегат не просто хранилище. В нем живет основная часть микроорганизмов, которые определяют многие биосферные процессы (и парниковый эффект в том числе!). Здесь, видимо, и происходит постоянное производство необходимых для растений веществ. Специалисты называют структуру черноземов зернистой, так как комочки по размеру (2—5 мм) близки к семенам зерновых культур, а именно гречихи. Еще со времен становления практического земледелия замечено, что самая плодородная почва состоит из отдельных агрегатов, по размеру приближающихся к семенам. Вот и получается, что почвенная структура — главное, центральное, узловое звено многих природных процессов.



Рис.1. Уникальная агрегатная структура почв. Курская черноземная степь.

Фото авторов

Но образование, длительное устойчивое существование зернистой структуры до сих пор остаются загадкой. Действительно, после весеннего снеготаяния или летнего ливня те же самые черноземы представляют собой равномерную глинистую массу, в которую и ступить-то страшно. Сапоги превращаются в огромные неподъемные земляные валенки, и очистить их от этой прилипшей, вязкой грязи просто невозможно. Но засветит солнышко, прогуляется над полем теплый ветерок, и снова — отдельные агрегаты. Только что был пластилин какой-то, и вдруг — рассыпчатые комочки. После сильного дождя — липучая глина, но потом опять — раздельные агрегатки. Кажется, что почва обладает памятью:

она знает, что обязательно должна возвратиться в агрегированное состояние. Что же заставляет ее помнить про комочки-агрегаты и поддерживать их? За счет каких сил, какой энергии они образуются, исчезают после дождя и рождаются вновь? Это и есть основная загадка почвенной структуры, отгадать которую брались многие ученые. Но прежде всего надо ответить на следующий вопрос:

Из чего состоит почвенный агрегат?

Если из комочка чернозема сделать тонкий срез и рассмотреть его в микроскоп, то можно увидеть соединенные друг с другом частички с просвечивающей между ними пустотой — поровым пространством. В нем как раз и сохраняются вода и питательные вещества, живет и функционирует почвенная биота (рис.2).

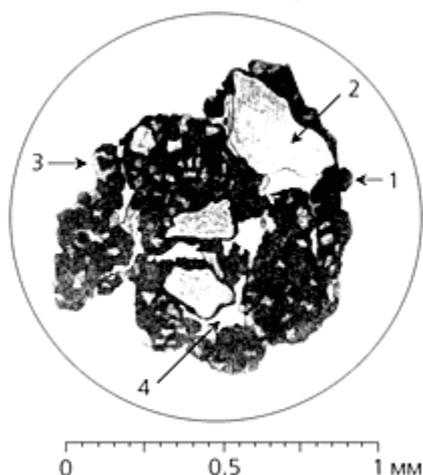


Рис.2. Срез агрегата чернозема обыкновенного (по: Качинский Н.А. Структура почвы. М., 1963).

1 — микроагрегаты; 2 — крупные минеральные частицы; 3 — органический цемент; 4 — видимые микропоры.

Крупные отдельные частицы — это кусочки минералов и горных пород (песчинки, пылинки и др.). Они когда-то составляли геологическую породу, на которой и образовалась почва с характерной структурой. Теперь эти минеральные частицы соединены между собой прочной, но пластичной связью, которая не рвется даже при проникновении воды. В то же время при насыщении агрегата водой возникают очень большие силы, стремящиеся отодвинуть частицы друг от друга. Физико-химический характер этих сил можно пояснить на схеме (рис.3). На поверхности минеральных частиц, расположенных рядом и омываемых водой, образуется некоторый, как правило, отрицательный электрический заряд. К таким частицам обязательно подойдут из раствора положительно заряженные катионы. Они окружают их, формируя поверхностный слой. Но вот что интересно: в межчастичном пространстве количество катионов окажется значительно больше, чем в окружающей воде.

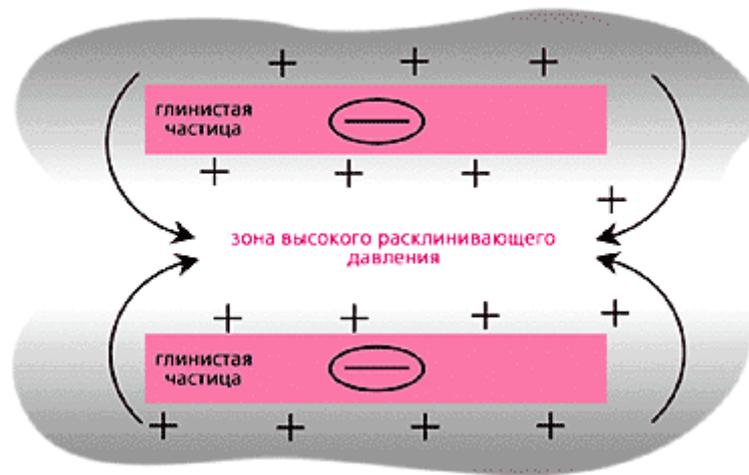


Рис.3. Схема возникновения раскливающего давления между отрицательно заряженными минеральными частицами. Стрелками указано направление движения воды в пространство с положительно заряженными сорбированными катионами.

Хорошо известно, что концентрации веществ в водной среде должны выравниваться за счет процессов диффузии. Поэтому молекулы воды передвигаются в зону, насыщенную ионами (т.е. в межчастичное пространство), до тех пор, пока концентрации не сравняются. Вода накачивается концентрационным насосом между частицами и раздвигает их все дальше и дальше. Эта сила весьма образно названа раскливающим давлением. За счет него частицы уплыли бы друг от друга на большое расстояние. Но в почвенном агрегате они держатся вместе, несмотря на то, что раскливающее давление иногда достигает нескольких десятков (!) атмосфер. Оно может разорвать крепкие канаты из полиэтилена или лавсана. А почвенные агрегаты увеличиваются в размерах, набухают, но не разрушаются. Тут возникает следующий вопрос:

Чем обусловлены агрегатные водоустойчивые связи?

Гипотез на этот счет выдвинуто много. В 20-х годах прошлого века один из основателей российского количественного почвоведения К.К.Гедройц высказал предположение, что такие связи возникают при совместном осаждении мелких минеральных частиц в растворах с ионами кальция, которые цементируют и соединяют их. Этот тип устойчивых и прочных связей был назван цементационным. Впрочем, формировать устойчивые связи кроме иона кальция могут ионы железа и алюминия. Последующие эксперименты показали, что так образуются только очень маленькие агрегатки, не более 2—3 мкм, но не реально существующие, размером с 3—5-миллиметровое гречишное зерно.

В дальнейшем, отталкиваясь от идеи Гедройца, коагуляционную теорию развил И.Н.Антипов-Каратаев. Он заинтересовался действием не только минеральных, но и органических коллоидов и убедительно показал, что только при их совместной коагуляции образуется что-то подобное почвенному агрегату. Однако лишь подобное. Загадка устойчивого, не распадающегося в воде агрегата так и оставалась загадкой.

Позднее, в 30—50-х годах, В.Р.Вильямс (известный, в основном, как теоретик и пропагандист травопольной системы земледелия) обратил внимание на то, что стабильные почвенные агрегаты возникают в прикорневой зоне растений. В их формировании участвуют сами корни и живущие там микроорганизмы, вырабатывающие специфическое вещество — свежий (как назвал его Вильямс) почвенный гумус. Он-то и обладает свойствами клея, прочно соединяющего частицы. Причем такой свежий гумус образуется при недостатке кислорода или, как говорят, в анаэробных условиях с помощью почвенных бактерий-анаэробов. Впоследствии коллегами Вильямса и его учениками было доказано, что именно внутри почвенных агрегатов такие условия и существуют. Другими словами, микроорганизмы-анаэробы создают гумус-клей из поступающих в почву растительных

остатков, образуют свежую органику для соединения минеральных частиц в устойчивые агрегаты, в которых они постоянно живут и “работают”. Чем больше природного клея, тем прочнее и устойчивее почвенные агрегаты, лучше почвенная структура, выше плодородие. (Кстати, из таких логических рассуждений и родилась знаменитая травопольная система, предлагавшая земледельцам некоторое количество сезонов засеивать поля травами, возрождая тем самым структуру и плодородие почв.) Однако секрет этого природного клея, который крепче лавсановых и полиэтиленовых нитей, так и остался секретом.

Во всех теориях структурообразования отсутствует главный действующий “герой” практически всех почвенных процессов — вода. Без нее все события в формировании почвенной структуры кажутся разобщенными, не связанными друг с другом. В последнее время родилась идея, что основную роль в природном клее должно играть органическое вещество почвы, которое затрудняет быстрое поступление воды в межчастичное пространство, препятствует возникновению высоких расклинивающих давлений и разрыву агрегата. Чтобы разъяснить эту идею, попробуем поставить эксперимент. Возьмем две стеклянные трубки. Внутреннюю поверхность одной из них смажем вазелином. Опустим концы трубок в воду и скоро увидим, что в чистой трубке вода поднялась на некоторую высоту, а в смазанной вазелином, напротив, опустилась ниже первоначального уровня. Причина этого эффекта связана с различными свойствами поверхности. По чистому стеклу вода хорошо растекается — оно гидрофильно. Поверхность, отталкивающая воду (в нашем случае покрытая вазелином), гидрофобна.

А что, если нечто подобное происходит и в почвенных агрегатах? Но для этого необходимы следующие условия: гумусовые вещества, вырабатываемые микроорганизмами из растительных остатков, должны обладать гидрофобными свойствами и при этом прочно удерживаться на гидрофильной (аналогичной стеклу) поверхности минеральных частиц. Значит, почвенные органические молекулы должны иметь как гидрофильные, так и гидрофобные свойства, или, как говорят биохимики, быть амфифильными. Тогда в почвенной поре молекула органического вещества одной своей частью (гидрофильной) прочно удерживается на поверхности минеральной частицы, а другой (гидрофобной) — ориентируется внутрь, в межчастичное пространство (рис.4).

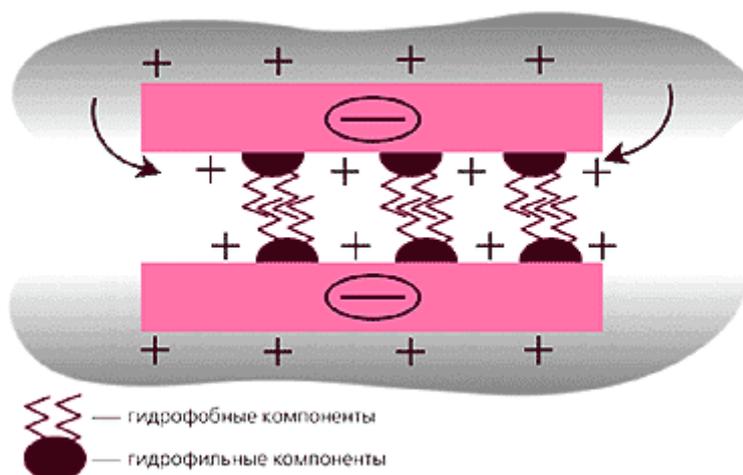


Рис.4. Возникновение устойчивой почвенной структуры благодаря амфифильным свойствам почвенного гумуса. Гидрофобные компоненты прочно связываются друг с другом, а гидрофильные — с минеральными частицами. Такой органо-минеральный комплекс устойчив и к механическим воздействиям, и к разрушающему влиянию воды.

Вода в такую пору поступает медленно. Это очень важно. Именно медленно, без закупоривания пор и разрыва агрегатов защемленным воздухом. При этом комочки увеличиваются в объеме, набухают. Почва как бы становится единой глинистой массой. Органические молекулы гумуса своими гидрофобными окончаниями держатся друг за

друга, не позволяя молекулам воды разорвать гидрофобные связи. Чем больше гидрофобных окончаний, тем устойчивее агрегаты и тем сильнее они противостоят расклинивающему действию воды. Теперь эту гипотезу следует доказать экспериментально.

Специфика почвенного гумуса

Итак, необходимо было доказать, что почвенное органическое вещество обладает амфифильными свойствами с доминирующими гидрофобными. Только тогда оно способно формировать зернистую структуру. Это удалось сделать с помощью метода жидкостной хроматографии гидрофобного взаимодействия. Он основан на том, что в специальную хроматографическую колонку помещают вещество (матрицу) с заведомо известными гидрофобными свойствами. При пропускании пробы через такую колонку гидрофобные участки поверхности анализируемого органического вещества образуют контакты с гидрофобными же группами матрицы. Органический материал в исходной пробе разделяется. Из хроматографической колонки сначала элюируют (вымываются) гидрофильные вещества и лишь в самом конце — гидрофобные, для отрыва которых от гидрофобной матрицы потребуется дополнительное усилие.

