

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

- ЛЕКЦИЯ 6.
- Общие физические
- и физико-механические свойства почв

Лекция 6. Общие физические и физико-механические свойства ПОЧВ

- 1. Общие физические свойства
- 2. Физико-механические свойства почвы
- 3. Тепловые свойства и тепловой баланс почвы.
- 4. Типы теплового режима почв.
- 5. Регулирование физических и физико-механических свойств почвы
 - *5.1. Негативные изменения физических и физико-механических свойств почв*
 - *5.2. Мероприятия по улучшению физико-механических свойств, сохранению и восстановлению почвенной структуры*

Фазовый состав почвы

- Почва представляет собой сложную саморегулирующуюся, поликомпонентную, многофазную систему. Выделяют четыре физические фазы:
- **твердую, жидкую, газовую и живую.**
- **Твердая фаза почвы** состоит из минеральной (95—99%) и органической частей. Твердая фаза — скелет почвы. Минеральная часть сформировалась из материнских геологических пород и содержит обломки и частицы исходных пород и минералов, вновь образованные минералы, оксиды, соли и другие соединения и элементы, образовавшиеся в процессе выветривания и почвообразования.
- **Органическая часть** — это неразложившиеся и полуразложившиеся остатки живых организмов, главным образом растительные продукты их разложения и гумус.
- **Основные характеристики твердой фазы почвы:**
- **минералогический, химический, гранулометрический, агрегатный состав, структура, плотность, пористость, связность.**

Фазовый состав почвы

- Жидкая фаза почвы - почвенный раствор, который формируется из воды, поступающей в почву с атмосферными осадками, из грунтовых вод, при конденсации водяных паров. Объем и химический состав почвенного раствора динамичны и зависят от количества поступающей воды, водно-физических свойств и химического состава почвы.
- Почвенный раствор, или почвенная вода, занимает имеющиеся в *твердой* фазе почвы пустоты (поры, капилляры), адсорбируется коллоидными частицами, образуя различные по доступности растениям и связности в почве формы влаги.
- Жидкая фаза почвы играет важную роль в почвенном плодородии (питание растений) и в процессах почвообразования и формирования почвенного профиля, осуществляя перенос различных частиц и соединений в виде суспензий, взвесей, коллоидных и истинных растворов.

Фазовый состав почвы

- **Газовая фаза почвы** представлена почвенным воздухом, который заполняет свободные от воды пустоты (поры) в почве. Источником почвенного воздуха являются воздух атмосферы и образующиеся в почве газы. Состав почвенного воздуха значительно отличается от атмосферного и весьма динамичен. Вода и воздух в почве находятся в динамическом равновесии на основе антагонизма: чем больше воды, тем меньше воздуха, и наоборот.
-
- **Живая фаза почвы** представлена живыми организмами, населяющими почву и участвующими в почвообразовательных процессах. Это в первую очередь различные микроорганизмы (бактерии, актиномицеты, микроскопические грибы, водоросли), а также простейшие, насекомые, черви и пр.
- Твердая, жидкая, газовая и живая фазы находятся в тесном взаимодействии, составляя единую систему — почву.

1. Общие физические свойства

- Основными физическими свойствами почвы являются:
- **плотность твердой фазы, плотность сложения, пористость.**
- **Плотность твердой фазы.** Почва состоит из твердой, жидкой, газообразной и живой фаз. Если исключить жидкую и газообразную составные части почвы, придать твердой фазе монолитное состояние и определить массу единицы ее объема, то это и будет плотность твердой фазы (удельная масса).
- **Плотность твердой фазы почвы** — *отношение массы ее твердой фазы к массе воды в том же объеме при 4 С.*
- Различные типы почв имеют неодинаковую плотность твердой фазы.
- Ее величина для минеральных почв колеблется от 2,4 до 2,8 г/см³ и зависит от минералогического состава почвы и содержания органических компонентов .
- Дерново-подзолистые почвы, сформировавшиеся на алюмосиликатных породах и бедные органическим веществом, имеют плотность твердой фазы 2,65—2,70.
- Плотность твердой фазы малогумусированных горизонтов субтропических почв 2,7—2,8, богатых органическими компонентами торфяников 1,4—1,8.
- В целом плотность твердой фазы — величина довольно стабильная и в минеральных горизонтах большинства почв находится в пределах 2,4—2,7 г/см³, в торфяных — 1,4—1,8 г/см³.

