

Физические режимы почв

11 февраля 2021 года

Режимы почв

Режимы почвенные – закономерные изменения основных почвенных параметров (температуры; влажности; аэрации; химического состава почвенного воздуха и почвенного покрова), **выведенные из многолетних данных.**

Тема:
Тепловой режим почвы

Баланс – количественное выражение режима почв.

- **РЕЖИМ** – условия деятельности, работы, существования чего-либо.
- **БАЛАНС** – соотношение взаимно связанных показателей какой-либо деятельности, процесса.
 - Вспомните! **Балансовая концепция почвообразования.**

Почвообразовательный процесс складывается из 4 компонентов вещественно-энергетического баланса:

- **приток** веществ и энергии в почву;
- ***превращение*** веществ и энергии в почве;
- ***перемещение*** веществ и энергии в почве;
- **отток** веществ и энергии из почвы.

Все компоненты баланса теснейшим образом связаны между собой и взаимно обусловлены. Определённым количественным и качественным показателям **притока** и **оттока** веществ и энергии соответствует определённый характер превращений и перераспределения органических и минеральных компонентов почвы.

Четыре компонента (приток, *превращение*, *перемещение*, отток) образуют единство, определяющее направление почвообразовательного процесса, строение, состав и свойства почвы.

Радиационный и тепловой режимы.

Перенос тепла в почве

Перемещение почвенной влаги, жизнедеятельность микроорганизмов,

химические процессы,

газообмен в почве,

а также время появления всходов,

развитие корневой системы,

скорость вегетации растений

и другие процессы,

существенно зависят от количества тепла, поступающего в почву.

Согласно *В.А.Ковде*, установлено несколько форм баланса веществ в зависимости от продолжительности охваченного времени:

- **вековой**, имеющий геологическую продолжительность и связанный с формированием геоморфологии местности;
- **периодический (циклический)**, обычно охватывающий отрезки времени порядка 11-25 лет (по-видимому, связанный с периодичностью активности солнца);
- **годовой**, укладывающийся в годовой гидрологический цикл территории;
- на орошаемых территориях выделяют **межполивной** баланс веществ, формирующийся в отрезки времени между поливами.

**Тепловые потоки определяются
радиационным балансом,
складывающимся на поверхности
почвы,
которая является так называемой
«**деятельной поверхностью**»,
на которой происходит
преобразование энергии
из лучистой солнечной в тепловую.**

- В международной системе единиц СИ для измерения тепловых потоков служит джоуль (Дж, МДж, ГДж).
- Несистемной единицей является калория (кал, ккал, Мкал, Гкал).
- Интенсивность теплового потока (тепловая мощность) измеряется в ваттах (Вт, кВт, МВт).
- Несистемной единицей является калория в минуту (или час).
- Соотношения между несистемными единицами и единицами СИ следующие: $1 \text{ Дж} = 4,19 \text{ кал}$, $1 \text{ Вт} = 0,86 \text{ ккал/ч}$.

Источники тепла в почве

Основным источником энергии для подавляющего большинства физических, химических и биологических процессов в атмосфере, гидросфере и в верхних слоях литосферы является солнечная радиация, поэтому распределение и соотношение составляющих **теплового баланса** характеризуют её преобразования в этих оболочках.

Тепловой баланс почвы и факторы, его определяющие

Положительная или отрицательная величина радиационного баланса компенсируется несколькими потоками тепла.

Так как температура земной поверхности обычно не равна температуре воздуха, то между подстилающей поверхностью и атмосферой возникает поток тепла R .

Аналогичный поток тепла F_0 наблюдается между земной поверхностью и более глубокими слоями литосферы или гидросферы. При этом поток тепла в почве определяется молекулярной теплопроводностью,

тогда как в водоёмах теплообмен, как правило, имеет в большей или меньшей степени турбулентный характер.

Радиационный баланс

- - разность между радиацией, поглощенной земной поверхностью и эффективным излучением.

Радиационный баланс (R , $\text{кДж}\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{год}^{-1}$) составляет:

- $R = (Q + q)(1 - A) - E$,
- где Q — прямая радиация; q — рассеянная радиация; A — альбедо (доли единицы); E — эффективное излучение поверхности.

Одной из основ изучения
радиационного и
теплового баланса
являются количественное
изучение и расчёты
составляющих
радиационного баланса
ПОЧВЫ.

Трансформация лучистой энергии на деятельной поверхности

Тепловые балансы представляют собой частные формулировки закона сохранения энергии и составляются для участка поверхности Земли (Тепловой баланс земной поверхности); для вертикального столба, проходящего через атмосферу (Тепловой баланс атмосферы); для такого же столба, проходящего через атмосферу и верхние слои литосферы или гидросферы (Тепловые балансы системы Земля — атмосфера).

Турбулентный теплообмен с приземным слоем воздуха

Существенное значение в тепловом балансе земной поверхности обычно имеет расход тепла на испарение LE , который определяется как произведение массы испарившейся воды E на теплоту испарения L . Величина LE зависит от увлажнения земной поверхности, её температуры, влажности воздуха и интенсивности турбулентного теплообмена в приземном слое воздуха, которая определяет скорость переноса водяного пара от земной поверхности в атмосферу.

Тепловой баланс почвы и факторы, его определяющие

Положительная или отрицательная величина радиационного баланса компенсируется несколькими потоками тепла.

Так как температура земной поверхности обычно не равна температуре воздуха, то между подстилающей поверхностью и атмосферой возникает поток тепла R .

Аналогичный поток тепла F_0 наблюдается между земной поверхностью и более глубокими слоями литосферы или гидросферы. При этом поток тепла в почве определяется молекулярной теплопроводностью,

тогда как в водоёмах теплообмен, как правило, имеет в большей или меньшей степени турбулентный характер.

Транспирационный теплообмен

- Затраты тепла на испарение составляют основную **расходную** статью теплового баланса земной поверхности.
 - Приток же тепла за счёт конденсации водяного пара представляет основную **приходную** статью теплового баланса атмосферы.
- Испарение земной поверхности связано с изыманием тепла от подстилающей поверхности и прилегающих к ней слоев воздуха и приводит к **понижению** температуры приземного слоя атмосферы.
 - Влияние конденсации водяного пара на температуру атмосферы сказывается на уровне образования облаков и проявляется в **повышении** температуры.

Поток тепла в почву

- **Теплопроводность (не путать с термическим сопротивлением)**
- это перенос **теплоты** структурными частицами вещества (молекулами, атомами, электронами) в процессе их теплового движения.
- Такой теплообмен может происходить в любых телах с неоднородным распределением температур, но механизм переноса теплоты будет зависеть от агрегатного состояния вещества.
- **Явление теплопроводности заключается в том, что кинетическая энергия Явление теплопроводности заключается в том, что кинетическая энергия атомов Явление теплопроводности заключается в том, что кинетическая энергия атомов и молекул Явление теплопроводности заключается в том, что кинетическая энергия атомов и молекул, которая определяет температуру тела, передаётся другому телу при их взаимодействии или передаётся из более**

- **В настоящее время считается, что явление теплопроводности обусловлено стремлением занять состояние более близкое к термодинамическому равновесию, что выражается в выравнивании температуры.**

Теплопроводность, один из видов переноса теплоты от более нагретых частей тела менее нагретым, приводящий к выравниванию температуры.

- При теплопроводности перенос энергии осуществляется в результате непосредственной передачи энергии от частиц (молекул, атомов, электронов), обладающих большей энергией, частицам с меньшей энергией.**

Законы Фурье

Законы распространения тепла в твёрдой среде, в частности в глубь почвы

- Выводятся из решения основного уравнения теплопроводности

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2}, \quad (1)$$

- где θ — температура почвы, z — глубина, a — коэффициент температуропроводности в предположении, что:
 - 1) теплота передается в глубь почвы только путем молекулярной теплопроводности,
 - 2) почва однородна и изотропна,
 - 3) температура почвы меняется только по вертикали,
 - 4) поверхность земли горизонтальна,
 - 5) температура на поверхности почвы меняется со временем по простому периодическому закону и амплитуда колебаний затухает на бесконечной глубине.