На такой же колонке проанализируем почвенный гумус. Нам надо показать, что в составе органического вещества зернистой почвы преобладают компоненты с гидрофобными свойствами, а в слабоагрегированной — с гидрофильными. Классическая, хорошо агрегированная почва — уже упомянутый чернозем. Плохо агрегированная — дерново-подзолистая, например, из нашего подмосковного леса. На рис.5 приведены хроматограммы гумусовых веществ из этих почв. Оказалось, что самые большие пики для пробы органического материала из чернозема наблюдались в области гидрофобных веществ. А в состав гумуса дерново-подзолистой почвы входили в основном гидрофильные компоненты. Гипотеза о важной роли гумуса с гидрофобными свойствами при образовании зернистой структуры получила первое подтверждение.

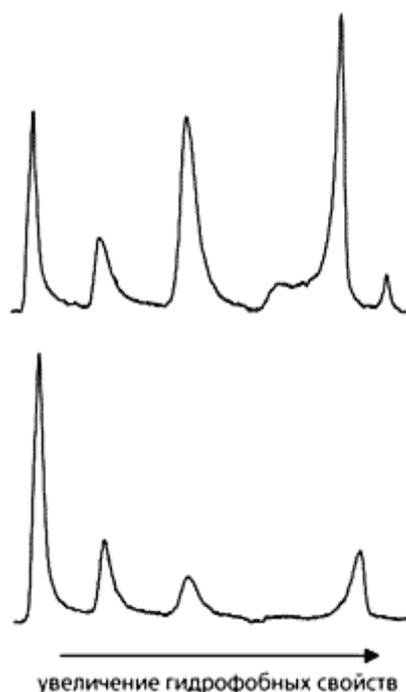


Рис.5. Обратnofазная жидкостная хроматография гумусовых веществ из чернозема (вверху) и из дерново-подзолистой почвы.

Более того, вспомнив работы Вильямса, можно предположить, что свежий гумус и есть гумус с ярко выраженными гидрофобными свойствами. И образуется он в анаэробных условиях внутри агрегатов с помощью постоянно живущих там анаэробных бактерий. Это доказали наши коллеги-микробиологи: внутри агрегатов совсем иные микроорганизмы, чем на их поверхности, в основном анаэробные. Гипотеза получила свое второе

подтверждение.

Теперь уже можно более обоснованно представить определенный образ или, как принято говорить в современной науке, — модель формирования устойчивого почвенного агрегата. На рис.4 амфифильная почвенная органика находится между двумя минеральными частицами. Гидрофильная ее часть присоединяется к гидрофильной же поверхности минерала, а гидрофобные компоненты “сшивают” эти частицы. И хотя по-прежнему действуют силы расклинивающего давления, минеральный агрегат не разрушается. Гидрофобная связь — очень прочная, а проникновение воды в пространство между частицами замедляется за счет гидрофобизации поверхности минеральных частиц. Такой органо-минеральный комплекс и формирует устойчивость почвенного агрегата.

Итак, для того чтобы образовалась прочная, не распадающаяся в воде агрегатная структура, обязательны, как минимум, следующие условия. Во-первых, растительные или другие органические вещества, служащие исходным материалом для формирования гумуса, должны поступать внутрь почвы. Во-вторых, необходимы локальные условия для жизни и деятельности анаэробных микроорганизмов, превращающих растительную органику в амфифильный почвенный гумус с доминирующими гидрофобными свойствами, который и скрепляет минеральные частицы, образуя устойчивый в воде агрегат.

Однако все это пока гипотеза, не теория. Хотя уже ясно, что основная роль в формировании прочной и устойчивой зернистой структуры принадлежит почвенному гумусу, причем весьма специфическому, обладающему амфифильными свойствами с преобладанием гидрофобных компонентов. Чтобы окончательно понять происхождение и значение для природы маленького комочка земли необходимо обосновать применение законов физики, коллоидной химии, микробиологии, минералогии, молекулярной биохимии и в конечном счете математики для построения модели образования и функционирования почвенного агрегата. Но это в будущем. А пока родилась лишь новая гипотеза, логически объясняющая роль и значение специфического органического материала в формировании агрегатной структуры почв — одного из основных факторов устойчивого плодородия, многих биосферных процессов и сохранности жизни на Земле.

Вопросы для самоконтроля

1. Понятие о структурном состоянии почв.
2. Дайте определение структуры.
3. Что такое структурность почв?
4. Каким показателем характеризуется качество структуры?
5. Какие мероприятия необходимо проводить для регулирования структурного состояния?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

9. **Ковриго В. П.** Почвоведение с основами геологии: учебник / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова. – 2-е изд., доп. И перераб. – М. : КолосС, 2008. – 439 с. : ил.
10. **Мамонтов В.Г.** Общее почвоведение/ В.Г. Мамонтов [и др.]. – М.: КолосС, 2006. – 456 с.
11. **Муха В.Д.** Агрочесоведение: Учебник для студентов высших учебных заведений/ В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха; Под ред. В.Д. Мухи. – М.: КолосС, 2003.– 528 с.
12. **Шеин Е.В.** Агрофизика/ Е.В. Шеин, В.М. Гончаров. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 400с. Ил. (Высшее образование).

Дополнительная

5. **Баздырев Г. И.** Земледелие с основами почвоведения и агрохимии: учебник / Г. И. Баздырев, А. В. Сафонов. - М. : КолосС, 2009. - 415 с. : ил. - (Учебники и учеб.пособия для студентов высш. учеб. заведений).
6. Физические свойства почв. Часть 1: Учебно-методическое для студентов, обучающихся по направлению «Агрохимия и агропочвоведение» специальности 110201 – «Агроэкология» квалификации бакалавр сельского хозяйства, ученый агроном-эколог/ Сост.: В.В. Кравченко, В.А. Назаров, В.И. Губов; Ю.М. Гришин - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2007. – 48 с.

Программное обеспечение и интернет-ресурсы

1. Базы, информационно-справочные и поисковые системы: Yandex, Google, Rambler
2. <http://forest.geoman.ru/forest/item/f00/s01/e0001231/index.shtml>
3. <http://library.sgau.ru>
4. <http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>
5. <http://www.ecosystema.ru/08nature/soil/>

Лекция 6.

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ВОДНЫХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ.

6.1. Состав и свойства жидкой фазы почв

Жидкая фаза почвы - это почвенные растворы, представляющие собою различной степени минерализации воду, а также растворенные в ней органические и минеральные кислоты. В почвах вода (жидкая фаза) никогда не встречается в чистом виде, в виде H_2O . Жидкая фаза всегда представлена растворами, основой которых является шестикомпонентная система, состоящая из трех анионов (Cl , SO_3 , HCO_2) и трех катионов (Ca , Mg , Na). В этой системе могут быть в растворенном состоянии различные химические элементы и химические соединения в виде солей, кислот и более сложных комплексных соединений. В зависимости от характера растворенных в жидкой фазе веществ, она может иметь кислую, нейтральную или щелочную реакцию, что оказывает влияние на многие химические, биологические, геохимические и другие процессы, протекающие в почвах. Кроме этого, жидкая фаза может быть насыщенной кислородом и может не содержать его вообще. Это также оказывает влияние на многие процессы, особенно на направление окислительных или восстановительных процессов. Поэтому, когда мы говорим о воде в почвах, нужно всегда помнить, что это различные растворы, имеющие свои характеристики. Взаимодействие жидкой и твердой фаз зависят и обуславливаются не только их составом, но и количеством, и особенно формой воды в почвах.

6.2. Функции жидкой фазы почв

Вода попадает в почву различными путями: в виде атмосферных осадков и из потоков грунтовых вод, путем конденсации водяных паров. Часть поступающей в почву воды просачивается вглубь, часть стекает по склонам, часть испаряется. Значительная часть водных растворов поглощается минеральными частицами и задерживается почвой. Эта поглощенная часть и представляет собой почвенный раствор. Количество поглощенной воды (растворов) зависит от гранулометрического состава. Наибольшее количество воды поглощают почвы, богатые илстыми и коллоидными частицами. Вода, как почвенный раствор, обладает своим составом и своими свойствами.

В небольших количествах в почвенном растворе присутствуют и другие химические элементы минеральной природы, а также различные кислоты.

Почвенный раствор выполняет в почвах четыре важные функции:

- является растворителем веществ,
- является транспортером растворенных веществ, а также твердых илстых и коллоидных частиц,
- осуществляет обмен катионами и анионами с твердой фазой почв (ее илстой и коллоидной частью),
- является источником питания растений растворенными химическими элементами.

Почвенная влага выступает также в качестве терморегулятора и сильно действующего фактора в проявлении различных процессов почвообразования (оглеение, оподзоливание, лессивирование и т.п.).

Наконец, вода в почве формирует водный режим почв, который оказывает решающее значение в проявлении и степени развития, и направленности процесса почвообразования.

Влажность почвы влияет на их агрофизические свойства: на плотность, липкость, способность к крошению и образованию агрегатов. Вода определяет и уровень эффективного плодородия. Почвенный раствор содержит питательные вещества и различные соединения, либо благоприятные, либо токсичные для растений. Все это в

совокупности оказывает воздействие на продуктивность сельскохозяйственных культур.

6.3. Формы воды в почве и их доступность растениям

Почвенная влага, в зависимости от характера связей между молекулами воды, а также твердой и газовой фазами почвы, обладает разной степенью подвижности и свойствами. Поэтому почвенную воду разделяют на несколько категорий, или форм, по физическому состоянию и характеру связей с твердой фазой.

По физическому состоянию различают три формы почвенной воды:

- твердую,
- жидкую,
- арообразную.

По характеру связей с твердой фазой и степени подвижности выделяют шесть форм воды:

- химически связанную,
- твердую,
- арообразную,
- прочносвязанную,
- рыхлосвязанную,
- свободную.

Химически связанная вода входит в состав химических соединений. Это или конституционная (гидратная часть), или кристаллизационная (кристаллогидратная). Эта форма воды отличается своей неподвижностью и неспособностью растворяться.

Конституционная форма представляет собою гидроксильную группу (ОН⁻), в составе гидроксидов железа, алюминия, титана, марганца, коллоиднодисперсных глинистых минералов, органических и органоминеральных соединений.

Кристаллизационная же форма представлена целыми молекулами в составе кристаллов (гипс - CaB₀4.2 H₂O, миробилит - Na₂ S₀4).

Химически связанная вода растениям недоступна. При ее потере (дегидратация, синерезис) происходит необратимая трансформация минеральных, органических и органоминеральных соединений.

Твердая вода представлена в почве в форме льда. В этой форме вода образует довольно жестко структурированную решетку с тетраэдрической конфигурацией. В зависимости от температуры замерзания и давления, известны девять структур и форм льда. При обычном атмосферном давлении образуется наиболее устойчивая форма, которую и называют лёд. Лед, при таянии переходит в форму жидкой, а при испарении - арообразной воды. Твердая вода неподвижна, растениям недоступна. Поэтому большое значение имеет процесс, идущий в зимний период, процесс накопления в почве влаги за счет восходящего переноса ее из нижних горизонтов в верхние. В процессе промерзания почво-грунтов, ниже мерзлого слоя возникает зона разрежения (вакуум), способствующая конденсации паров почвенной влаги и термодиффузному переносу влаги из зоны грунтовых вод.

Арообразная вода находится в почве в виде водяного пара, насыщая почвенный воздух нередко до 100%. Арообразная вода передвигается от мест с большей упругостью в места с меньшей упругостью водяных паров, а также с током воздуха. Арообразная вода в снабжении растений водой практически значения не имеет. Перенос воды в форме пара может осуществляться по пустотам вокруг корней, которые оттягивают влагу из окружающего почвенного пространства. При понижении температуры арообразная вода, конденсируясь, может переходить в жидкую форму.