Плотность сложения почв

- Сложение почвы определяется взаимным расположением ее частиц и комков.
- **Плотностью сложения (или просто плотностью) почвы (d_v) называется масса единицы объема абсолютно сухой почвы в естественном состоянии.**
- При ее определении учитывается не только объем твердой фазы почвы, но и объем пор, поэтому плотность почвы будет всегда меньше плотности твердой фазы ее.
- Выражается в граммах на сантиметр кубический (г/см^3).
-
- У минеральных почв плотность колеблется от 0,9 до 1,8 г/см^3 , у торфяно-болотных — от 1,15 до 0,40 г/см^3 . Этот показатель довольно динамичен и зависит от минералогического состава почвы, размера; почвенных частиц, содержания органического вещества, структурного состояния и пористости.
- Верхние горизонты малогумусных дерново-подзолистых почв имеют плотность 1,2—1,4 г/см^3 , нижние уплотненные—1,6—1,8 г/см^3 .

Оценка плотности сложения (d_v) суглинистых и глинистых почв (Н.А. Качинский)

d_v , г/см ³	Оценка	г/см ³	Оценка
< 1,0	Почва вспушена или богата органическим веществом	1,3-1,4	Пашня сильно уплотнена
1,0-1,1	Свежевспаханная почва	1,4-1,6	Типичные величины для подпахотных горизонтов (кроме черноземов)
1,2-1,3	Пашня уплотнена	1,6-1,8	Сильно уплотненные илювиальные горизонты

Пористость

- **Пористость — суммарный объем всех пор между частицами твердой фазы почвы.**
- Пористость выражается в процентах от общего объема почвы.
- Этот показатель весьма непостоянен. Он тесно связан с плотностью сложения, гранулометрическим составом и структурным состоянием почвы и находится в пределах 25—90%. Его максимальные значения (80—90%) характерны для торфяных горизонтов.
- Сумма всех видов пористости составляет общую пористость почвы. Ее обычно вычисляют по показателям плотности почвы (d_v) и плотности твердой фазы (d):
- **$P_{общ} = (1 - d_v / d) * 100$**
- *за 1* принимается общий объем почвы со всеми ее порами.

Пористость

- В структурных почвах поры располагаются как между агрегатами, так и внутри них, между элементарными почвенными частицами.
- При этом поры делятся на капиллярные и некапиллярные.
- Капиллярные поры — это поры, которые находятся между мельчайшими почвенными частицами и в которых вода передвигается под действием капиллярных сил.
- Некапиллярные поры расположены между структурными отдельностями или крупными механическими элементами.
- Капиллярная пористость равна объему капиллярных промежутков почвы, некапиллярная — объему крупных пор.
- По Н. А. Качинскому, пористость подразделяется:
 - на общую, пористость агрегатов, межагрегатную,
 - капиллярную, поры, заполненные прочносвязанной водой, поры, заполненные рыхлосвязанной водой, поры, занятые воздухом (пористость аэрации).

Оценка пористости почв
(Н.А. Качинский)

Общая пористость в вегетационный период для суглинистых и глинистых почв, %	Качественная оценка пористости	Общая пористость в вегетационный период для суглинистых и	Качественная оценка пористости
>70	Почва вспушена — избыточно пористая	50-40	Неудовлетворительна для пахотного слоя
65-55	Культурно-пахотный слой —	40-25	Характерна для уплотненных
55-50	Удовлетворительна для пахотного слоя		

2. Физико-механические свойства почвы

- **К физико-механическим свойствам почвы относятся**
- **пластичность, липкость, набухание, усадка, связность, твердость и сопротивление при обработке.**
- *Пластичность — способность почвы изменять свою форму под влиянием какой-либо внешней силы без нарушения сплошности и сохранять приданную форму после устранения этой силы.*
- Пластичность проявляется только при влажном состоянии почвы. В зависимости от степени увлажнения характер пластичности изменяется.