Фаза колебаний с глубиной меняется.
Запаздывание фазы t на глубине z
выражается формулой

$$t = \frac{z}{2} \sqrt{\frac{T}{\pi a}}$$

и, следовательно,
пропорционально
глубине — второй закон
Фурье.

Глубины, на которых колебания разных периодов (суточные и годовые) затухают в одинаковое число раз, относятся как корни квадратные из этих периодов — третий закон Фурье.

- В действительности явление усложняется неоднородностью почвы, содержанием в ней воды и воздуха в переменных количествах, горизонтальным теплообменом в почве, а также нарушением простой периодичности в изменениях температуры на поверхности за счёт осадков, облачности и т. п. процессов.

Радиационный баланс

- — разность между радиацией, поглощенной земной поверхностью и эффективным излучением. Радиационный баланс (R , $\text{кДж}\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{год}^{-1}$) составляет:
- $R = (Q + q)(1 - A) - E$,
- где Q — прямая радиация; q — рассеянная радиация; A — альбедо (доли единицы); E — эффективное излучение поверхности.

В случае использования величины α , уравнение радиационного баланса выглядит так:

$$I_n = (I_s + I_a) \cdot (1 - \alpha) + I_u.$$

поступившая – отражённая

коротковолновая

поступившая – излучённая

длинноволновая

Это радиационный баланс для дневного времени, когда светит солнце. В ночные же часы он составит, естественно, лишь разницу длинноволновых радиаций.

Величина альбедо заметно отличается от характера поверхности.

- Например, для свежего снега α составляет 0,8-0,85,
для сухой почвы – 0,15-0,35,
а для влажной – 0,05-0,014.
- **Чем ниже α , тем большее количество радиационной энергии преобразуется и поступает в почву.**

С помощью величины альбедо проводят расчёты радиационных потоков.

- ***Пример.***

- Во сколько раз изменится радиационный баланс поверхности, если её альбедо уменьшится от 0,70 до 0,35 (в два раза),
- при незначительности величин поступившей и отражённой длинноволновой радиации.

Решение:

- Используем уравнение радиационного баланса с величиной альбедо:

$$I_n = (I_s + I_a) \cdot (1 - \alpha)$$

поступившая – отражённая

коротковолновая

**Отношение балансов при альбедо 0,70 и 0,35
(соответственно, I_n'' и I_n') составит**

$$I_n'' / I_n' = (I_s + I_a) \cdot 0,65 / (I_s + I_a) \cdot 0,3 =$$

$$0,65/0,3 = 2,17$$

Ответ: в 2,17 раза.

**Как видно из этого примера,
уменьшение альбедо в 2 раза
привело даже к большему, чем в 2
раза, увеличению радиационного
баланса.**

- В международной системе единиц СИ для измерения тепловых потоков служит джоуль (Дж, МДж, ГДж). Несистемной единицей является калория (кал, ккал, Мкал, Гкал). Интенсивность теплового потока (тепловая мощность) измеряется в ваттах (Вт, кВт, МВт).
- Несистемной единицей является калория в минуту (или час). Соотношения между несистемными единицами и единицами СИ следующие:
 $1 \text{ Дж} = 4,19 \text{ кал}$, $1 \text{ Вт} = 0,86 \text{ ккал/ч}$.

Закон Фурье

Закон распространения тепла в твёрдой среде, в частности в глубь почвы.

- Выводится из решения основного уравнения теплопроводности в предположении, что:
 - 1) теплота передается в глубь почвы только путём молекулярной теплопроводности,
 - 2) почва однородна и изотропна,
 - 3) температура почвы меняется только по вертикали,
 - 4) поверхность земли горизонтальна,
 - 5) температура на поверхности почвы меняется со временем по простому периодическому закону и амплитуда колебаний затухает на бесконечной глубине.

Поток тепла в почве описывают законом Фурье, который связывает поток тепла с градиентом температуры через коэффициент пропорциональности – теплопроводность, λ_T :

$$q_T = -\lambda_T \frac{dT}{dz},$$

где q_T – поток тепла в почве [кал/ см²•сут],
 λ_T – коэффициент теплопроводности [кал/ (см•°С•сут)], – градиент температуры [°С/сут)].

**Приведённое уравнение переноса
позволяет рассчитывать поток тепла,**

если известна величина

теплопроводности, а также градиент температуры, знак которого следует определять способом, аналогичным использованному при определении знака градиента давления влаги при расчёте влагопереноса по модифицированному уравнению Дарси.

Пример

- **Рассчитать тепловой поток к поверхности почвы, если температура поверхности составляет $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на глубине 5 см – $15,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Теплопроводность в этот момент составляет $30\text{ кал/см}\cdot\text{ч}\cdot^{\circ}\text{C}$.**

Решение

- Рассчитаем градиент температуры:

$$\frac{dT}{dz} = \frac{T_5 - T_0}{z_5 - z_0} = \frac{15,5 - 10,0}{5 - 0} = 1,1 \text{ [}^\circ\text{C/сут)}].$$

$$\frac{dT}{dz} = \frac{T_5 - T_0}{z_5 - z_0} = \frac{15,5 - 10,0}{5 - 0}$$

Теперь можно рассчитать и тепловой поток, направленный к поверхности почвы, а значит – положительный:

$$q_T = \lambda_T \frac{dT}{dz} = 30 \cdot 1,1 = 33 \text{ [кал/ см}^2\text{•ч)}].$$

Ответ: 33 [кал/ см²•ч].

- Ведущим фактором общеземного климата является солнечная радиация, количество которой сильно различается в зависимости от местоположения данной территории.
- Общий приток тепла к земной поверхности измеряется радиационным балансом (R , $\text{кДж} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$). Общепланетарное значение климата сказывается прежде всего в распределении по поверхности суши земного шара почвенно-биоклиматических поясов, зон и областей.
- Климат играет важнейшую роль в закономерном размещении типов почв по поверхности земного шара, ему принадлежит огромная роль в установлении определенных циклов динамики почвообразовательных процессов, их специфике и направленности.

Радиационный индекс сухости

- — доля радиационного баланса, которая тратится на испарение осадков, т. е. отношением годового радиационного баланса подстилающей поверхности R к сумме тепла LE , необходимого для испарения годового количества осадков E на той же площади (L — скрытая теплота парообразования воды). В соответствии с поступлением влаги и ее дальнейшим перераспределением каждый природный регион характеризуется показателем радиационного индекса сухости
- $K = R/\alpha r$,
- где R — радиационный баланс, $\text{кДж}\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{год}^{-1}$; r — количество осадков в год, мм; α — скрытая теплота фазовых преобразований воды (Дж/г).

Изолинии радиационного индекса сухости

- в северном полушарии в общем совпадают с распространением природных зон. Значения индекса сухости для различных природных зон Северного полушария следующие:
северная тундра — 0,37–0,40;
- южная тундра — 0,40–0,55;
- лесотундра — 0,55–0,56;
- северная тайга — 0,56–0,60;
- средняя тайга — 0,60–0,75;
- южная тайга — 0,75–0,85;
- широколиственные леса — 0,85–1,00;
- лесостепь — 1,00–1,30;
- степи — 1,30–2,50;
- северные полупустыни — 2,50–4,00; южные полупустыни и пустыни — 3,00–15,00.

Экспозиция склона

- — разная направленность элемента рельефа по отношению к странам света; способствует тому или иному поступлению тепловой энергии Солнца на единицу площади поверхности суши и обуславливает перераспределение тепла и влаги.
- В Северном полушарии склоны южной экспозиции являются самыми обеспеченными теплом, склоны северной экспозиции — самыми необеспеченными теплом,
- а склоны восточной и западной экспозиций занимают по теплообеспеченности промежуточное положение.

Тепловое воздействие на ПОЧВЫ

- — дополнительное поступление тепла в окружающую среду, обусловленные деятельностью человека, и связанные с ним увеличение теплового периода, изменение глубины промерзания почв и протекание в них биогеохимических процессов.

Регулирование теплового режима почв

**Мульчирование (включая и
синтетические плёнки).**

Гребневание.

Прикатывание.

Рыхление.

Осушение и орошение.

- Предлагаю вашему вниманию тезисы доклада на нынешние Докучаевские Чтения.

ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТЬ ТОРФО-ПЕСЧАНЫХ СУБСТРАТОВ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАЖНОСТИ

Е.В. Телятникова

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

katyakatya_2403@katya_2403@mail.ru

This study presents thermal diffusivity vs. water content curves for peat-sand substrates. Thermal diffusivity significantly changes in range from 1 to 20% of peat content in the mixture. Subsequent addition of peat leads to a less obvious decrease of thermal diffusivity, which almost stops when the peat content is more than 70-80%.

В настоящее время исследование торфо-песчаных субстратов **актуально**, поскольку эти субстраты широко используются при создании конструкторземов, в озеленении городов, тепличных хозяйствах и ландшафтном дизайне. **Внесение торфа, как источника дополнительных питательных веществ для растительности, является одним из основных способов улучшения плодородия почв.** Также, поскольку торф обладает высокой поглотительной способностью, его часто добавляют в минеральные почвы для увеличения их водоудерживающих свойств, что благоприятно сказывается на росте растений. Однако сам по себе торф обладает низкой теплопроводностью. В результате глубокие слои торфяных почв плохо прогреваются, а верхние, наоборот, испытывают перегрев, что может привести к самовозгоранию.

Добавление песка к торфу улучшает водно-воздушные свойства торфяно-песчаных смесей, а также увеличивает теплопроводность смеси по сравнению с чистым торфом. Таким образом, пескование торфяных почв приводит к увеличению теплового потока в глубокие слои почвы, что предотвращает перегрев верхних слоев и замедляет темпы минерализации органического вещества почвы.

Целью работы было исследование и сравнение зависимостей теплопроводности от влажности для низинного торфа, песка и торфо-песчаных субстратов с различным долевым соотношением торфа и песка в смеси.

Определение зависимости теплопроводности от влажности проводилось методом регулярного режима. Помимо образцов из чистого торфа и чистого песка, было подготовлено 8 образцов с различным массовым соотношением низинного торфа к песку: 1, 3, 5, 10, 20, 40, 60 и 80% торфа. В результате исследования показано, что теплопроводность торфа значительно отличается от теплопроводности песка: $2 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ и $9.6 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$, соответственно.

Значительное влияние на температуропроводность субстратов оказывали даже небольшие добавки торфа (1 и 3%). В таких субстратах температуропроводность смеси резко уменьшалась практически в полтора раза до $6.5 \cdot 10^{-7}$ м²/с. Дальнейшее добавление торфа до 20% снижало температуропроводность смеси почти в три раза — с $9.6 \cdot 10^{-7}$ м²/с до $3.3 \cdot 10^{-7}$ м²/с. При содержании торфа 40% и выше температуропроводность субстратов не превышала $2 \cdot 10^{-7}$ м²/с и практически не изменялась при уменьшении влажности.

- Таким образом, влияние малых добавок торфа к песку и, наоборот, песка к торфу на температуропроводность смеси было несимметричным: небольшое добавление торфа в песок резко снижало температуропроводность смеси по сравнению с чистым песком, а добавление песка к торфу практически не чувствовалось вплоть до массового содержания песка 50% сухого веса.

- Работа рекомендована д.б.н., проф. Т.А. Архангельской (МГУ, факультет почвоведения, кафедра физики и мелиорации почв).

Тепловые потоки, способствующие нагреванию теплицы, принято считать положительными, а тепловые потоки, вызывающие понижение температуры, - отрицательными. Одни тепловые потоки могут быть только положительными или только отрицательными, другие в зависимости от температуры меняют направление - их называют знакопеременными.

- **Как правило, тепловой баланс теплицы рассчитывается для определенного периода времени.**
 - Например, при определении мощности (теплопроизводительности) системы отопления пользуются составляющими теплового баланса за секунду или за час, расчет потребляемой тепловой энергии ведется за сутки, месяц или год.

Системы отопления типовых весенних плёночных теплиц рассчитываются на температуру наружного воздуха -15 С.

- Если теплицу предприятие или индивидуальный владелец строит самостоятельно, то возникает необходимость в дополнительном расчете и конструировании систем отопления и вентиляции.
- Существуют несколько методов теплотехнического расчета теплиц. Более сложные, дающие большую точность, используются в особо ответственных случаях и при проектировании принципиально новых сооружений. Во всех остальных случаях применяются упрощенные методы, которые вполне приемлемы для практических расчетов, тем более если существует аналогичное техническое решение для более крупной теплицы.

В основу всех методов теплотехнического расчета теплицы положен анализ теплового баланса,

- т. е. алгебраической суммы всех тепловых потоков в сооружении.
- В статическом режиме, т. е. в периоды, когда температуры внутри и снаружи теплицы постоянны, тепловой баланс равен нулю.
-
- В этом случае приходные составляющие потоков тепла равны расходным, в результате чего наблюдается равновесие температур.
 - **При переходных, или динамических, режимах соотношение между притоком и расходом тепла изменяется и температура в теплице будет либо повышаться, либо понижаться в зависимости от этого отношения.**

При выборе соответствующего проекта теплицы для конкретного населенного пункта необходимо знать расчётные климатические характеристики местности.

- За расчётную температуру наружного воздуха принимают среднюю многолетнюю температуру самых холодных суток года. Правильный выбор соответствующего проекта означает, что система отопления теплицы должна быть рассчитана на температуру ниже, чем расчётная температура наружного воздуха данного района.
- Так, для Москвы расчётная температура наружного воздуха составляет $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$, и это означает, что в Москве и в Московской области нужно строить теплицы с системой отопления, рассчитанной на температуру $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

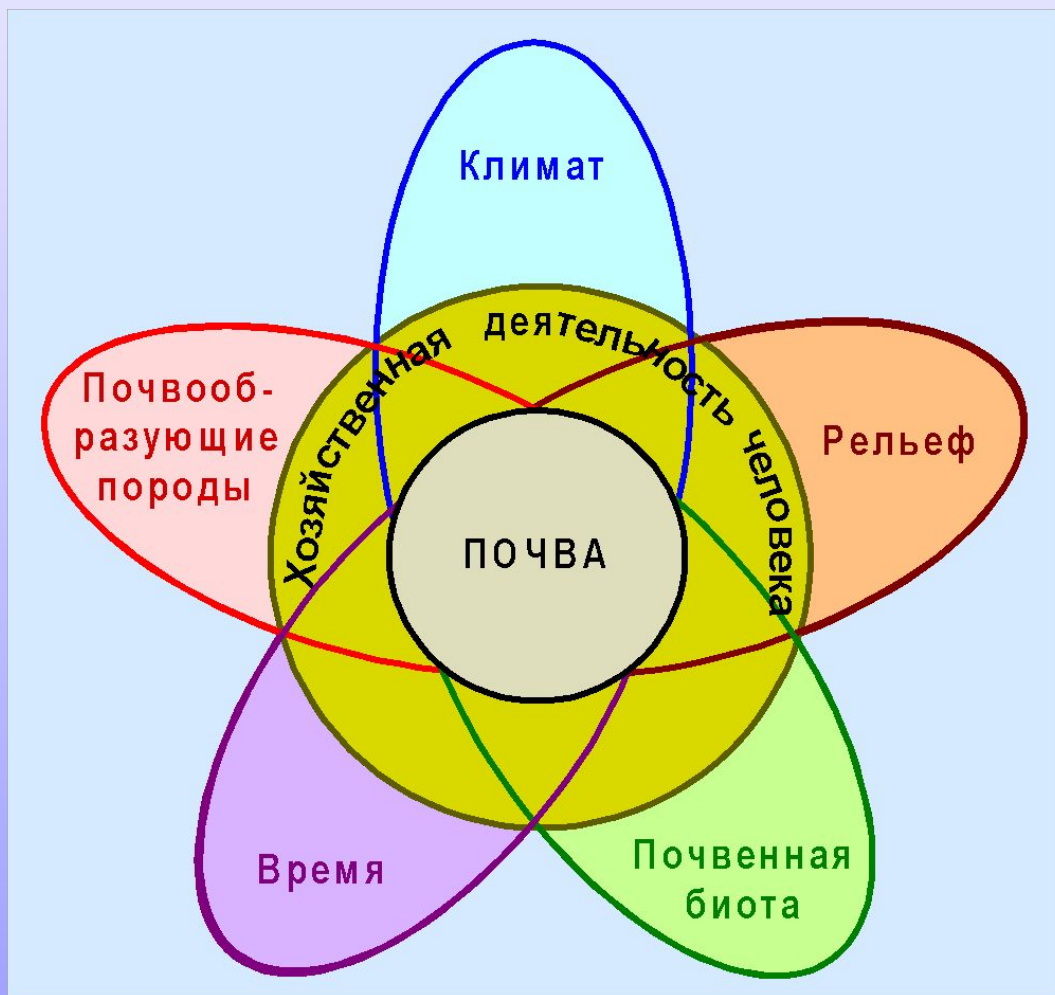
ПОЧВОВЕДЕНИЕ – наука о почве, её строении, составе, свойствах и географическом распространении, закономерностях её происхождения, развития, функционирования и роли в природе, путях и методах её мелиорации, охраны и рационального использования в хозяйственной деятельности человека.