Прочносвязанная вода - это вода, сорбированная почвенными частицами. Такая вода называемая *гигроскопической*, а явление - *гигроскопичностью*, т. е. способностью

почвенных частиц поглощать (сорбировать) водяные пары из воздуха. Гигроскопическая вода (ГВ) покрывает почвенные частицы тонкой пленкой слоем в 1-3 молекулы. Эти молекулы дипольны и находятся в строго ориентированном положении. Гигроскопическая вода отличается особыми свойствами. Она замерзает при температуре - 4 С⁰, не способна осуществлять растворение веществ, отличается повышенной плотностью (1,5-1,8 г/см³) и вязкостью, а главное - недоступна растениям. Количество сорбированной почвой гигроскопической воды зависит от количества и качества почвенных коллоидов.

Максимальное количество воды, сорбированное почвой, называется **максимальной гигроскопичностью (МГ)**. Она возникает и образуется в условиях, когда почвенный воздух насыщен водяными парами до 96-98%. Величина МГ позволяет определить обеспеченность растений водой. Обычно полуторная или двойная величина МГ соответствует величине влажности устойчивого завядания растений (ВЗ), что соответствует понятию "мертвый запас" воды в почве. При таком запасе воды в почве растения начинают завядать. Максимальная гигроскопичность (МГ), как и просто гигроскопичность, зависит от количества и качества почвенных коллоидов. Так, в слабо гумусированных песчаных и супесчаных почвах, величина МГ составляет всего 0,5-1%. В хорошо гумусированных суглинистых и глинистых почвах она достигает 10-16%.

Кроме максимальной гигроскопичности (МГ), в почвах различают еще и максимальную адсорбционную влагоемкость (МАВ). Это максимальное количество прочносвязанной воды, удерживаемой на поверхности почвенных частиц сорбционными силами.

Рыхлосвязанная вода, в отличие от прочносвязанной, является второй формой сорбированной воды. Прочносвязанная вода состоит из 1-3 молекул на поверхности почвенной частицы, а рыхлосвязанная состоит из нескольких десятков слоев ориентированных молекул воды, т. е. из толщи в 10-20 молекул. Это уже представляет собою водяную пленку на поверхности почвенных частиц. Поэтому синонимом понятия «рыхлосвязанная вода» является понятие «пленочная вода». Рыхлосвязанная или пленочная вода образуется за счет сорбции молекул воды, дополнительно к максимальной гигроскопичности.

Пленочная, или рыхлосвязанная, вода слабо подвижна. Передвигается она медленно, в направлении от почвенной частицы с малым диаметром (следовательно, с более толстой пленкой воды) к частице с большим диаметром (а, следовательно, с более тонкой пленкой воды).

Растениям рыхлосвязанная вода малодоступна.

Максимальное количество рыхлосвязанной (пленочной) воды называется максимальной молекулярной влагоемкостью (ММВ). Величина ММВ почвы (аналогично величине МГ) зависит в основном от гранулометрического состава, т. е. от количества илестых и коллоидных частиц. Чем их больше, тем выше величина ММВ. В почвах легкого гранулометрического состава (песок, супесь) ММВ составляет около 10%, в глинистых - до 30%.

Свободная вода, в отличие от гигроскопической, не связана с почвенными частицами силами сорбции. Эта форма воды передвигается в почвах под действием капиллярных и гравитационных сил. Поэтому и разделяется она, соответственно, на две формы:

- капиллярная
- гравитационная

Капиллярная вода находится в капиллярах почвы в капельножидком состоянии. Это наиболее благоприятная, доступная для растений форма почвенной влаги. Капиллярная вода, в отличие от гигроскопической, способна растворять вещества.

Различают:

- а) капиллярно-подвешенную и
- б) капиллярно-подпертую воду.

Капиллярно-подвешенная вода образуется при поступлении воды в почву с поверхности (дождевая вода, талые воды и оросительные). Ниже слоя почвы, увлажненной капиллярно-подвешенной водой, сохраняется слой сухой почвы.

Капиллярно-подпертая образуется, наоборот, при поступлении воды снизу, от грунтовых вод. Выше слоя почвы, увлажненной капиллярно-подпертой водой, также сохраняется слой сухой почвы. Слой почвы, лежащий выше зеркала грунтовых вод, насыщенный капиллярно-подпертой водой, называется *зоной капиллярной каймы или просто капиллярной каймой*.

В одном и том же почвенном профиле, возможно, образование одновременно и капиллярно-подвешенной, и капиллярно-подпертой воды, но разделенных сухим слоем. В случае, если эти две формы воды смыкаются, то под действием капиллярных (менисковых) сил грунтовая вода поднимается по капиллярам к поверхности почвы. Это сопровождается испарением. Если грунтовые воды сильно минерализованы, то начинает проявляться процесс засоления почв.

Подъем грунтовой воды по капиллярам, вверх почвенного профиля, будет тем выше, чем тоньше капилляры. Менисковые силы, вызывающие подъем воды, начинают проявляться при диаметре пор < 8 мм. Но скорость подъема при этом будет небольшой.

Максимальное количество капиллярно-подвешенной воды называется *наименьшей влагоемкостью* (НВ). Синонимом этому понятию является понятие "*полевая влагоемкость*" (ПВ).

Максимальное количество капиллярно-подпертой воды называется *капиллярной влагоемкостью* (КВ).

Гравитационная вода - это форма воды, занимающая все крупные некапиллярные поры и полости. Передвигается гравитационная вода под действием силы тяжести (гравитации). Эта форма воды способна растворять вещества и является транспортером в почвенном профиле. Гравитационная вода доступна растениям. Заполняя полностью все полости внутри почвы, она создает анаэробные условия, чем вызывает угнетение и гибель растений. В этих условиях могут начинаться процессы оглеения. Длительное оглеение приводит к заболачиванию почв.

Выделяют две формы гравитационной воды:

а) просачивающуюся гравитационную воду, которая передвигается сверху вниз по профилю почвы, и

б) стекающую - воду водоносных горизонтов (почвенные и почвенногрунтовые воды), передвигающуюся по направлению уклона водоупорного слоя.

Максимальное количество гравитационной воды, которое может вместить почва при заполнении всех пустот, кроме пор с заземленным воздухом (5-8% общей порозности), называется *полной влагоемкостью* (ПВ).

При полном заполнении почвы водой, то есть при значении влажности почвы, соответствующем ПВ, в почве содержится максимальное количество воды, включающее и гравитационную формы почвенной воды.

Величина ПВ практически равна порозности (скважности) почвы и колеблется от 20-40 до 50-60%, достигая иногда 80%.

Наличие воды в почвах имеет главное назначение - обеспечение ею роста и развития растений.

Для оценки степени доступности воды растениям (и активности её участия в различных процессах), все формы воды разделяют на две группы:

- продуктивная влага и
- непродуктивная влага.

Это отражено в табл. 6, показывающей взаимосвязь различных форм почвенной воды, их доступность растениям и способы передвижения в почве.

При таком разделении форм воды на *продуктивную и непродуктивную* влагу выделяют верхний и нижний пределы содержания доступной почвенной воды под

покровом растительности.

Верхний предел - это величина наименьшей полевой влагоемкости (НВ). Выражается она количеством воды, удерживаемой почвой в виде гравитационной влаги. На хорошо дренированных почвах это наступает через 2-3 дня после прохождения дождя или проведения орошения. Величина верхнего предела содержания влаги в почвах - это и есть оптимальные условия развития растений.

Таблица 6

Формы воды в почвах и их доступность растениям

| Форма воды | Доступность воды растениям | Способ передвижения |
|---|--|--|
| <i>Продуктивная влага:</i> Величина: от полной влагоемкости (ПВ) до наименьшей (НВ) | | |
| Гравитационная и капиллярно-гравитационная | Легкодоступная. Избыток обуславливает недостаток воздуха. Малопродуктивна | Передвигается в жидком виде под действием силы тяжести |
| Величина: от наименьшей влагоемкости до влажности разрыва капиллярной связи (НВ-ВРК) | | |
| Капиллярная | Легкодоступная | Передвигается по капиллярам и пленкам |
| Величина: от влажности разрыва капиллярной связи до влажности завядания (ВРК-ВЗ) | | |
| Пленочная | Труднодоступная | Передвигается по пленкам вокруг почвенных частиц |
| <i>Непродуктивная влага:</i> Величина: от влажности завядания (ВЗ) - до максимальной адсорбционной влагоемкости (ВЗ - МАВ) | | |
| Пленочно-гигроскопическая | Недоступная | Передвигается в виде пара |
| Величина: от максимальной адсорбционной влагоемкости до химически связанной влаги (сухая почва) | | |
| Гигроскопическая и химически связанная | Недоступная | Передвигается в виде пара и неподвижна |

Нижний предел - соответствует величине **влажности завядания** (ВЗ), при которой растения начинают завядать, а следовательно, и не могут продолжать рост и развитие.

Нормальный рост и развитие растений определяется условиями почвенного климата, который зависит от климата атмосферы на данной территории. Однако в почвах часто наблюдаются локальные явления, ограничивающие оптимальное использование воды растениями. Это может быть обусловлено образованием уплотненных поверхностных корок, потерей воды при возникновении провальной инфильтрации, при интенсивном физическом испарении, при усилении процессов засоления. Причиной нарушения нормальной водообеспеченности растений могут быть и такие явления, как подъем к поверхности грунтовых вод, малое содержание доступной влаги; водный стресс растений, небольшая мощность рыхлой почвенной толщи; скелетность (щебнистость) почв. Нормальная водообеспеченность может снизиться до величины завядания растений, когда количество воды в почве настолько мало, что растения начинают завядать. Эта величина

влаги в почвах получила название «*влажности завядания*».

Понятие «влажность завядания» отражает не форму воды в почве, а количественное ее содержание, что очень важно для роста и развития растений.

Показатель «влажность завядания» является наиважнейшей агропочвенной характеристикой, отражающей условия роста и развития растений. Это необходимо учитывать при оценке водообеспеченности растений влагой. При этом следует иметь в виду, что всасывающая способность корней растений зависит от уровня нижней границы доступной влаги. Засухоустойчивые растения обычно не требовательны к запасам почвенной влаги (например, виноград). Такие растения начинают проявлять признаки завядания только при влажности, соответствующей величине максимальной гигроскопичности (МГ).

У разных почв (в различных их генетических горизонтах) величина влажности завядания разная. В почвах легкого гранулометрического состава отношение ВЗ / МГ может достигать 3, а в тяжелых почвах - 1,1-1,2.

Для ориентировочной оценки величины влажности устойчивого завядания используют коэффициент, равный 1,34. Обычно пользуются формулой:
 $VZ = 1,34 \text{ МГ}$.

Отсюда ясно, что величина влажности завядания (ВЗ) для разных сельскохозяйственных культур различна. Ее рассчитывают по величине максимальной гигроскопичности (МГ). Для разных растений она составляет от 1,0 до 1,8 величины МГ (табл. 7).

Количество воды, превышающее величину завядания растений, доступно для растений. Это все формы воды, величины которых находятся в интервале от «*наименьшей влагоемкости*» до «*влажности разрыва капилляров*».

Это оптимальный диапазон влажности почв. За его пределами влажность почв не благоприятна для роста и развития растений.

Для различных растений оптимальная величина влажности (даже в одной и той же почве) своя. Например, для чайного куста оптимальная влажность составляет 80-90% НВ. При влажности почв менее 80% НВ, рост этого растения замедляется. Для зерновых культур оптимальный уровень влажности составляет 55-70%, для капусты и картофеля он равен 60-75%, для трав - 65-80%. Рост и развитие растений, общий уровень накопления органических веществ растениями пропорциональны величине суммарного испарения.

Таблица 7

Величина влажности завядания для различных растений

| Величина влажности завядания | Культуры |
|------------------------------|--|
| 1,0-1,2 | Виноград, сорго |
| 1,2-1,4 | Люцерна, донник, яблоня, айва |
| 1,4-1,6 | Просо, ячмень, пшеница, лен, груша, слива, вишня, черешня |
| 1,6-1,8 | Подсолнечник, кукуруза, гречиха, соя, овес, картофель, мята, чай |

Физическое испарение воды из почвы и физиологическое потребление растениями (транспирация) составляют *суммарное испарение*, называемое иногда *эвапотранспирацией*.