Шкала пластичности почв по Аттербергу

- а) **верхний предел пластичности, или предел текучести, — весовая влажность почвы при которой стандартный конус под действием собственной массы (76 г) погружается в почвенный образец на глубину 10 см;**
- б) **нижний предел пластичности, или предел раскатывания, — весовая влажность, при которой образец почвы можно раскатать в шнур диаметром 3 мм без образования в нем разрывов;**
- в) **число пластичности — разность между числовым выражением верхнего и нижнего пределов пластичности.**
- Пластичность теснейшим образом связана с гранулометрическим составом почв.
- Глинистые почвы имеют число пластичности более 17;
- суглинистые — в пределах 7—17;
- супеси — меньше 7;
- пески непластичны (число пластичности стремится к 0).

Липкость

- **Липкость** — свойство влажной почвы прилипать к другим телам.
- В результате прилипания почвы к рабочим частям машин и орудий увеличивается тяговое сопротивление и ухудшается качество обработки почвы.
- Решающая роль в проявлении липкости принадлежит тонкому слою слабосвязанной воды. Этот слой воды называется адгезионным, а сам процесс склеивания с его помощью почвенных частиц и различных предметов — *адгезией*. Чем тяжелее по гранулометрическому составу почва, тем сильнее она прилипает к твердым телам. Липкость возрастает также с увеличением содержания в почве органического вещества.
- Величина липкости определяется силой, требующейся для отрыва металлической пластинки от влажной почвы. Липкость выражается в граммах на 1 см^2 .
- Увеличение степени насыщенности почвы кальцием способствует снижению величины прилипания, тогда как с возрастанием насыщенности натрием липкость почвы резко увеличивается.
- На прилипание существенно влияет гранулометрический состав почвы.
- У глинистых почв липкость наиболее значительна, у песка она наименьшая.
- Н. А. Качинский (1934) делит почвы по липкости
- на предельно вязкие ($>15 \text{ г/см}^2$), сильновязкие (5—15), средние по вязкости (2—5), слабвязкие ($<2 \text{ г/см}^2$).

Набухание

- **Набухание — увеличение объема почвы при увлажнении.**
- Набухание присуще мелкоземистым почвам, содержащим большое количество коллоидов, и объясняется связыванием тонкими частицами почвы молекул воды (увеличением гидратных оболочек).
- Величина набухания зависит от количества и качества коллоидов. Наиболее набухаемы глинистые почвы.
- Набухание тесно связано с составом глинистых минералов почвы. Минералы монтмориллонитовой группы с расширяющейся кристаллической решеткой обладают наибольшей набухаемостью, минералы каолинитовой группы — наименьшей. Органические коллоиды при увлажнении также сильно увеличиваются в объеме.
- Большое влияние на набухание оказывает состав обменных катионов почв. При насыщении почв одновалентными основаниями набухание достигает 120—150%. тогда как при насыщении почв двух- и трехвалентными катионами значительного увеличения в объеме при набухании не наблюдается.
- Набухание почвы может вызвать неблагоприятные в агрономическом отношении изменения в поверхностном слое почвы. Вследствие набухания частички почвы могут быть настолько разделены пленками воды, что это приведет к разрушению агрегатов.

Усадка

- **Усадка — сокращение объема почвы при высыхании.**
-
- Величина усадки обусловлена теми же факторами, что и набухание. Чем больше набухание, тем сильнее усадка почвы. Усадку можно измерять в объемных процентах по отношению к исходному объему:
- $U_{uc} = (V_1 - V_2) / V_2 * 100$
- где U_{uc} — процент усадки от исходного объема; V_1 — объем влажной почвы; V_2 — объем сухой почвы.
- При сильной усадке в почве образуются многочисленные трещины, происходит разрыв корней растений, усиливается физическое испарение влаги.
- Важнейшие технологические показатели — величина энергетических затрат, расход горючего, смазочных материалов, износ сельскохозяйственных машин и др. — определяются связностью и твердостью почвенных частиц.

Связность

- **Связность — способность почвы сопротивляться внешнему усилию, стремящемуся разъединить почвенные частицы.**
- Вызывается связность силами сцепления между частицами почвы. Степень сцепления обусловлена механическим и минералогическим составом, структурным состоянием почвы, влажностью и характером ее сельскохозяйственного использования.
- Наибольшей связностью характеризуются глинистые почвы,
- наименьшей — песчаные.
- Малоструктурные почвы в сухом состоянии имеют максимальную связность.
- Выражается она в кг/см^2 .