Место почвоведения среди естественных наук (по Кедрову, 1963)



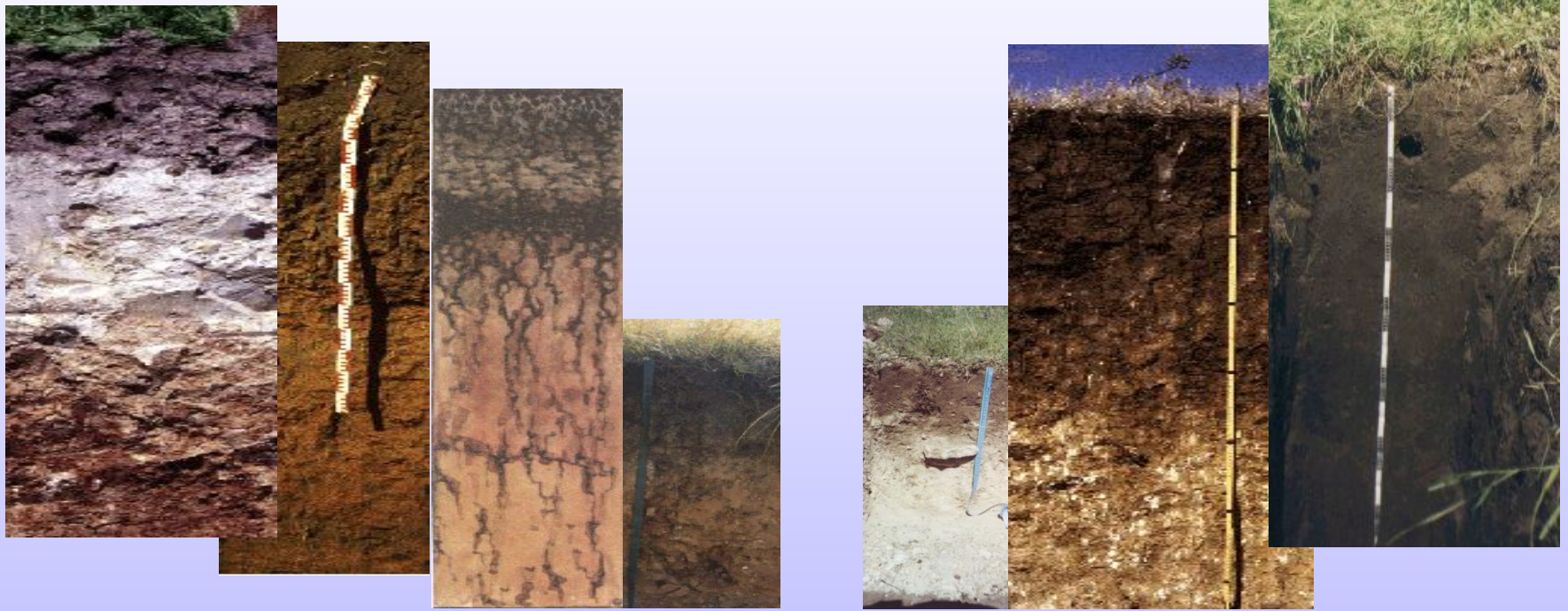
Режим влажности почвы

**— совокупность всех
количественных и
качественных изменений
влажности в почвенно-
грунтовой толще с течением
времени.**



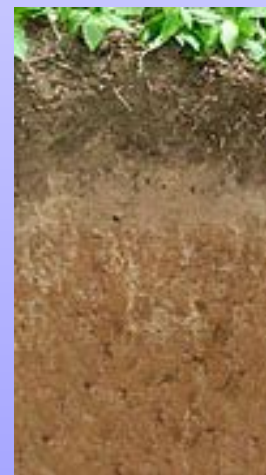
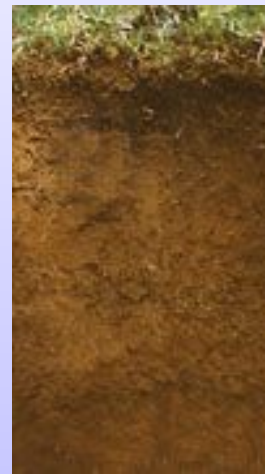
Факторы почвообразования

$P = f(K, R, G, O)T$,
где P — почва,
 K — климат,
 R — рельеф,
 G — горные породы,
 O — организмы,
 T — время



Почвенный профиль – совокупность химически (геохимически) и генетически сопряженных горизонтов, интегральных всему комплексу факторов её формирования, однако ряд признаков в той или иной степени адекватен (имеется в виду качественная адекватность, а не точное количественное отражение процесса) отдельным факторам почвообразования и отражает их особенности.

Профили почв



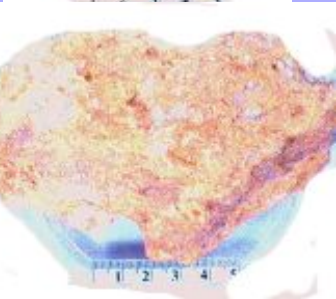
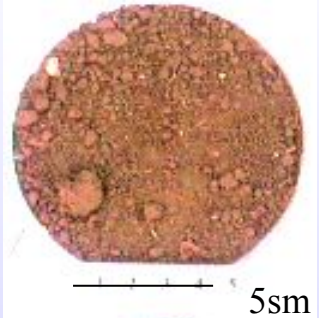
Основной закон почвоведения

- *Почва есть функция факторов почвообразования.*

$$P = f (GP, K, Bio., P) T (A)$$

- Почвообразующая (материнская) порода.
- Особо важны:
 - - минералогический состав;
 - - гранулометрический (механический) состав;
 - коры выветривания (могут быть очень древними) четвертичные отложения, ледниковые отложения.
- **Отличие почвы от горных пород.**
 - - тесная связь с биотой;
 - - плодородие и его устойчивое воспроизводство в естественных условиях.

**Почва – полифункциональная система,
сформированная в поверхностной части
коры выветривания горных пород**



↑
дробление, выветривание,
оструктурирование горной породы,
формирование специфического
продукта почвообразования - гумуса



*Rendzic
Leptosols*



Порода

скорость, направленность
почвообразовательного процесса



состав (минералогический, химический),
свойства (плотность, дисперсность) породы



Климат – статистический многолетний режим погоды

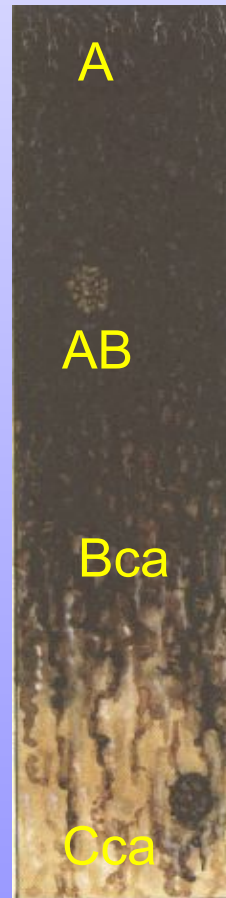
Температура

- самого теплого месяца
- самого холодного месяца
- среднегодовая температура
- сумма активных температур

Влажность

- среднегодовое количество осадков **P**
- коэффициент увлажнения
(отношение суммы осадков к испаряемости)

↓
тип водного режима



Рср. тепл. полугодия
Рср. хол. полугодия

Рельеф – перераспределитель вещества и энергии

-**абсолютная высота местности** (по мере увеличения высоты местности понижается термический потенциал);

-**крутизна склона** обеспечивает боковой и внутрипочвенный сток (специфика водного режима склонов, плоских повышений и понижений, развитие эрозии почв);

-**ЭКСПОЗИЦИЯ СКЛОНА** (прогревание, промерзание почвы; накопление, испарение влаги, мощность снежного покрова, длительность вегетационного периода).