Установлено, что луговые травы испаряют воды в год в количестве от 766 до 1533 мм, пшеничное поле - 802-1022 мм, кукурузное поле - 1095-1460 мм

Вопросы для самоконтроля

- 7) Что такое влажность почвы? Единицы измерения.
- 8) Формы почвенной влаги.
- 9) Виды химически связанной воды.
- 10) Как подразделяется физически связанная вода?
- 11) Водные свойства почв.
- 12) Понятие о водном режиме почв.
- 13) Регулирование водного режима.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

13. **Ковриго В. П.** Почвоведение с основами геологии: учебник / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова. – 2-е изд., доп. И перераб. – М. : КолосС, 2008. – 439 с. : ил.
14. **Мамонтов В.Г.** Общее почвоведение/ В.Г. Мамонтов [и др.]. – М.: КолосС, 2006. – 456 с.
15. **Муха В.Д.** Агропочвоведение: Учебник для студентов высших учебных заведений/ В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха; Под ред. В.Д. Мухи. – М.: КолосС, 2003.– 528 с.
16. **Шейн Е.В.** Агрофизика/ Е.В. Шейн, В.М. Гончаров. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 400с. Ил. (Высшее образование).

Дополнительная

7. **Баздырев Г. И.** Земледелие с основами почвоведения и агрохимии: учебник / Г. И. Баздырев, А. В. Сафонов. - М. : КолосС, 2009. - 415 с. : ил. - (Учебники и учеб.пособия для студентов высш. учеб. заведений).
8. Физические свойства почв. Часть 1: Учебно-методическое для студентов, обучающихся по направлению «Агрохимия и агропочвоведение» специальности 110201 – «Агроэкология» квалификации бакалавр сельского хозяйства, ученый агроном-эколог/ Сост.:В.В. Кравченко, В.А. Назаров, В.И. Губов; Ю.М. Гришин - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2007. – 48 с.

Программное обеспечение и интернет-ресурсы

1. Базы, информационно-справочные и поисковые системы: Yandex, Google, Rambler
2. <http://forest.geoman.ru/forest/item/f00/s01/e0001231/index.shtml>
3. <http://library.sgau.ru>
4. <http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>
5. <http://www.ecosystema.ru/08nature/soil/>

ПОЛЕВЫЕ И СТАЦИОНАРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ

7.1. Понятие о плотности почвы

Плотность твердой фазы почвенных горизонтов и слоев складывается из плотностей ЭПЧ и зависит от их минералогического и химического состава. Плотность сложения сухой почвы в почвенных горизонтах или слоях зависит от гранулометрического состава и агрегированности почв, от плотности сложения агрегатов и характера их упаковки. Это очень динамичная и вместе с тем информативная величина, так как дает представление о соотношении твердой части и пустот в почве. Поэтому ее широко используют как при почвенногенетических исследованиях, так и для агротехнической и почвенно-мелиоративной оценки почв. Эта величина необходима и для расчета запасов в слое почвы, воды, солей, гумуса, питательных элементов.

В целом плотность сложения сухой почвы вниз по профилю возрастает. Это связано с давлением вышележащей толщи почвы на нижележащие слои. Однако иногда эта тенденция нарушается появлением слоев с повышенной или пониженной плотностью, что может быть следствием как особенностей почвообразовательного процесса (иллювиальные и элювиальные горизонты), так и исходной неоднородности почвообразующей породы.

В обрабатываемых почвах встречаются прослойки с повышенной плотностью в подпахотных горизонтах, так называемая **плужная подошва**. Она возникает в результате давления почвообрабатывающих орудий на почву при систематической вспашке на одну и ту же глубину.

Плотность твердой фазы почвы тоже несколько возрастает вниз по профилю, но это связано с преобладанием в верхних горизонтах легких органических компонентов. В нижних горизонтах в некоторых почвах возрастает количество тяжелых минералов, что особенно проявляется в красноземе.

Плотность сложения сухой почвы сравнительно легко определяется в полевых условиях, поэтому ее широко применяют в качестве обобщенного показателя физического состояния почвы и оценки его пригодности для возделывания сельскохозяйственных культур.

А. Г. Бондарев (1985) предложил следующую шкалу оптимальных показателей плотности сложения почв для большинства возделываемых культур в (10^3 кг-м^{-3}):

- глинистые и суглинистые 1,0—1,30;
- легкосуглинистые 1,10—1,40;
- супесчаные 1,20—1,45;
- песчаные 1,25—1,60.

Нижние пределы плотности оптимальны для более требовательных культур. Основным методом измерения плотности сложения сухой почвы является буровой метод. Предложено много различных конструкций буров. К сожалению, в этом методе не учитывается то обстоятельство, что в тяжелых и средних по гранулометрическому составу набухающих почвах пористость изменяется с изменением влажности почв. В результате получают заниженные величины плотности.

Этот недостаток устраняется в разрабатываемом в настоящее время гаммаскопическом методе определения плотности почв. Этот метод основан на поглощении гамма-лучей в почвенном материале. Так как энергия гамма-пучка уменьшается в результате поглощения почвой и водой, интенсивность прошедшего гамма-луча обратно пропорциональна сумме масс почвы и воды на единицу объема

Таким образом, при использовании гамма-метода необходимо измерять отдельно либо общую плотность высушенной пробы, либо содержание влаги в ней.

Плотность твердой фазы почв определяют пикнометрически.

7.2. Пористость почвы

Общая пористость почв показывает, какую долю в общем объеме почвы составляет объем пор. Для ее расчета используют уравнение.

Общая пористость почв выше пористости агрегатов любого размера, так как включает крупные межагрегатные поры. Вниз по профилю почвы общая пористость уменьшается как за счет сокращения межагрегатной пористости, так и вследствие уменьшения пористости агрегатов. В зависимости от свойств почвообразующей породы и особенностей почвообразовательного процесса в различных почвах и даже в их отдельных генетических горизонтах или слоях может преобладать один или другой путь уменьшения общей пористости. Например, в черноземе это происходит за счет понижения межагрегатной пористости с глубиной, а в красноземе, наоборот, резко понижается вниз по профилю почвы пористость агрегатов, в то время как межагрегатная возрастает. В дерново-подзолистой и темно-каштановой почвах уменьшаются вниз по профилю и пористость отдельных агрегатов и межагрегатная пористость.

Н. А. Качинский (1965) предложил следующую шкалу оценки общей пористости почв (%):

отличная (культурный пахотный слой) 65—55

удовлетворительная для пахотного слоя 55—50

неудовлетворительная для пахотного слоя <50

чрезмерно низкая характерна для уплотненных иллювиальных горизонтов 40—25.

Дифференциальная пористость.

Значение общей пористости огромно, но одна и та же ее величина может складываться из пор самых разных размеров и форм. В почвах встречаются трещины, крупные поры (ходы землероев, истлевших корней), средние по величине поры и, наконец, тонкие поры. Очевидно, что от преобладающего размера пор будут в сильнейшей степени зависеть гидрофизические характеристики почв, их воздушные свойства, жизнь, и развитие биоты и корней растений. Поэтому уже давно в физике почв делались попытки классифицировать почвенные поры по их размерам и свойствам. Еще в 1864 г. Шумахер предложил делить порозность на общую, капиллярную и некапиллярную. Фагелер (1930), Секера (1931) и Н. А. Качинский (1934) развили представление об активных и неактивных порах. К первым отнесли поры крупных размеров, полагая, что в них размещается капиллярная и гравитационная вода, а к вторым — поры, занятые связанной водой. Однако эти классификации были чисто качественными, не связанными с размером пор. Следует отметить, что Н. А. Качинский (1965) предпринял интересную попытку количественной дифференциации порового пространства почв по объемам, занятым различными категориями почвенной влаги. Основные недостатки этой классификации состоят, во-первых, в том, что при расчете объемов пор, занятых прочно- и рыхлосвязанной водой, используются произвольные величины плотности этих категорий воды и их границ (подробнее об этом смотрите в разделе взаимодействие воды с почвой в ч. III), а во-вторых, в ней тоже не учитывается размер пор. В то время как корневые волоски растений могут активно распространяться лишь в порах с диаметром крупнее 0,01 мм, а корешки — в порах крупнее 0,1 мм.

Простейшие и водоросли живут в порах с диаметром крупнее 0,02 мм, а бактерии - 0,001 мм. С размером пор связывают и их функции.

Подобно элементарным почвенным частицам поры в почве представлены спектром размеров. Распределение объемов пор по размерам - одна из основных структурных характеристик почвы.

Для определения распределения объемов пор по размерам в пористых телах с жесткой матрицей или в почвах легкого гранулометрического состава применяют метод вдавливания в поры несжимающейся жидкости— ртути (метод ртутной порометрии). При

определении распределения тонких пор по размерам в почвах тяжелого гранулометрического состава) применяют метод, основанный на капиллярной теории. Обычно для этого применяют воду, хотя и были попытки использовать неполярные жидкости для того, чтобы путем сравнения оценить возможное влияние воды на изменение структуры почвы. Несмотря на то что при взаимодействии воды с почвой происходит изменение структуры твердой фазы почв и, следовательно, структуры порового пространства (особенно в набухающих почвах), для расчета распределения объемов пор по размерам целесообразно использовать кривую, характеризующую зависимость между десорбцией воды и удерживающими ее силами (потенциалом воды), причем не только в области капиллярной конденсации, а во всем ее диапазоне влажностей, так как именно эти величины дают представление о реальных эффективных размерах пор при данной влажности. Для этого используют кривую, характеризующую зависимость между потенциалом воды и ее содержанием в почве, так называемую «основную гидрофизическую характеристику» и по ней определяют объемы пор и рассчитывают их размер по уравнению 1.68 на участке кривой, определяемой методом сорбционного равновесия с парами воды и по уравнению 1.84 во всем остальном диапазоне.

В 1921 г. английский физик почв Б. А. Кин предложил использовать для расчета распределения объемов пор по размерам зависимость между давлением почвенной влаги и ее содержанием. В 1928 г. американский ученый Ричарде это осуществил. В нашей стране интересную работу по оценке распределения объемов пор по размерам этим методом выполнил А. Г. Дояренко (1941).

Поскольку зависимость между давлением почвенной влаги и ее содержанием широко использовали для расчета распределения пор по размерам, постольку и приборы, с помощью которых определяли эту зависимость, назвали капилляриметрами.

Методы определения плотности почвы

Плотность почвы – это вес единицы ее объема, взятого с ненарушенным строением. Величина его колеблется от 1,0 до 1,8 г/см³, более гумусированные и оструктуренные верхние горизонты почвы имеют объемный вес равный 1,1–1,4 (пахотный слой – несколько меньше), безгумусные и более уплотненные нижние горизонты – 1,5–1,8 г/см³. Плотность торфа ниже единицы.

С помощью плотности почвы производят целый ряд важных вычислений: величину пористости, запасы тех или иных веществ, содержание влаги в почве, степень уплотнения отдельных горизонтов почвы.

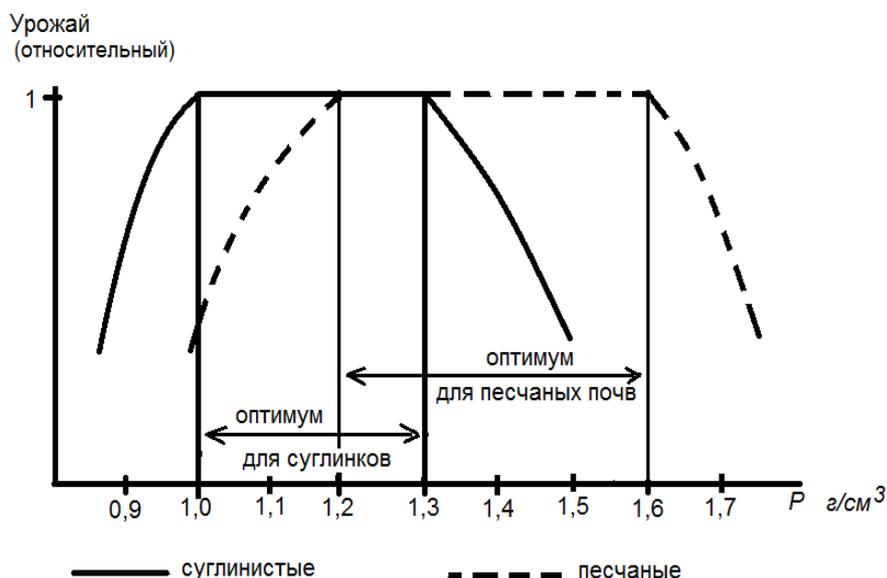


Рис. 1. Зависимость урожая (в относительных единицах) от плотности суглинистой и песчаной почв (Шеин Е.В. 2006)

Зависимость урожая от плотности почвы представлена на рис. 1.

Для определения плотности почвы пользуются различными методами. Некоторые из них основаны на исследовании образца почвы с ненарушенным строением, другие, менее точные – на образце с нарушенным строением.