Твердость

- **Твердость — сопротивление, которое оказывает почва проникновению в нее под давлением какого-либо тела (шара, конуса, цилиндра и и т.д.).**
- Твердость определяется специальными приборами — твердомерами.
- Выражается в килограммах на 1 см^2 .
- Высокая твердость — признак плохих физико-химических и агрофизических свойств почв.
- В этих условиях требуются большие затраты энергии на обработку, затрудняется прорастание семян, корни плохо проникают в почву.
- Она хуже пропускает влагу и воздух.
- На почвах со значительной твердостью растения развиваются плохо.

Физическая спелость

- **Физической спелостью называется состояние почвы, при котором она оказывает наименьшее сопротивление обрабатывающим орудиям, хорошо крошится и образует максимальное количество мезоагрегатов.**
- Влажность физически спелой почвы колеблется от 60 до 90% от наименьшей влагоемкости.
- Она зависит от гранулометрического состава.
- У песчаных и супесчаных почв состояние физической спелости наступает при более высокой влажности, чем у суглинистых и глинистых.
- Насыщение почвенного поглощающего комплекса катионами кальция и магния значительно снижает липкость почв, что способствует более ранней их обработке в весенний период.
- Состояние физической спелости наступает раньше и у высокогумусированных почв, отличающихся от почв с низким содержанием гумуса большей степенью оструктуренности.

Биологическая спелость почвы

- Биологическая спелость почвы - состояние, при котором активно проявляются биологические процессы (жизнедеятельность микроорганизмов, прорастание семян и др.).
- В европейской части бывшего СССР оба вида спелости наступают практически одновременно

Тепловые свойства и тепловой баланс почвы

- Основными тепловыми свойствами почвы являются **теплопоглотительная способность, теплоемкость и теплопроводность.**
- **Теплопоглотительную способность** почвы обычно характеризуют величиной альбедо (A), которая показывает, какую часть поступающей лучистой энергии отражает почва.
- **Теплоемкость** — *свойство почвы поглощать тепло.*
- Различают удельную и объемную теплоемкость почвы.
- Удельная теплоемкость — количество тепла в джоулях, затрачиваемое для нагревания 1 г сухой почвы на 1°C .
- Объемная теплоемкость — количество тепла в джоулях затрачиваемое для нагревания 1 см^3 сухой почвы на 1°C .
- Теплоемкость зависит от минералогического, механического состава и влажности почвы, а также от содержания в ней органического вещества.
- **Теплопроводность почвы** — *способность ее проводить тепло.*
- Теплопроводность измеряется количеством тепла в джоулях, которое проходит в секунду через 1 см^2 почвы слоем 1 см.

Типы теплового режима почв

- Под *тепловым режимом почвы* понимают совокупность всех явлений поступления, передвижения и отдачи тепла почвой.
- **Тепловой** баланс почвы является количественной характеристикой теплового режима.
- Тепловой баланс складывается из приходной части, это прямая, рассеянная и длинноволновая радиация, в расходной части это отраженная и излученная радиации.
- В зависимости от среднегодовой температуры и характера промерзания почвы выделяет четыре типа температурного режима почв:
 - мерзлотный,
 - длительно сезоннопромерзающий,
 - сезоннопромерзающий,
 - непромерзающий.

- В результате антропогенного воздействия на почву (лущение, вспашка, культивация, боронование, прикатывание и т. п.)
- и естественных процессов (осадки, ветер, высушивание и т. п.)
- происходят изменения физических свойств почвы, которые обуславливают формирование многих негативных процессов,
- в том числе образование плужной подошвы, почвенной корки.

Плужная подошва

- **Плужная подошва — это уплотненный слой почвы на границе пахотного и подпахотного горизонтов.**
- Образуется в результате проведения основной обработки почвы в течение длительного времени примерно на одинаковую глубину.
- Под тяжестью почвообрабатывающих машин, в основном плугов, на глубине обработки почва уплотняется. В то же время в результате длительной интенсивной обработки разрушается структура почвы.
- В ней возрастает доля микроструктуры, пылевидных илистых частиц.
- Эти частицы под действием воды и других факторов опускаются вниз до уровня уплотненного почвообрабатывающими машинами слоя, аккумулируются в нем, окончательно закупоривая поры и межагрегатные пустоты этого слоя, и превращают его практически в водоупорный, водонепроницаемый слой — плужную подошву.
- Она ухудшает водный, воздушный и пищевой режимы, условия роста и развития культурных растений, снижает их урожайность.
- Для ее устранения, необходима система дифференцированной обработки почвы, предусматривающая чередование отвальной и безотвальной разноглубинных технологий обработки почвы.