Биота



тип растительности



-состав опада

-соотношение надземной и
- подземной частей



скорость минерализации опада, характер поступления органических остатков и химических элементов в почву, специфика (скорость, объём, химизм) биологического круговорота химических элементов, тип гумуса



деструкторы растительного опада



A

Ae

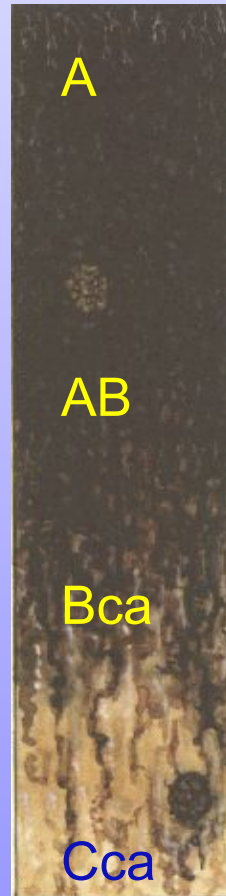
B1t

B2t

B3t

BC

Cca



A

AB

Bca

Cca

Фундаментальные законы

Закон сохранения массы и энергии

Общие правила, которые позволят точно соблюдать этот принцип:

- 1) всегда указывать границы того пространства, в котором будут производиться расчёты;
- 2) всегда точно оговаривать период времени, для которого мы составляем баланс;
- 3) использовать одни и те же физические единицы (правило соблюдения размерностей).

Принципы изучения почвы как природного естественно-исторического тела

1. *Принцип масштабности.*

Все природные явления систематизированы по шкале размера, масштаба.

Масштабы рассмотрения почвы по такой системе:

- Глобальный
- Континентальный
- Региональный
- Водосборный (ландшафтный)
- Катенный
- Почвенного покрова (полипедон)
- Почвенный (педон)
- Почвенного горизонта
- Почвенной структуры
- Текстурный
- Молекулярный и ионный.

2. Принцип взаимосвязи структуры и функций

- 3. Принцип пространственной неоднородности физических свойств и процессов.*
- 4. Принцип взаимосвязи почвенных свойств и процессов.*

Возникает вопрос: почему существуют разные почвы в пределах одного, даже относительно небольшого участка?

Вспомним, что существует 5 факторов почвообразования, определяющих всё многообразие почв на Земном шаре.

- **Климат**
- **Почвообразующие (материнские породы)**
- **Рельеф**
- **Растительный и животный мир**
- **Возраст (страны), время формирования почвы**

Остановимся подробнее на **почвообразующих породах**, поскольку внутри климатической зоны пестрота (сложность) почвенных режимов → условий произрастания растений, в значительной степени определяется почвообразующими породами.

Чем разнообразнее породы, тем сложнее рисунок почвенного покрова участка.

Причины, заслуживающие рассмотрения пород при оценке потенциальных возможностей почв:

- 1) почвы наследуют от пород физические, химические свойства, минералогический состав;
- 2) породы могут определять причины заболачивания почв.
На лёгких породах (пески, супеси) – представлены почвы, заболоченные грунтовыми водами.
На тяжёлых (глинистых породах – поверхностными водами);
- 3) корни растений (особенно древесных пород) могут проникать в поверхностные слои почвообразующих пород.

Рассмотрим в пределах Нечернозёмной зоны РФ (Северо-Запад) **основные почвообразующие породы** и их особенности, определяющие практические решения. Преобладают ледниковые и постледниковые отложения:

- кислые моренные суглинки,
- карбонатные моренные суглинки,
- элювий коренных карбонатных и бескарбонатных пород,
- озёрно-ледниковые пески и супеси,
- озёрно-ледниковые глины (в том числе ленточные),
- различные виды двучленных пород,
 - аллювиальные отложения,
- органогенные (болотные) отложения.

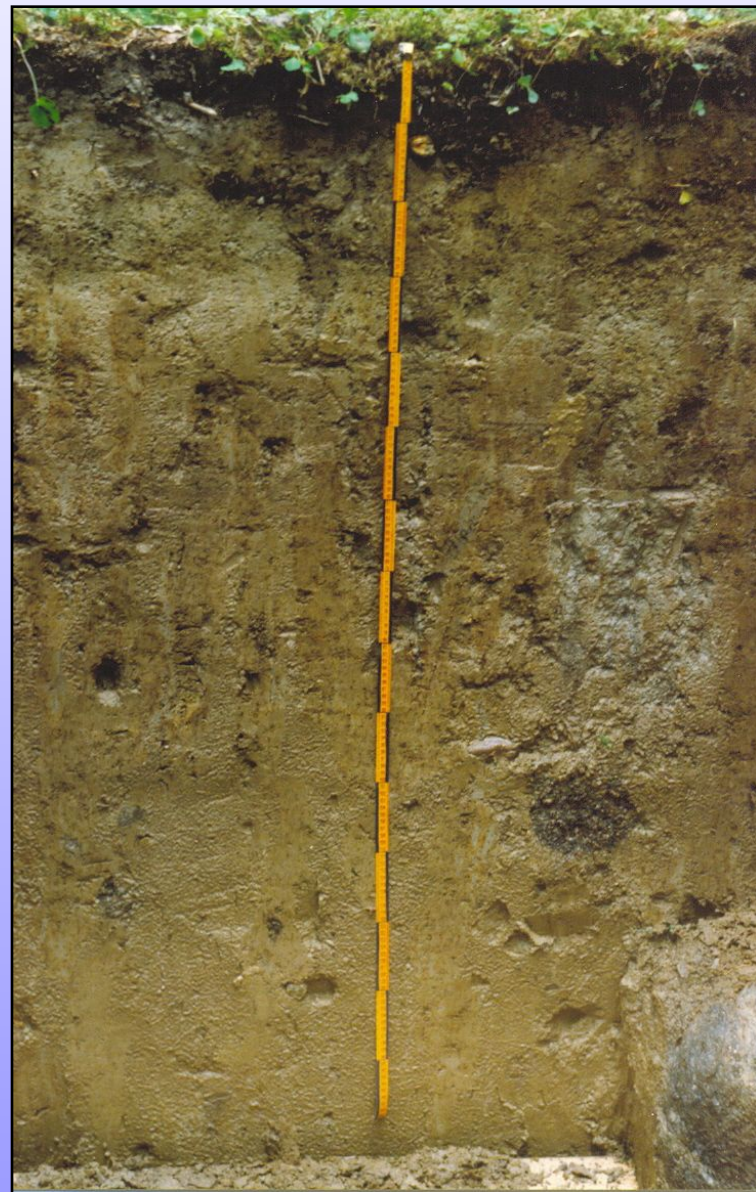
Остановимся подробнее на характеристике некоторых типов пород и сформированных на них почв.

***Кислые морены*, как правило, отличаются значительной каменистостью.**

Каменистость определяет *трудности* в *использовании* почв:

- обработка почв;
- проведении мелиоративных работ – закладке закрытого бестраншейного и траншейного дренажа.

Пример дерново-подзолистых почв на моренных суглинках





**Пример дерново-подзолистой почвы,
развитой на кислых моренных суглинках**



**Дерново-подзолистая
почва,
развитая на моренном
суглинке**

**отчетливо видны
глинистые потечные пленки
(кутаны иллювиирования)**



Карбонатные моренные суглинки также каменисты, но обладают нейтральной и щелочной реакцией среды (потенциально плодородные почвы).

Ленточные суглинки и глины. Слои (ленты) этих пород сформировались на дне постледниковых крупных водоёмов.