Для определения плотности почвы с ненарушенным строением можно пользоваться буром Н. А. Качинского (рис. 2). Он состоит из стальных цилиндров – буров двух объемов – около 250 и 500 см³; направителя для вертикального погружения малых цилиндров в почву; бойков двух размеров (для цилиндров – буров); молота для забивания цилиндра в уплотненные горизонты почвы; лопатки, ножа, землечистки и выгалькивателя – для извлечения цилиндра и удаления излишков почвы, и металлических стаканов с крышками для хранения взятого почвенного образца.

Большой цилиндр-бур используется для взятия образцов из рыхлого пахотного горизонта, малый цилиндр-бур – из уплотненных горизонтов почвы.

Металлический стакан с крышками взвешивают на технических весах. В месте взятия образца выравнивают площадку 30×20 см, если же образцы берут по профилю почвы, то закладывают разрез и выравнивают площадки для каждого горизонта почвы. Большим цилиндром-буром (500см³) берут образцы из рыхлого пахотного горизонта, а малым – из уплотненных горизонтов.

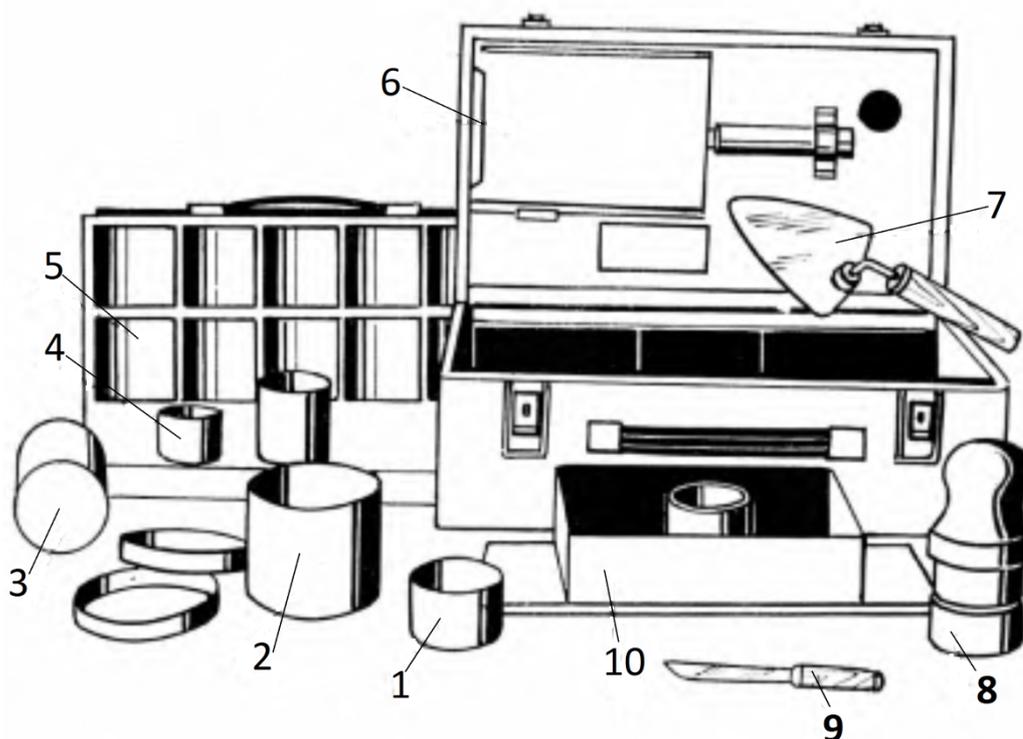


Рис. 2. Набор инструментов для определения плотности почвы буровым методом Качинского: 1 и 2 – цилиндры-буры; 3 – молот; 4 и 5 – алюминиевые банки с крышками; 6 – совок; 7 – лопаточка; 8 – шомпол; 9 – нож; 10 – направитель (Вадюнина, Корчагина, 1986)

На подготовленной площадке устанавливают направитель, вдавливают его шипы в почву и по отвесу проверяют вертикальность установки. В цилиндр-бур вкладывают ограничительное кольцо, взвешенный стакан со снятыми крышками и второе ограничительное кольцо. Все это вставляется в отверстие направителя, стенки которого слегка смазаны

вазелином, на крышку цилиндра накладывают деревянный боек, верхний срез которого, при погружении бура в почву на нужную глубину, совпадает со срезом-пояском направителя.

С помощью бойка цилиндр погружают в почву. Как только он войдет в отверстие направителя до верхнего среза, цилиндр-бур будет погружен в почву на полную глубину. Если образец берут на сухих и плотных почвах, бур забивается в почву при помощи молота, но без применения резких ударов. Затем направитель снимается, бур откапывается лопаткой и отваливается на бок с помощью специально вставленной в крышку ручки. Нижняя часть почвы, выступающая за кромку цилиндра-бура, подрезается специальным ножом-землеочисткой до нижнего среза ограничительного кольца.

Стакан со взятой почвой вместе с ограничительными кольцами выталкивается из цилиндра-бура при помощи специального выталкивателя. Излишек почвы срезается с обеих сторон ножом с прямым лезвием, стакан закрывается крышками, взвешивается на технических весах. Затем снимают верхнюю крышку и сушат в термостате до постоянного веса (либо берут пробу в 2–3 стаканчика и в них проводят сушку и определяют влажность почвы). Зная вес стакана с почвой (при взятии образца) и пустого стакана, можно рассчитать вес почвы при данной влажности. После определения влажности рассчитывают вес абсолютно-сухой почвы. Делением веса абсолютно сухой почвы на ее объем (объем цилиндра) получают объемный вес (плотность) почвы.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие из свойств почвы относятся к общим физическим?
2. Понятие о плотности почвы. Значение в плодородии.
3. Как изменяется величина плотности при сельскохозяйственном использовании?
4. Взаимосвязь плотности почвы с другими свойствами почвы.
5. Какие пути регулирования плотности почвы вам известны?
6. Отличие плотности от плотности твердой фазы почвы.
7. Какой показатель свойств почвы можно рассчитать, зная плотность и плотность твердой фазы? Напишите формулу расчета.
8. Что такое пористость? Какого ее значение в плодородии?
9. Понятие пористости аэрации, ее отличие от общей пористости.
10. Назовите оптимальные значения плотности и общей пористости и пористости аэрации для сельскохозяйственных культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

17. **Ковриго В. П.** Почвоведение с основами геологии: учебник / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова. – 2-е изд., доп. И перераб. – М.: КолосС, 2008. – 439 с. : ил.
18. **Мамонтов В.Г.** Общее почвоведение/ В.Г. Мамонтов [и др.]. – М.: КолосС, 2006. – 456 с.
19. **Муха В.Д.** Агрочесоведение: Учебник для студентов высших учебных заведений/ В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха; Под ред. В.Д. Мухи. – М.: КолосС, 2003.– 528 с.
20. **Шеин Е.В.** Агрофизика/ Е.В. Шеин, В.М. Гончаров. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 400с. Ил. (Высшее образование).

Дополнительная

9. **Баздырев Г. И.** Земледелие с основами почвоведения и агрохимии: учебник / Г. И. Баздырев, А. В. Сафонов. - М.: КолосС, 2009. - 415 с. : ил. - (Учебники и учеб.пособия для студентов высш. учеб. заведений).
10. Физические свойства почв. Часть 1: Учебно-методическое для студентов, обучающихся по направлению «Агрохимия и агропочвоведение» специальности 110201 – «Агроэкология»

квалификации бакалавр сельского хозяйства, ученый агроном-эколог/ Сост.: В.В. Кравченко, В.А. Назаров, В.И. Губов; Ю.М. Гришин - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2007. – 48 с.

Программное обеспечение и интернет-ресурсы

1. Базы, информационно-справочные и поисковые системы: Yandex, Google, Rambler
2. <http://forest.geoman.ru/forest/item/f00/s01/e0001231/index.shtml>
3. <http://library.sgau.ru>
4. <http://www.derev-grad.ru/pochvovedenie/pochvovedenie.html>
5. <http://www.ecosystema.ru/08nature/soil/>

Лекция 8

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОВОГО СОСТАВА ПОЧВЕННОГО ВОЗДУХА

8.1. Понятие о почвенном воздухе. Виды почвенного воздуха.

Почвенный воздух - это важнейшая, наиболее динамичная составная часть почвы находится в тесном взаимодействии с твердой, жидкой и живой фазами почвы.

Почвенный воздух является источником кислорода для дыхания корней растений, аэробных микроорганизмов и почвенной фауны. **Почвенный воздух** — это смесь газов и летучих органических соединений, заполняющих поры почвы, свободные от воды.

Кислород почвенного воздуха активно участвует в химических реакциях минеральных и органических веществ.

Почвенный воздух является источником диоксида углерода для растений, используемым в фотосинтезе. От всего количества CO_2 , идущего на создание урожая, от 38 до 72 % поступает растению из почвы.

Почвенный воздух находится в почве в трех состояниях: свободном, адсорбированном и растворимом. Свободный почвенный воздух, находясь в крупных некапиллярных и капиллярных порах почвы, свободно перемещается в ней, обеспечивает аэрацию почв и газообмен между почвой и атмосферой.

Защемленный почвенный воздух — воздух, находящийся в порах, со всех сторон изолированный водными пробками. В глинистых почвах содержание защемленного воздуха может достигать 12 % и более, в среднем же 6—8 % общего объема почвы.

Защемленный воздух неподвижен, практически не участвует в газообмене, препятствует фильтрации воды в почве. Вырываясь из пор при защемлении водой, защемленный воздух может вызвать разрушение почвенной структуры.

Адсорбированный почвенный воздух — газы и летучие органические соединения, адсорбированные на поверхности почвенных частиц. Чем более дисперсна почва, тем больше содержит она адсорбированных газов при данной температуре. Адсорбция газов сильнее проявляется в почвах тяжелого гранулометрического состава, богатых органическим веществом. Более активно, чем газы, частицы почвы поглощают пары воды.

Растворенный почвенный воздух — газы, растворенные в почвенной воде. Растворимость газов в почвенной воде возрастает с повышением их концентрации в свободном почвенном воздухе, а также с понижением температуры почвы. Наиболее хорошо растворяются в воде аммиак, сероводород, диоксид углерода.

Потребность в кислороде корней растений удовлетворяется в основном за счет свободного почвенного воздуха.

8.2. Состав почвенного воздуха

Первые сведения о составе почвенного воздуха были получены Ж. Буссенго в 1824 г. В первой половине XX в. знания о почвенном воздухе пополнились работами А. Г. Дояренко, Б. Кина, Э. Расселя и др.

Состав свободного почвенного воздуха отличается от атмосферного.

В почвенном воздухе меньше содержится кислорода, больше CO_2 , содержание азота в зависимости от протекания микробиологических процессов. В болотных и заболоченных почвах почвенный воздух может содержать дополнительно NH_3 , CH_4 , H_2 , H_2S .

В составе почвенного воздуха присутствуют летучие органические соединения (углеводороды, спирты, сложные альдегиды), образующиеся в процессе

жизнедеятельности микроорганизмов.

Из всех газов почвенного воздуха наиболее динамичны кислород и CO_2 , их количество определяется интенсивностью потребления кислорода и продуцированием CO_2 , скоростью газообмена между почвенным и атмосферным воздухом. Выделение CO_2 из почвы в приземный слой атмосферы называется **дыханием почвы**. В условиях хорошей аэрации кислорода поглощается почвой больше, чем выделяется углекислоты.

Отношение содержания CO_2 в почвенном воздухе к содержанию кислорода называется **коэффициентом дыхания**. В анаэробных условиях почв это отношение больше единицы.

Диоксид углерода в почве образуется за счет биологических процессов, поступает из грунтовых вод и в результате десорбции из твердой и жидкой фаз почвы, вследствие превращения бикарбонатов в карбонаты при испарении почвенных растворов и др. процессов.

8.3. Воздушные свойства почв

Наиболее важными воздушными свойствами почв являются воздухоемкость, воздухопроницаемость, аэрация.

Максимальное количество воздуха, которое может быть в почве, выраженное в объемных процентах, называют **общей воздухоемкостью почв ($P_{O.V.}$)**. Ее можно определить по формуле

$$P_{O.V.} = P_{\text{Общ}} - P_r$$

где $P_{\text{Общ}}$ — общая порозность почвы, %; P_r — гигроскопическая влажность (в объемных процентах).