Почвенная корка

- **Почвенная корка — это уплотненный слой самого верхнего горизонта почвы.**
- Она возникает в результате интенсивной механической обработки почвы приводящей к ухудшению ее структуры, накоплению пылевидных илистых фракций, снижению водопропускности структуры.
- Выпадающие на такую почву ливневые осадки усиливают распыление агрегатов, заиливают капилляры и межагрегатные поры верхнего слоя почвы, превращая ее после высыхания в сплошной, непроницаемый для воды, воздуха и проростков культурных растений монолит.
- Образованию почвенной корки может способствовать неумелое прикатывание почвы. Применение этого приема до наступления физической спелости, особенно на бесструктурных почвах, приводит к образованию почвенной корки. Выпадающие сразу после прикатывания осадки также усиливают этот процесс.
-
- Приемы борьбы с почвенной коркой можно разделить на долговременные и оперативные. К долговременным относятся все мероприятия, улучшающие структуру и прочность агрегатов, а также способствующие повышению содержания органического вещества (гумуса) почвы.
-
- К оперативным методам борьбы с коркой относятся механические приемы, направленные на разрушение уплотненного слоя почвы. Это боронование довсходовое и по всходам, обработка почвы и посевов игольчатыми рабочими органами и т. д.

Влияние физико-механических свойств почвы на качество обработки

- Наибольшее значение имеют **структура, плотность, твердость и липкость почвы.**
- Агрономически ценная комковато-зернистая структура, придавая почве рыхлое сложение, облегчает прорастание и распространение корней растений, а также уменьшает энергетические затраты на механическую обработку почвы. Бесструктурные почвы по сравнению со структурными, обладая большей связностью, оказывают и более сильное удельное сопротивление при обработке.
- Уплотненная почва плохо впитывает и фильтрует влагу, что способствует усилению поверхностного стока, эрозии и в целом снижению влагообеспеченности растений, создает предпосылки для более частого проявления засухи в большинстве регионов.
- Наряду с плотностью значительно ухудшает качество обработки и почвы и увеличивает затраты на ее выполнение липкость почвы. При обработке почвы в сильновязком и предельном состоянии (липкость > 5 г/см²), когда частицы почвы приобретают коллоидный характер и легко могут смещаться по отношению друг к другу, происходит пластичное деформирование почвы. Это приводит к нарушению пористости, замазыванию, образованию корки, глыб и плужной подошвы.

Мероприятия по улучшению физико-механических свойств, сохранению и восстановлению почвенной структуры

- Существует множество приемов регулирования физико-механических свойств и восстановления почвенной структуры. Их можно объединить в три большие группы: **механические, химические, биологические**.
-
- К механическим приемам относят интенсивную механическую обработку почвы, почвоуглубление, щелевание и т. д. Эти приемы позволяют существенно улучшить физико-механические свойства почвы. Однако действие их кратковременное, и поэтому для достижения продолжительного эффекта необходимо систематическое многократное применение их.
- Химические приемы мелиорации изменяют состав поглощенных оснований и весь комплекс физических и физико-химических свойств почв. К наиболее распространенным химическим приемам улучшения физических свойств почв относятся известкование кислых почв, гипсование солонцов, внесение искусственных клеящих веществ (полимеров). В результате известкования почва становится более структурной, в ней увеличивается водопроницаемость и уменьшается плотность. При этом химическая мелиорация почв особенно эффективна на фоне органических удобрений

Биологические приемы

- Биологические приемы направлены на повышение содержания органического вещества (гумуса) в почве. Эти приемы универсальны и долговечны. С увеличением содержания гумуса в почве улучшаются не только физико-механические и химические свойства, но и все почвенные режимы: пищевой, водный, воздушный.
- К биологическим приемам регулирования физико-механических свойств почвы относят совершенствование севооборотов, включающее увеличение доли многолетних трав в структуре посевных площадей; применение сидеральных культур; увеличение объема вносимых органических удобрений; оптимизацию обработки почвы, направленную на уменьшение интенсивности и глубины рыхлений в разумных пределах с целью снижения темпов минерализации органического вещества почвы и распыления структуры.