В зимний период на дно опускалась тонкая взвесь и коллоиды, обогащенные железом (тяжёлый глинистый состав и бурый цвет).

Летом – размыв моренных отложений и транспортировка в водоемы грубой взвеси, обогащенной кварцевой светлой пылью → более грубый белесый материал (лента).

Свойства почв, сформированных на ленточных глинах:

- **низкая вертикальная водопроницаемость;**
- **уплотнённые водоупорные горизонты;**
- **застой влаги на поверхности при выпадении осадков;**
- **земляные сооружения на этих породах неустойчивы;**
- **открытая сеть канав определяет значительный коэффициент заложения откосов.**



Почвы, развитые на тяжёлых ленточных глинах



**Профиль почвы, сформированной
на карбонатной озерно-ледниковой
глине**

*отчетливо видны карбонатные
новообразования в виде журавчиков*



На водно-ледниковых супесчаных и песчаных отложениях:

При близком залегании грунтовых вод

- подзолы глеевые,**
- торфяно-глеевые,**
- торфяно-подзолисто-глеевые почвы**

На водоразделах – кислые почвы

- (подзолы, бурозёмы) и др.**

Пример почв на водно-ледниковых отложениях



Пример альфе-гумусового (иллювиально-железистого) подзола, развитого на озёрно-ледниковых песках





Двучленные породы характеризуются тем, что верхняя толща (в пределах 1,0 м) облегчена (песок, супесь), а нижняя – плотная суглинистая и глинистая.

При близком залегании к поверхности зоны контакта возможен застой влаги → процессы оглеения.

По уровню потенциального плодородия почвы на этих породах более богаты (корни деревьев могут достигать суглинистого наноса и получить доступ к резервам биогенных элементов).

Один из важнейших базовых показателей почв – ***гранулометрический (механический) состав***. В полевых условиях необходимо определить, какой является почва: песчаной, супесчаной или, например, суглинистой.

Этот показатель очень важен для решения многих практических вопросов:

- подбора культур,
- определение доз извести,
- определение доз удобрений,
- выбор способа регулирования водного режима почв.

Затем следует определить, к *какому типу* принадлежат почвы в пределах конкретного участка, например, подзолистому, болотно-подзолистому, дерново-карбонатному и т.д.

Кроме этого, для условий Нечерноземья исключительно важно сразу выяснить, испытывают ли Ваши почвы *переувлажнение* и *заболачивание*, а также *причины* вызывающие эти свойства.

В почвах могут быть слои (**почвенные генетические горизонты**), неблагоприятно влияющие на развитие корневых систем растений или резко ограничивающие их рост. Например, это могут быть:

- ожелезнённые горизонты,
- ортзанды,
- рудяки,
- железистые коры.

В другом случае, это могут быть близко залегающие к поверхности:

- плотные плиты извести, доломита,
- плиты массивно-кристаллических пород (гранит и др.).



Например, в условиях сельгового ландшафта Карельского перешейка обычно близкое расположение к поверхности массивно-кристаллических пород (гранитов)

Если участок расположен на осушенном болоте или на выработанном торфянике, то почвы могут оказаться торфяными (органогенными), т.е. в них остатки растений-торфообразователей составляют $> 30\%$ от массы. Это весьма своеобразные почвы, которые при неправильном использовании \rightarrow углекислый газ, нитраты, вода \rightarrow полное исчезновение.

Это создает необходимость определения свойств торфяных почв: *ботанический состав, степень разложения, зольность*, а также гранулометрический состав подстиляющей толщи.

Отметим еще 3 базовые показателя, необходимые при освоении участка:

- *каменистость* почв (содержание, размер, состав камней);
 - подверженность *водной эрозии*;
 - *почвенная кислотность*.

**На таких сильнокаменистых
почвах необходимо учитывать
степень каменистости
и размерность валунного
материала**



Таким образом, при полевом обследовании и морфологическом описании почв, совершенно необходимо установить следующее:

- гранулометрический состав почв,
 - тип почв,
- вероятность периодического или постоянного переувлажнения,
 - причины переувлажнения и заболачивания почв,
- наличие близкого залегания плит из камня-известняка, доломита, гранита,
 - наличие цементационных слоёв железистой природы,
 - каменистость почв, характер каменистого материала,
 - тип торфа, степень его разложения и зольность,
 - **степень подверженности эрозии,**
- кислотность почв и обеспеченность элементами питания (азотом, фосфором, калием).

Эти важнейшие признаки в большинстве случаев могут быть определены в полевых условиях.

Гранулометрический состав почв

Минеральные почвенные горизонты состоят из смеси частиц различного размера или частиц, объединённых во фракции определенной крупности:

- грубые (каменистые и песчаные),
- средних-пылеватых,
- тонких-иловатых.

В зависимости от соотношения песка, пыли и ила возникают:

- песчаные,
- супесчаные,
- легкосуглинистые,
- среднесуглинистые,
- тяжёлосуглинистые,
- глинистые.

Гранулометрический состав почв позволяет оценить особенности их режима (легкие и тяжёлые, тёплые и холодные) и ряд других показателей.

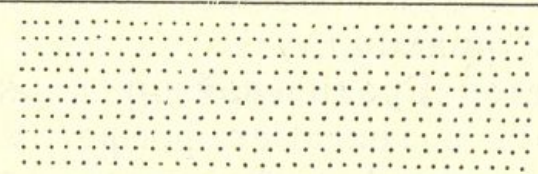
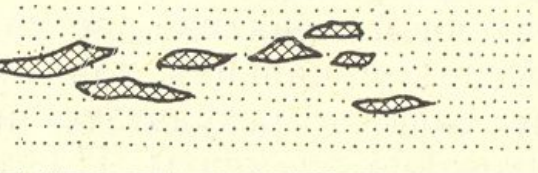
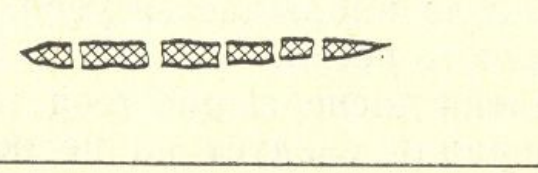
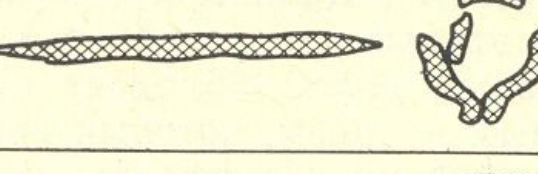
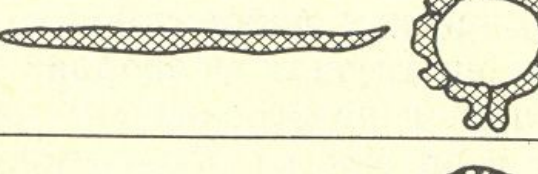
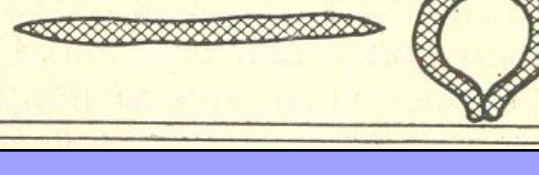
Полевое определение гранулометрического состава состоит из следующего:

- из верхнего слоя почв (пахотный, гумусо-аккумулятивный) отобрать комки почвы 5-7 г;**
- растереть образец;**
- смочить массу водой до тестообразного состояния;**
- скатать шарик ладонью (с лесной орех);**
- скатать шнур.**

По результатам судим о гранулометрическом составе почвы

- **Песчаные** почвы не образуют шарика.
- **Супесчаные** почвы образуют только шарик с шероховатой поверхностью, зачатки шнура.
- **Легкосуглинистые** почвы раскатываются в шнур толщиной 3 мм, но его нельзя согнуть в кольцо. При попытке поднять шнур с ладони он распадается на мелкие части
- **Среднесуглинистые** почвы. Позволяют сделать тонкий шнур около 2 мм, но при сгибе его в кольцо диаметром 2-3 см он дает трещины и перелом кольца
- **Тяжелосуглинистые** почвы раскатываются в тонкий шнур 1,5-2,0 мм, который легко сгибается в кольцо диаметром 2 см. При поперечном сдавливании кольца пальцами на его внешней стороне образуются трещины.
- **Глинистые** почвы. Можно формировать любые фигурки.