Воздухоемкость почв зависит от их гранулометрического состава, сложения, степени оструктуренности.

Различают также капиллярную и некапиллярную воздухоемкость. **Капиллярная воздухоемкость** — это количество почвенного воздуха, размещенного в капиллярных порах. Наибольшей капиллярной воздухоемкостью отличаются тяжелые по гранулометрическому составу бесструктурные плотные почвы.

Для обеспечения нормальной аэрации почв наибольшее значение имеет **некапиллярная воздухоемкость**, или порозность аэрации, — воздухоемкость межагрегатных пор, трещин, ходов червей, корней. Она связана со свободным почвенным воздухом.

Некапиллярная воздухоемкость при НВ имеет особое значение для аэрации. Если воздухоемкость при НВ составляет менее 15%, то аэрация почв недостаточная. Оптимальные условия для газообмена создаются при содержании воздуха в минеральных почвах 20—25 %, в торфяных — 30-40 %.

Способность почвы пропускать через себя воздух называют **воздухопроницаемостью**. Она определяет скорость газообмена между почвой и атмосферой и зависит от гранулометрического состава почвы, ее структурного состояния, строения порового пространства. Изменяется в пределах — от 0 до 1 л/с и выше. Процессы обмена почвенного воздуха с атмосферным называют **аэрацией или газообменом**. Газообмен осуществляется за счет диффузии, изменения температуры почвы и барометрического давления, изменением количества влаги в почве, под действием осадков, орошением, испарением, влиянием ветра, изменением уровня грунтовых вод.

Ведущим фактором газообмена в почве является **диффузия** — это перемещение газов в соответствии с их парциальным давлением. Под влиянием диффузии создаются условия для непрерывного поступления O_2 в почву и выделения CO_2 в атмосферу. Характеристикой диффузии является **коэффициент диффузии** — это объем газа (в см^3), проходящего в секунду через 1 см^2 поверхности при мощности слоя 1 см и градиенте

концентрации, равном единице.

8.4. Воздушный режим почвы и его регулирование

Воздушный режим почвы — это совокупность всех явлений поступления воздуха в почву, его передвижения в ней и расхода, а также явлений обмена газами между почвенным воздухом, твердой и жидкой фазами живыми организмами почвы.

Воздушный режим почв подвержен суточной, сезонной, годовой и многолетней изменчивости и находится в прямой зависимости от различных свойств почв, погодных условий, характера растительности, агротехники.

Для нормального произрастания растений необходимо оптимизировать воздушный режим почвы. Улучшение воздушного режима почв особенно важно там, где распространены почвы с временным избыточным увлажнением и при сельскохозяйственном использовании болотных почв.

В почвах легкого гранулометрического состава, а также в суглинистых и глинистых, но обладающих агрономически ценной структурой в верхних горизонтах содержание воздуха поддерживается на высоком уровне (В₀—25 % объема почвы)- В бесструктурных почвах тяжелого гранулометрического состава содержание почвенного воздуха зависит от состояния и увлажнения почвы.

При относительной влажности, равной НВ, содержание воздуха в почвах может достигать критической величины (менее 15 % объема почвы).

На бесструктурных почвах суглинистого и глинистого гранулометрического состава нередко образуется почвенная корка, которая уже при влажности 17 % объема почвы препятствует нормальной аэрации.

Приемы регулирования воздушного режима:

Окультуривание почв, регулирование их реакции, применение органических и минеральных удобрений, орошение или осушение почв - они активизируют биологические процессы в почвах, повышают интенсивность дыхания в них при наличии доступной влаги. Важными приемами регулирования воздушного режима, особенно на малогумусных почвах тяжелого гранулометрического состава, также являются создание глубокого пахотного слоя, рыхление подпахотного, ликвидация почвенной корки. Для минеральных почв большое значение в создании оптимального воздушного режима имеет улучшение их гумусного состояния и структуры.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Понятие о почвенном воздухе.
- 2) Виды почвенного воздуха.
- 3) Отличие почвенного воздуха от атмосферного.
- 4) Что такое общая воздухоемкость? По какой формуле рассчитывается этот показатель?
- 5) Воздушные свойства почвы.
- 6) Аэрация почвы. Зависимость этого процесса от почвенных условий.
- 7) Понятие о воздушном режиме.
- 8) Приемы регулирования воздушного режима почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

- 1) **Ковриго В. П.** Почвоведение с основами геологии: учебник / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова. – 2-е изд., доп. И перераб. – М. : КолосС, 2008. – 439 с. : ил.

- 2) **Мамонтов В.Г.** Общее почвоведение/ В.Г. Мамонтов [и др.]. – М.: КолосС, 2006. – 456 с.
- 3) **Муха В.Д.** Агрочвоведение: Учебник для студентов высших учебных заведений/ В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха; Под ред. В.Д. Мухи. – М.: КолосС, 2003.– 528 с.
- 4) **Шеин Е.В.** Агрофизика/ Е.В. Шеин, В.М. Гончаров. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 400с. Ил. (Высшее образование).

Дополнительная

- 1) **Баздырев Г. И.** Земледелие с основами почвоведения и агрохимии: учебник / Г. И. Баздырев, А. В. Сафонов. - М. : КолосС, 2009. - 415 с. : ил. - (Учебники и учеб.пособия для студентов высш. учеб. заведений).
- 2) Физические свойства почв. Часть 1: Учебно-методическое для студентов, обучающихся по направлению «Агрохимия и агропочвоведение» специальности110201 – «Агроэкология» квалификации бакалавр сельского хозяйства, ученый агроном-эколог/ Сост.:В.В. Кравченко, В.А. Назаров, В.И. Губов; Ю.М. Гришин - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2007. – 48 с.

Лекция 9

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВЫ.

9.1. Источники тепла в почве

Тепло — необходимый фактор жизни и роста растения. С ним связаны важнейшие биологические и абиотические процессы, протекающие в почве и определяющие развитие почвообразования и плодородия: интенсивность химических реакций, процессы физического выветривания, деятельность микроорганизмов и почвенной фауны, прорастание семян и рост растений, процессы обмена веществом и энергией.

Главным источником тепла, поступающего в почву, является лучистая энергия Солнца. Небольшое количество тепла почва получает из глубинных слоев Земли и за счет химических, биологических и радиоактивных процессов в верхних слоях литосферы.

Часть поступающей к поверхности почвы лучистой солнечной энергии поглощается почвой и нагревает почву. В зависимости от соотношения количества поглощенной поверхностью почвы лучистой энергии и излучения почвой тепла в атмосферу почвенная поверхность будет или нагреваться, или охлаждаться.

9.2. Тепловые свойства почвы

К тепловым свойствам почвы относятся теплопоглощительная способность, теплоемкость и теплопроводность.

Теплопоглощительная способность — способность почвы поглощать лучистую энергию Солнца. Она характеризуется величиной альбедо (A). Альбедо — количество коротковолновой солнечной радиации, отраженной поверхностью почвы и выраженное в % общей величины солнечной радиации, достигающей поверхности почвы. Чем меньше альбедо, тем больше поглощает почва солнечной радиации. Оно зависит от цвета, влажности, структурного состояния, выравнивания поверхности почвы и растительного покрова.

Темно-каштановая почва (черноземы и др.) поглощает больше солнечной радиации, чем светло-каштановые (подзолистые, сероземы и др.); влажная — больше, чем сухая.

Теплоемкость — свойство почвы поглощать тепло. Характеризуется количеством тепла в джоулях (калориях), необходимого для нагревания единицы массы (1 г) на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ — весовая (или удельная) теплоемкость или объемная — в 1 см^3 на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$; зависит от минералогического, гранулометрического составов, содержания органического вещества, влажности, пористости почвы и содержания воздуха. Теплоемкость воды равна 1,000 кал, торфа — 0,477, глины — 0,233 и песка — 0,196 кал.

Вода — наиболее теплоемкий компонент почвы по сравнению с минеральными и органическими ее частями. Поэтому для повышения температуры влажной почвы требуется больше тепла, чем для сухой. Глинистые почвы как более теплоемкие во влажном состоянии нагреваются весной медленнее по сравнению с песчаными. Осенью при большем увлажнении они медленнее охлаждаются и становятся теплее песчаных.

Теплопроводность — способность почвы проводить тепло. Она измеряется количеством тепла в джоулях (калориях), которое проходит за 1 с через 1 см^2 слоя почвы толщиной в 1 см. Отдельные составные части почвы имеют разную теплопроводность. Минимальной теплопроводностью обладает воздух (0,00006 кал), затем торф (0,00027 кал) и вода (0,00136 кал).

Поэтому чем влажнее почва, тем выше ее теплопроводность, а чем рыхлее, тем ниже.

9.3. Тепловой режим почвы

Совокупность явлений поступления, переноса, аккумуляции и отдачи тепла называют **тепловым режимом почвы**.

Наибольшие суточные колебания температуры происходят на поверхности почвы, а с глубины 3—5 см они уже резко уменьшаются.

Годовой ход температуры имеет два периода: летний — период нагревания почвы с потоком тепла от верхних горизонтов к нижним и зимний — период охлаждения почвы с потоком тепла от нижних слоев профиля к верхним.

В регионах со снежными и холодными зимами сильное влияние на температурный режим оказывают промерзание, оттаивание почвы, мощность и продолжительность снежного покрова.

Для оценки теплообеспеченности почв как важной обобщающей характеристики их температурного режима используют сумму активных температур ($>10\text{ }^{\circ}\text{C}$) в почве на глубине 20 см.

Рост корневых систем растений активно происходит при температуре почвы выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

| Сумма активных температур почвы на глубине 0,2 м, $^{\circ}\text{C}$ | Теплообеспеченность почв |
|--|--------------------------|
| 0-400 | Низкая |
| 400—800 | Весьма слабая |
| 800-1200 | Слабая |
| 1200—1600 | Ниже средней |
| 1600-2100 | Средняя |
| 2100—2700 | Выше средней |
| 2700-3400 | Хорошая |
| 3400—4400 | Весьма хорошая |
| 4400-5600 | Высокая |
| 5600—7200 | Весьма высокая |

Теплообеспеченность почв основных зон страны снижается с запада на восток. Наилучшая теплообеспеченность у почв сухих и влажных субтропиков.

Типы температурного режима почв

В зависимости от среднегодовой температуры и длительности промерзания почвы выделяют 4 типа температурного режима почв (по В. Н. Димо):

1. **Мерзлотный тип** температурного режима характерен для местностей, где среднегодовая температура профиля почвы имеет отрицательный показатель (ряд провинций полярной и Восточно-Сибирской мерзлотно-таежной областей).

2. **Длительно сезоннопромерзающий тип** температурного режима проявляется на территориях, где преобладает положительная среднегодовая температура почвенного профиля. Длительность промерзания не менее 5 мес.

3. **Сезоннопромерзающий тип** температурного режима отличается положительной среднегодовой температурой почвенного профиля. Промерзание профиля длится менее 5 мес. Длительно сезоннопромерзающий и сезоннопромерзающий типы температурного режима свойственны большей части территории России.

4. **Непромерзающий тип** температурного режима имеют территории, где промерзание профиля почв и морозность не проявляются. К ним относятся теплая южноевропейская почвы и зоны субтропического пояса.

9.4. Регулирование теплового режима

В сельскохозяйственной практике регулирование теплового режима имеет важное значение для обеспечения оптимальных условий роста растений.

К приемам, регулирующим приток солнечного тепла к поверхности почвы, относят затенение почвы растительностью, мульчой, некоторые способы обработки почвы (рыхление и прикатывание поверхности почвы), гребневые и рядовые посевы.

Растительный покров, затеняя, ослабляет приток к поверхности почвы солнечного тепла и способствует понижению ее температуры. Для этих целей применяют также создание кулис из высокостебельных растений. Лесные полосы в летнее время понижают температуру почвы не только в самой полосе, но и в межполосном пространстве, что способствует большей устойчивости посевов против суховея.

Мульчирование поверхности почвы торфом, соломой, и другими материалами регулирует температуру почвы, особенно в овощеводстве. Применение светлоокрашенной мульчи увеличивает альбедо и ослабляет нагревание, и, наоборот, темные материалы (черная мульчбумага, темная торфяная крошка) способствуют большему притоку тепла. Любое мульчирование заметно снижает расход влаги и тепла.

Обработка почвы и рыхление поверхностного слоя способствуют более быстрому обмену тепла в почве.