Затем при углубленном профилном обследовании необходимо определить механический состав всех генетических горизонтов.

Механический состав	Морфология образца при испытаниях (вид в плане)
Шнур не образуется — песок 1	
Зачатки шнура — супесь 2	
Шнур, дробящийся при раскатывании — легкий суглинок 3	
Шнур сплошной, кольца, распадающиеся при сжатии — средний суглинок 4	
Шнур сплошной, кольца с трещинами — тяжелый суглинок 5	
Шнур сплошной, кольцо стойкое — глина 6	

Существует общая закономерность:

- Почвы лёгкого гранулометрического состава подвержены заболачиванию грунтовыми водами.
- Тяжёлые почвы подвержены заболачиванию поверхностными водами. В этом случае появляется *верховодка*, весьма нестабильная во времени.

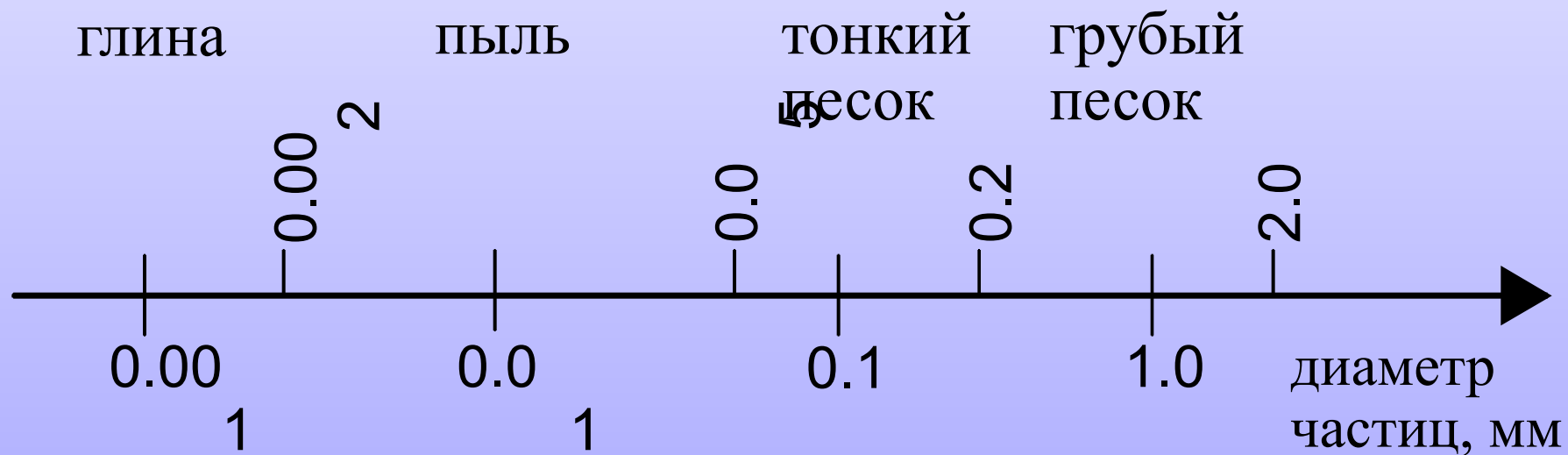
Верховодка – воды, временно образующиеся после продолжительных дождей или снеготаяния в почве и верхних горизонтах грунта на слабо проницаемой прослойке.

Неустойчивый характер верховодки в тяжёлых почвах и её исчезновение летом – причина неоправданного оптимизма экологической оценки водного режима территории.

Гранулометрический состав почв - относительное содержание в почве и породе механических элементов (фракций).

- Гранулометрический состав почв и пород оказывает большое влияние на почвообразование и плодородие почв.
 - Гранулометрическим составом почвы определяются её физические и водно-физические свойства (пористость, влагоёмкость, водопроницаемость, водоподъёмная способность, структурность и др.), а также воздушный и тепловой режимы.

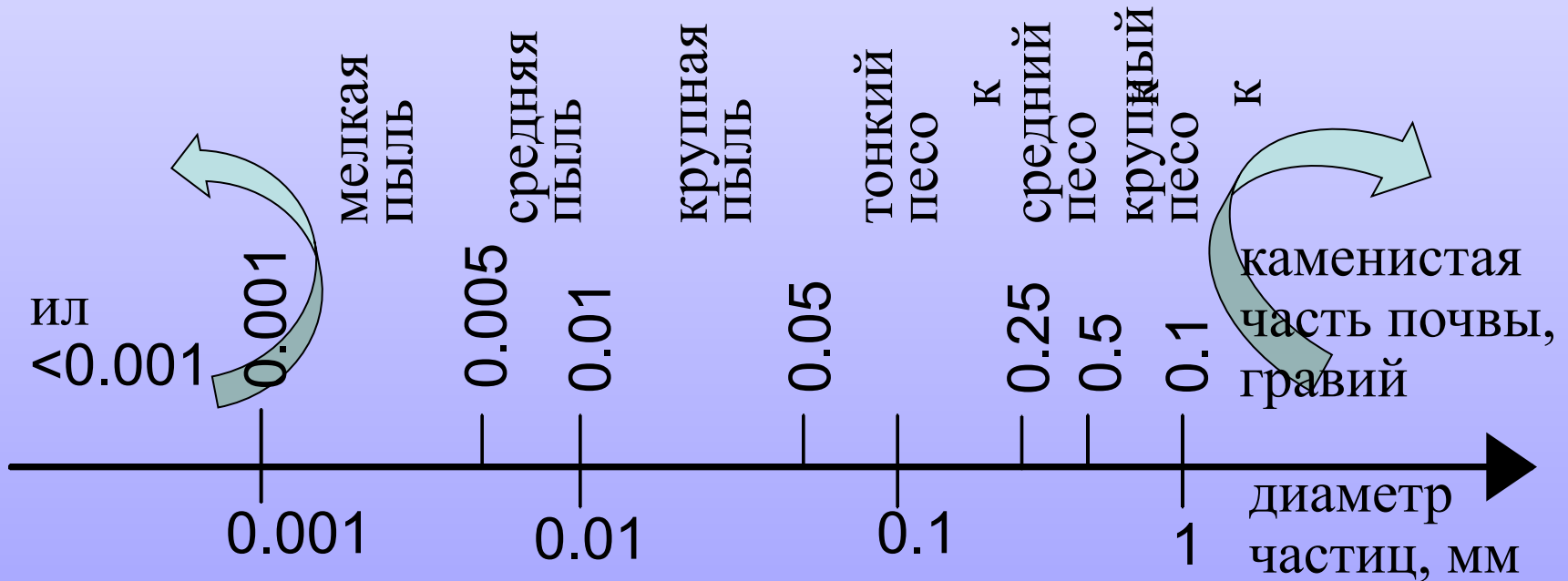
Гранулометрические фракции (по А.Аттербергу)