Полив — эффективный прием регулирования температуры почвы. При этом температура ее поверхностных слоев заметно снижается. Осушение болотных торфяных почв заметно ухудшает их прогревание в весенне-летний период, так как при улучшении аэрации теплопроводность снижается.

Эффективными приемами регулирования теплового режима почв в холодное время являются снежные мелиорации. Снегозадержание одновременно и важный прием накопления влаги в почве. Его широко применяют в засушливых и континентальных районах. Накопление снега резко снижает отрицательные температуры в почве и глубину их проникновения. Приемы регулирования теплового режима должны осуществляться с учетом почвенно-климатических и погодных условий и особенностей возделываемых растений.

В овощеводстве для улучшения температурного режима почв применяют электрический, паровой и водяной обогревы. При паровом и водяном обогревах в теплицах под слоем культурной почвы на глубине 40—70 см прокладывают трубы, по которым подают горячую воду или пар.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Источники тепла в почве.
- 2) Теплопоглощительная способность почвы.
- 3) Теплоемкость почвы.
- 4) Теплопроводность почвы.
- 5) Понятие о тепловом режиме почв.
- 6) Типы теплового режима почв.
- 7) Регулирование теплового режима почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. **Ковриго В. П.** Почвоведение с основами геологии: учебник / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова. — 2-е изд., доп. И перераб. — М. : КолосС, 2008. — 439 с. : ил.
2. **Мамонтов В.Г.** Общее почвоведение/ В.Г. Мамонтов [и др.]. — М.: КолосС, 2006. — 456 с.

3. **Муха В.Д.** Агрочвоведение: Учебник для студентов высших учебных заведений/ В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха; Под ред. В.Д. Мухи. – М.: КолосС, 2003.– 528 с.
4. **Шеин Е.В.** Агрофизика/ Е.В. Шеин, В.М. Гончаров. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 400с. Ил. (Высшее образование).

Дополнительная

1. **Баздырев Г. И.** Земледелие с основами почвоведения и агрохимии: учебник / Г. И. Баздырев, А. В. Сафонов. - М. : КолосС, 2009. - 415 с. : ил. - (Учебники и учеб.пособия для студентов высш. учеб. заведений).
2. Физические свойства почв. Часть 1: Учебно-методическое для студентов, обучающихся по направлению «Агрохимия и агропочвоведение» специальности110201 – «Агроэкология» квалификации бакалавр сельского хозяйства, ученый агроном-эколог/ Сост.:В.В. Кравченко, В.А. Назаров, В.И. Губов; Ю.М. Гришин - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2007. – 48 с.

Лекция 10

ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ СОСТАВ ПОЧВ.

10.1. Методы определения содержания фракций ЭПЧ и их распределения по размерам.

Один путь измерения распределения фракций ЭПЧ по размерам состоит в том, что с помощью пипетки берут образцы известного объема с данной глубины в суспензии через определенное время после начала седиментации. Это наиболее распространенный в почвоведении в настоящее время метод.

Диспергированный почвенный образец вымывают в стеклянный цилиндр и доводят водой до известного объема. Все это взбалтывают для образования однородной суспензии и позволяют суспензии осесть в течение определенного времени. По количеству вещества, оставшегося в суспензии на глубине h после времени оседания t , определяют долю почвенной массы со скоростью оседания менее чем h/t . Концентрацию C пипетированного образца (масса сухой почвы на единицу объема суспензии), взятого с этой глубины и в данный интервал времени, выражают в процентах от концентрации C_0 , соответствующей взятой для анализа общей сухой массе почвы в общем объеме суспензии. Следовательно, процентное содержание почвенной массы, имеющей скорость

оседания менее h/t , будет равно $100 \frac{C}{C_0}$.

Другой подход позволяет измерять количество вещества в суспензии без взятия образца пипеткой, его последующей сушки и взвешивания. Он основан на изменении плотности суспензии на данной глубине в зависимости от времени. Плотность со временем понижается, так как частицы постепенно оседают из области измерения в суспензии. Плотность суспензии ρ измеряют ареометром (Воиновс, 1927). Концентрацию почвы C в суспензии можно рассчитать из

$$\rho = \rho_w + C \left(1 - \frac{\rho_w}{\rho_s} \right),$$

где ρ_w — плотность воды; ρ_s — плотность твердой фазы почвы.

Стержень ареометра градуируют при определенной температуре так, чтобы можно было отсчитывать плотность в пределах от 0,005 до 1,030 г/см³ или непосредственно в процентах, если начальная концентрация $C_0 = 0,05$ г см⁻³ и $\rho_s = 2,65$ г-см³.

Ареометрический метод позволяет упростить и ускорить определение гранулометрического состава, но по сравнению с пипетметодом проигрывает в точности.

Пипет-метод рассматривается как стандартный из-за следующих его преимуществ.

1. Концентрация C измеряется независимо от ρ_s , которая, как уже было видно, изменяется как между почвами, так и между минералами, входящими в одну почву. В методах, основанных на измерении плотности, обычно не вводят поправку на ρ .

2. Второе преимущество пипет-метода состоит в том, что он свободен от ошибок, присущих ареометрическому методу и обусловленных осаждением на плечах ареометра почвенных частиц.

Особенно это заметно при начальных отсчетах, когда на плечах ареометра очень быстро осаждаются более крупные частицы в довольно короткий интервал времени. Эту ошибку можно уменьшить, помещая ареометр в суспензию на возможно короткое время.

3. Пипет-метод можно применять при низких начальных концентрациях от 10 до 20 г/л суспензии вместо 50 г/л, необходимых для ареометрического метода, из-за его низкой чувствительности. Это означает, что в пипет-методе меньше вероятность нарушения условия Стокса о независимости падения частиц в суспензии и возникновения коагуляции.

4. Следующее преимущество состоит в том, что в пипет-методе глубина измерения выбирается заранее, в противоположность ареометру, который плавает на глубине,

зависящей от плотности суспензии. Следовательно, в пипет-методе можно сделать отсчеты за время, заданное в соответствии с размером фракций. В ареометрическом методе результаты для отдельных размеров приходится получать путем интерполяции.

Основной недостаток пипет-метода заключается в длительном времени, которое необходимо для проведения гранулометрического анализа. В последние годы в США появилось новое оборудование, основанное на седиментационном принципе, позволяющее существенно сократить время, необходимое для проведения гранулометрического анализа. Это анализатор размеров частиц типа Седиграф-5000 фирмы «Микромеритикс», в котором концентрация остающихся частиц C определяется с помощью пучка рентгеновских лучей. Применение последних снимает проблемы дифракции и позволяет определить количество материала в суспензии во время t_1 независимо от размера и формы частиц, так как частица, на которую попал рентгеновский пучок, поглощает излучение.

Интенсивность прошедших через седиментационную ячейку рентгеновских лучей линейно в виде массовых процентов воспроизводится на оси содержания (y) самописца.

Чтобы ускорить время, требующееся для одного анализа, седиментационная ячейка постепенно опускается по отношению к пучку рентгеновских лучей так, что высота осаждения обратно пропорциональна прошедшему времени. Перемещение седиментационной ячейки синхронизовано с осью размеров (X) самописца, на которой в логарифмическом масштабе отмечены диаметры частиц, соответствующие прошедшему времени и высоте, на которой произошла седиментация.

Перемещение ячейки и продвижение самописца по оси размеров регулируются с помощью программирующего устройства, в которое вводятся данные по плотности и вязкости жидкости, плотности частиц и их исходного размера при анализе. Время, требующееся для анализа, обратно пропорционально плотностям ЭПЧ и воды и минимальному размеру, который требуется получить. Например, для осаждающихся в воде ЭПЧ плотностью 2,6 для анализа частиц размером от 0,05 до 0,002 мм требуется 10 мин, для частиц размером от 0,05 до 0,001 мм — 20, для частиц размером от 0,05 до 0,0002 мм — 100 мин.

Полной автоматизации измерения распределения частиц по размерам можно достичь и электрическим методом, разработанным Культером в 1950 г. и усовершенствованным в последние годы благодаря развитию электроники. Принцип определения размера частиц состоит в том, что в стеклянную пробирку с калиброванным микроотверстием, расположенным в нижней части, и погруженным в проводящую жидкость, помещен электрод. Другой электрод расположен в проводящей жидкости, т. е. с другой стороны отверстия. На эти электроды подают постоянный электрический ток. Сопротивление R между электродами практически представляет собой сопротивление столбика электролита, находящегося в начале отверстия. Проходя под действием напряжения, создаваемого в верхней части пробирки, частицы замещают объем жидкости, равный ее собственному объему, и меняют вследствие этого сопротивление столбика жидкости, проходящей через отверстие. При этом создается электрический импульс, амплитуда которого пропорциональна объему частицы. Импульс растягивается на некоторое время, соответствующее времени прохождения частицы в чувствительной зоне. Таким образом, этот метод обеспечивает трехмерное определение, т. е. определяет объем частицы и позволяет осуществить достаточно репрезентативное измерение, поскольку несколько тысяч импульсов и, следовательно, частиц можно подсчитать и различить каждую секунду. Так как каждое отверстие позволяет определять лишь определенный диапазон амплитуд импульсов, которые пропорциональны объему частицы, то для анализа обычно используют набор отверстий. Благодаря набору отверстий от 0,03 до 0,56 мм можно анализировать диапазон частиц с размерами от 0,0005 до 0,250 мм.

10.2. Способы представления и оценки данных гранулометрического и микроагрегатного составов почвы.

В почвоведении чаще всего результаты гранулометрического и микроагрегатного анализов представляют либо в табличной форме, либо графически.

Поскольку в естественных условиях в почве содержится практически непрерывный ряд частиц, постольку очень полезно представлять полное распределение ЭПЧ по размерам в виде интегральных, или кумулятивных кривых (рис. 11.12) с последующим их дифференцированием и изображением в виде дифференциальных кривых (рис. 11.13).

Для построения интегральных кривых на ординате графика откладывают процентное содержание частиц с диаметром меньшим, чем диаметр, обозначенный на абсциссе,

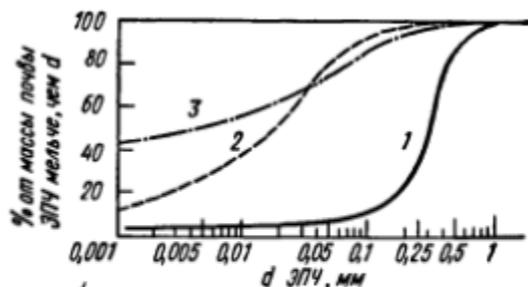


Рис. 11.12. Интегральные или кумулятивные кривые гранулометрического состава почв: 1 — песок, 2 — суглинок, 3 — глина

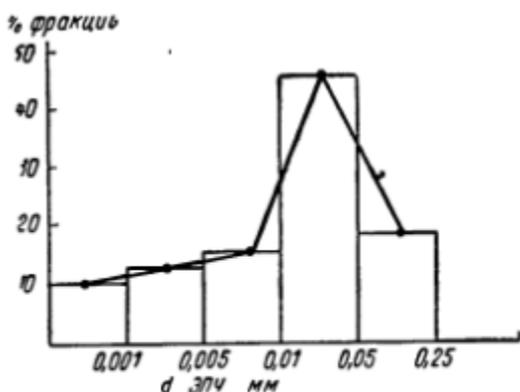


Рис. 11.13. Дифференциальная кривая гранулометрического состава почвы

которую меньшим, чем диаметр, обозначенный на абсциссе, которую изображают в логарифмическом масштабе для того, чтобы разместить несколько порядков диаметров частиц вплоть до коллоидальных размеров.

Соотношение данных гранулометрического и микроагрегатного состава позволяет судить о потенциальной способности почв к агрегированию, о состоянии плазмы и водоустойчивости почвенных структур. Процентное отношение содержания ила, полученного при микроагрегатном анализе (I_m), к его содержанию при гранулометрическом (I_g) Н. А. Качинский назвал фактором дисперсности K_d :

$$K_d = \frac{I_m}{I_g} \cdot 100\%$$

Фактор дисперсности служит косвенным показателем способности плазмы к образованию водоустойчивых агрегатов. Чем выше K_d , тем менее K_d , тем менее водоустойчивы микро- и макроагрегаты и ниже способность почвы к агрегированию.

Фагелер (1932) ввел представление о факторе структурности K_c :

$$K_c = \frac{(I_r - I_m)}{I_r} \cdot 100\%$$

Для этих же целей Бэвер и Родес (1932) предложили определять показатель степени агрегированности K_a , формула которого внешне напоминает выражение для фактора структурности Фагелера, но отличается от него тем, что в нем используются не илистые фракции, а содержание фракций $>0,05$ мм при микроагрегатном анализе (Пм) и их содержание при гранулометрическом (Пг):

$$K_a = \frac{П_m - П_g}{П_m} \cdot 100\%.$$

Для оценки потенциальной способности почв к агрегированию только по результатам гранулометрического состава А. Ф. Вадюнина предложила использовать «гранулометрический показатель структурности» (K_g).

Для гумусных почв

$$K_g = \frac{И + МП}{СП + КП} \cdot 100\%$$

Для малогумусных почв

$$K_g = \frac{И}{МП + СП + КП} \cdot 100\%.$$

Здесь И — ил. МП — мелкая пыль, СП — средняя пыль, КП — крупная пыль.

А. Д. Воронин и М. С. Кузнецов (1970) показали возможность использования данных гранулометрического и микроагрегатного состава для оценки противоэрозионной стойкости почв. Для этих целей был предложен «показатель противоэрозионной стойкости» (ППС), равный отношению фактора потенциальной агрегированности $K_{па}$ к фактору дисперсности K_d .

$$ППС = \frac{K_{па}}{K_d}.$$

Фактор потенциальной агрегированности показывает соотношение между активной, цементирующей частью почвы ($<0,001$ мм) и пассивной, скелетной частью почвы ($>0,001$ мм):

$$K_{па} = \frac{П_g}{100 - И_g}$$

Чем выше содержание активной части по отношению к пассивной, тем выше способность почвы к агрегированию. Но если илистая фракция легко диспергируется в воде, т. е. характеризуется высоким фактором дисперсности, то, несмотря на ее высокое содержание, противоэрозионная стойкость понижается. Установлены следующие градации противоэрозионной стойкости почв:

высокая ППС 10

средняя ППС 10—2,5

низкая ППС 2,5

Соотношение 11.18 можно использовать также в качестве показателя водостойчивости структуры почвы.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите методы определения ЭПЧ.
2. Сущность пипет-метода
3. Определение ЭПЧ с помощью рентгеновского пучка
4. Показатели структурного состояния почв
5. Использование сведений гранулометрического и микроагрегатного анализа почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

5. **Ковриго В. П.** Почвоведение с основами геологии: учебник / В. П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова. – 2-е изд., доп. И перераб. – М. : КолосС, 2008. – 439 с. : ил.
6. **Мамонтов В.Г.** Общее почвоведение/ В.Г. Мамонтов [и др.]. – М.: КолосС, 2006. – 456 с.
7. **Муха В.Д.** Агропочвоведение: Учебник для студентов высших учебных заведений/ В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха; Под ред. В.Д. Мухи. – М.: КолосС, 2003.– 528 с.
8. **Шеин Е.В.** Агрофизика/ Е.В. Шеин, В.М. Гончаров. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 400с. Ил. (Высшее образование).

Дополнительная

5. **Баздырев Г. И.** Земледелие с основами почвоведения и агрохимии: учебник / Г. И. Баздырев, А. В. Сафонов. - М. : КолосС, 2009. - 415 с. : ил. - (Учебники и учеб.пособия для студентов высш. учеб. заведений).
6. Физические свойства почв. Часть 1: Учебно-методическое для студентов, обучающихся по направлению «Агрохимия и агропочвоведение» специальности110201 – «Агроэкология» квалификации бакалавр сельского хозяйства, ученый агроном-эколог/ Сост.:В.В. Кравченко, В.А. Назаров, В.И. Губов; Ю.М. Гришин - Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2007. – 48 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон Российской Федерации «Земельный кодекс Российской Федерации» от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ.
2. Федеральный закон Российской Федерации «О мелиорации земель» от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ.
3. Федеральный закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. №7-ФЗ.
4. Федеральный закон Российской Федерации «О землеустройстве» от 18 июня 2001 г. № 78-ФЗ.
5. Федеральный закон Российской Федерации «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ.
6. Основные направления агропродовольственной политики Правительства Российской Федерации на 2001-2010 годы. Одобрены на заседании Правительства Российской Федерации 27 июля 2000 г. (протокол № 25).
7. О Федеральной целевой программе «Повышение плодородия почв России на 2002-2005 годы». Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 8 ноября 2001 г. № 780.
8. Положение о Государственной службе защиты растений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. Утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 9 октября 2000 г. № 756.
9. Агрохимические методы исследования почв. — М.: Наука, 1975. — 656 с.
10. **Бабьева И.П., Зенова Г.М.** Биология почв. — М.: Изд.-во Моск. ун-та, 1989. — 336 с.
11. **Базаров Е.И., Глинка Е.В., Мамонтова Л.А. и др.** Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства. — М.: ВАСХНИЛ, 1983. — 45с.
12. **Баранов Н.Н., Захаренко В.А., Шевченко А.С. и др.** Методические указания по определению экономической эффективности удобрений и других средств химизации, применяемых в сельском хозяйстве. — М.: Колос, 1979. — 32 с.
13. Биологические основы плодородия почвы /Под ред. О.А. Берестецкого. — М.: Колос, 1981. — 288 с.
14. **Бондарев А.Г.** Проблема уплотнения почв сельскохозяйственной техникой и пути ее решения// Почвоведение, 1990, № 5. —С. 31-37.
15. **Булгаков Д.С.** Агроэкологическая оценка пахотных почв. — М.: РАСХН, 2002. — 251 с.
16. **Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.** Методы исследования физических свойств почв. — М.: Агропромиздат, 1986. — 416 с.
17. **Воробьева Л.А., Панкова Е.И.** Природа щелочности и диагностика щелочных почв аридных и семиаридных территорий //Агрехимия, 1995, № 1. — С. 108-114.
18. Временная инструкция по определению нефтепродуктов в почве / Гос. комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. — Обнинск, 1980. — 21 с.
19. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень) /ГН 1.546-96 Госкомэпиднадзор РФ. — М.: Минздрав РФ, 1997. — 51 с.
20. ГОСТ 27593-88 (СТ СЭВ 5298-85). Почвы. Термины и определения.
21. Государственная кадастровая оценка сельскохозяйственных угодий Российской Федерации. Практ. пособие. — М.: РосНИИ- земпроект, 2000. — 152 с.
22. Государственный земельный кадастр СССР. — М., 1987. —С. 217-270.
23. **Державин Л.М.** Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии. — М.: Колос, 1992. — 272 с.
24. 29. **Державин Л.М., Скворцова Н.К., Пузанова О.А. и др.** Ме-

25. методические указания по определению выноса питательных веществ сорняками с учетом видового состава и степени засоренности посевов. — М.: Минсельхозпрод РФ, 1999. — 17 с.
26. Державин Л.М., Флоринский М.А., Юрьева О.В. и др. Методические указания по обобщению результатов агрохимического обследования почв. — М.: МСХ СССР, 1978. — 68 с.
27. Державин Л.М., Фрид А.С. Модели комплексной оценки плодородия пахотных почв // Агрохимия, 2002, № 8. — С. 5-13.
28. Державин Л.М., Фрид А.С. О комплексной оценке плодородия пахотных земель // Агрохимия, 2001, № 9. — С. 5-12.
29. Державин Л.М., Фрид А.С., Янишевский Ф.В. О мониторинге плодородия земель сельскохозяйственного назначения // Агрохимия, 1999, № 12. — С. 19-30.
30. Егоров В.В., Фридланд В.М., Иванова Е.Н. и др. Классификация и диагностика почв СССР. — М.: Колос, 1977. — 224 с.
31. Ельников И.И., Прохоров А.Н., Горшкова М.А. Методические рекомендации по определению нормативов соотношений макро- и микроэлементов в растениях по системе ИСОД. — М.: ВАСХНИЛ, 1989. — 80 с.
32. Захаренко В.А., Ртищева И.А., Ченкин А.Ф. и др. Экономические и организационные основы управления фитосанитарным состоянием агроценозов. Метод. реком. — М.: РАСХН, 1994. — 38 с.
33. Исаев В.В. Прогноз и картографирование сорняков. — М.: ВО «Агропромиздат», 1990. — 193 с.
34. Карманов И.И. Методика и технология почвенно-экологической оценки и бонитировки почв для сельскохозяйственных культур. — М.: ВАСХНИЛ, 1990. — 114 с.
35. Карманов И.И. Плодородие почв СССР. — М.: Колос, 1980. — 226 с.
36. Карманов И.И., Булгаков Д.С. Ландшафтно-сельскохозяйственная типизация территории. — М.: РАСХН, 1997. — 110 с.
37. Карманов И.И., Фриев Т.А. Бонитировка почв на основе почвенно-экологических показателей // Почвоведение, 1982, № 1.
38. Катон, Варрон, Колумелла, Плиний. О сельском хозяйстве / Под ред. Бурского М.И. — М., Л.: Сельхозгиз, 1937. — 301 с.
39. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур. Справочник. — М.: Росагропромиздат, 1989. — 368 с.
40. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. — М.: Колос, 1996. — 366 с.
41. Классификация почв России. / Под общей ред. Л.Л. Шишова, Г.В. Добровольского. — М.: РАСХН, 2000. — 235 с.
42. Ковда В.А. Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты. — Пушкино.: Изд-во АН СССР, 1989. — 155 с.
43. Ковда В.А. Щелочные почвы содового засоления. Симпозиум по содовому засолению почв. — Будапешт, 1965. — Т. 14. — С.49-82.
44. Когут Б.М. Принципы и методы оценки содержания трансформируемого органического вещества в пахотных почвах // Почвоведение, 2003, № 3. — С. 308-316.
45. Методические указания по комплексной диагностике оценки азотного питания озимых зерновых культур. — М.: Колос, 1984. — 48 с.
46. Методические указания по определению валового содержания стронция и кальция в почвах. — М.: Минсельхоз России, 1999. — 12 с.
47. Методические указания по определению подвижных форм фосфора и калия в торфяно-болотных почвах. — М.: МСХ СССР, 1983. — 9 с.
48. Методические указания по определению нитрификационной способности почв. — М.: ВПНО «Союзсельхозхимия», 1984. — 17 с.

- 52.73. Методические указания по определению аммонифицирующей способности почв. — М.: Минсельхоз России, 1993. — 18 с.
53. Методические указания по экспрессному определению солевого состава водных вытяжек из почв, грунтовых и поливных вод методом ЦИНАО. — М.: ВПНО «Союзсельхозхимия», 1991. — 150 с.
54. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. — М.: Минсельхоз России, 1992.
55. Методические указания по определению мышьяка в почвах фотометрическим методом. — М.: Минсельхоз России, 1993. — 13 с.
56. Методические указания по определению щелочногидролизуемого азота в почве по методу Корнфилда. — М.: МСХ СССР, 1985. — 9 с.
57. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами № 4266-87. — М.: Минздрав СССР, 1987. — 25 с.
58. Методические указания по экспрессному атомно-абсорбционному определению ртути в почвах с термическим разложением проб. — М.: ЦИНАО, 2000. — 9 с.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 3 |
| Лекция 1. Методы исследований в агрофизике | 4 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 5 |
| Список литературы..... | 6 |
| Лекция 2. Методологические аспекты изучения почвы как природного физического тела | 7 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 19 |
| Список литературы..... | 19 |
| Лекция 3. Методы определения общезфизических свойств почвы | 20 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 25 |
| Список литературы..... | 25 |
| Лекция 4. Методы изучения гранулометрического и микроагрегатного состава почв | 26 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 29 |
| Список литературы..... | 29 |
| Лекция 5. Методы исследования структуры почвы | 30 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 35 |
| Список литературы..... | 35 |
| Лекция 6. Методы изучения водных свойств почвы | 34 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 41 |
| Список литературы..... | 41 |
| Лекция 7. Полевые и стационарные методы исследования почвы | 44 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 48 |
| Список литературы..... | 48 |
| Лекция 8. Методы исследования газового состава почвенного воздуха | 50 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 52 |
| Список литературы..... | 52 |
| Лекция 9. Методы определения теплофизических характеристик почвы | 54 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 56 |
| Список литературы..... | 56 |
| Лекция 10. Элементарный состав почв | 54 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 61 |
| Список литературы..... | 62 |
| Библиографический список | 64 |
| Содержание | 66 |