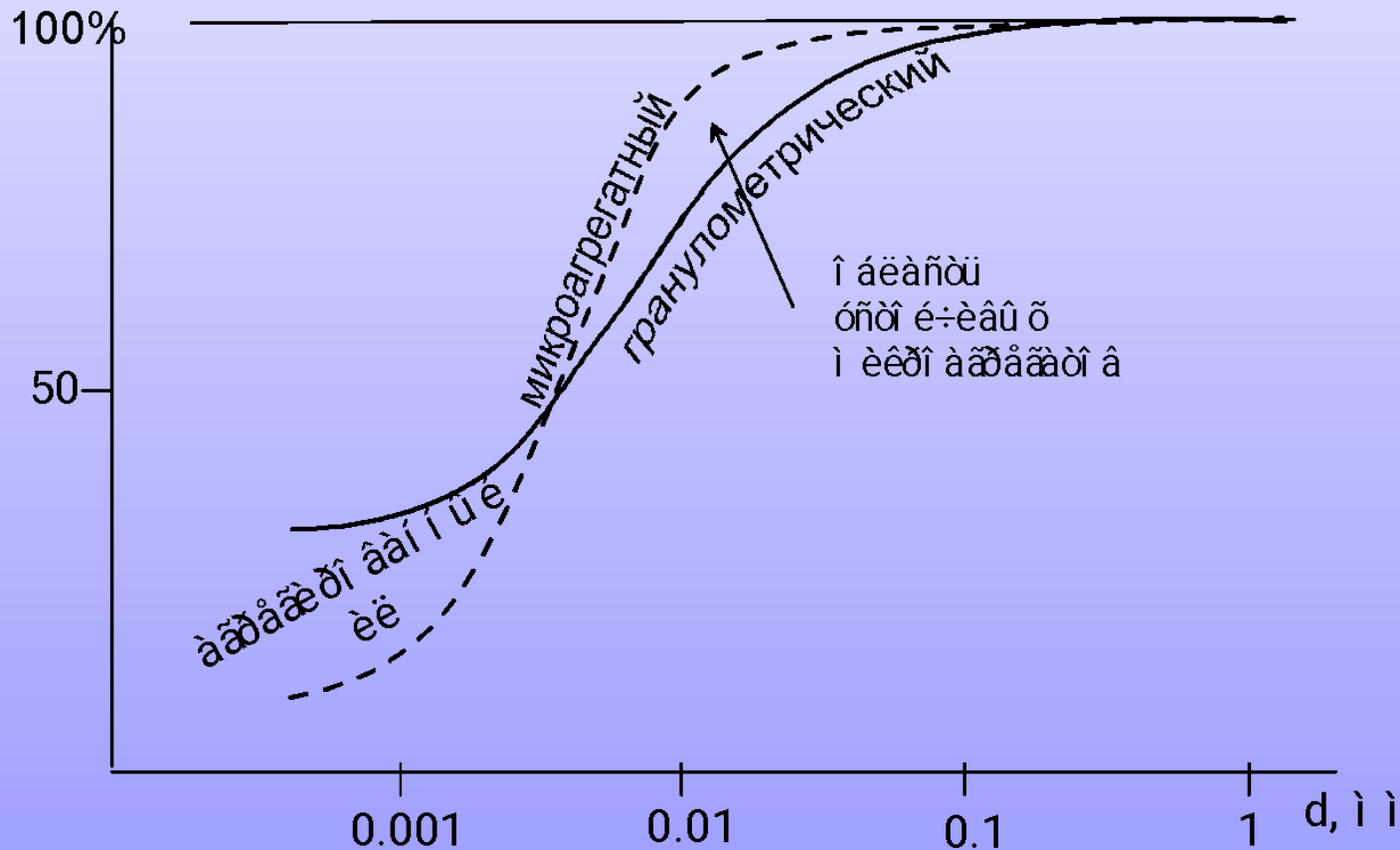
Итак, 3 основные фракции (в большинстве зарубежных классификаций)

- Песок (sand) - >0.05 мм
- Пыль (silt) – $0.05-0.002$ мм
- Глина (clay) - <0.002 мм

Гранулометрические фракции (по Н.А.Качинскому)



Кумулятивные кривые гранулометрического и микроагрегатного составов



Переход от российской к международным классификациям

- Осуществить графическую интерполяцию кумулятивной кривой гранулометрического состава;
- Определить содержание фракций по зарубежной классификации, т.е. <0.002 (глина), $0.002-0.05$ (пыль) и $0.05-2$ мм (песок).
- Зная содержание глины, пыли и песка, по треугольнику найти соответствующие название почвы по гранулометрии.

Надо запомнить (это важно!):

- Российская классификация – двучленная (физические глина <0.01 мм и песок >0.01 мм) и учитывает тип почвообразования, а зарубежные – трёхчленные (глина <0.002 мм, пыль $0.002-0.05$ и песок $0.05-2$ мм) и не учитывают тип почвообразования.

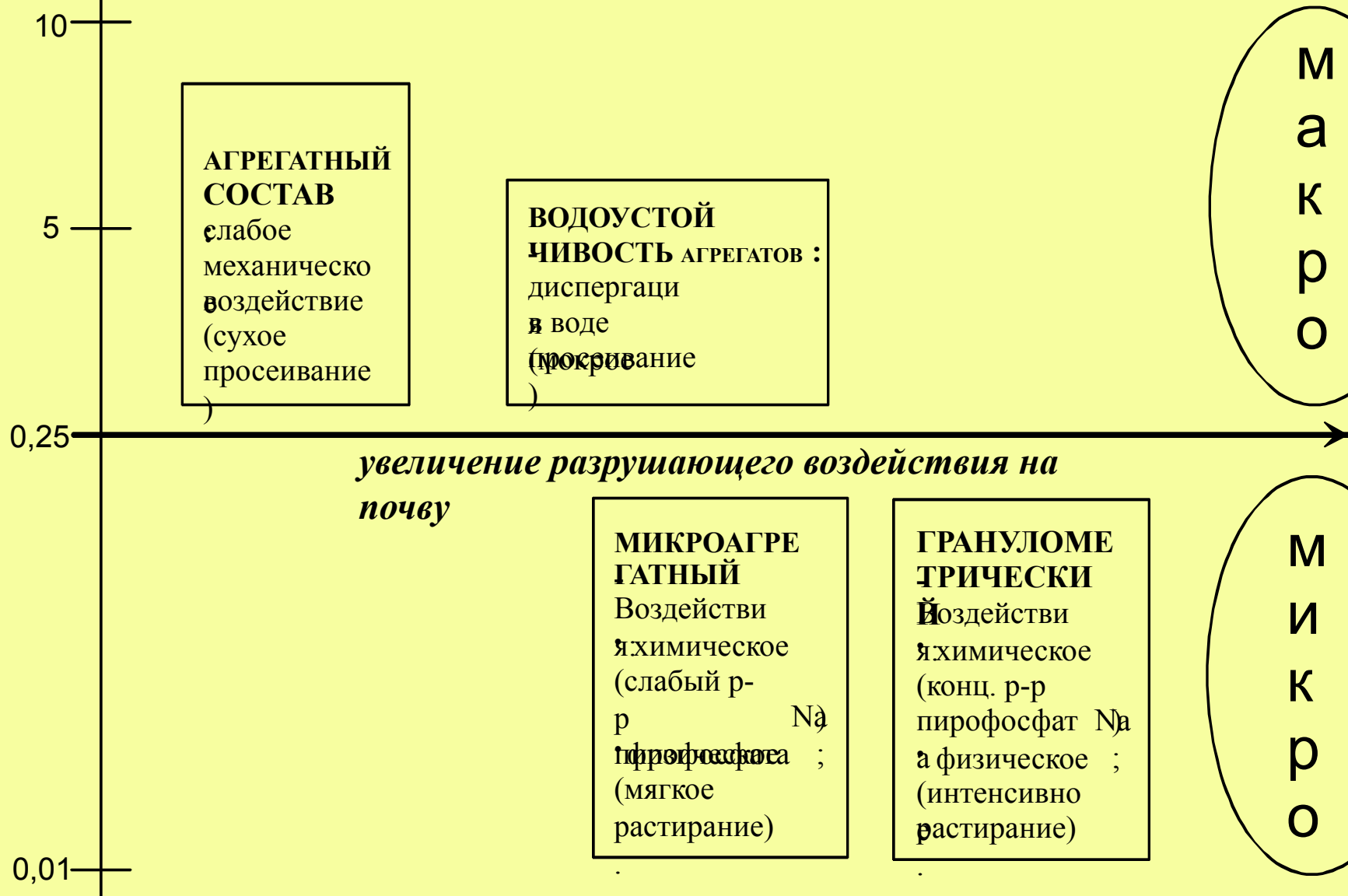
Утяжеление гранулометрического состава ведёт к увеличению общего удельного поверхностного заряда почвы

(определяется площадью удельной поверхности почвы и поверхностной плотностью заряда).

- Увеличение содержания органического вещества обычно ведёт к снижению поверхностной энергии.
- *В случае его гидрофильности – фактор дополнительного возрастания поверхностной энергии, увеличивается диапазон усадки-набухания и проявляется СЛИТОСТЬ.*

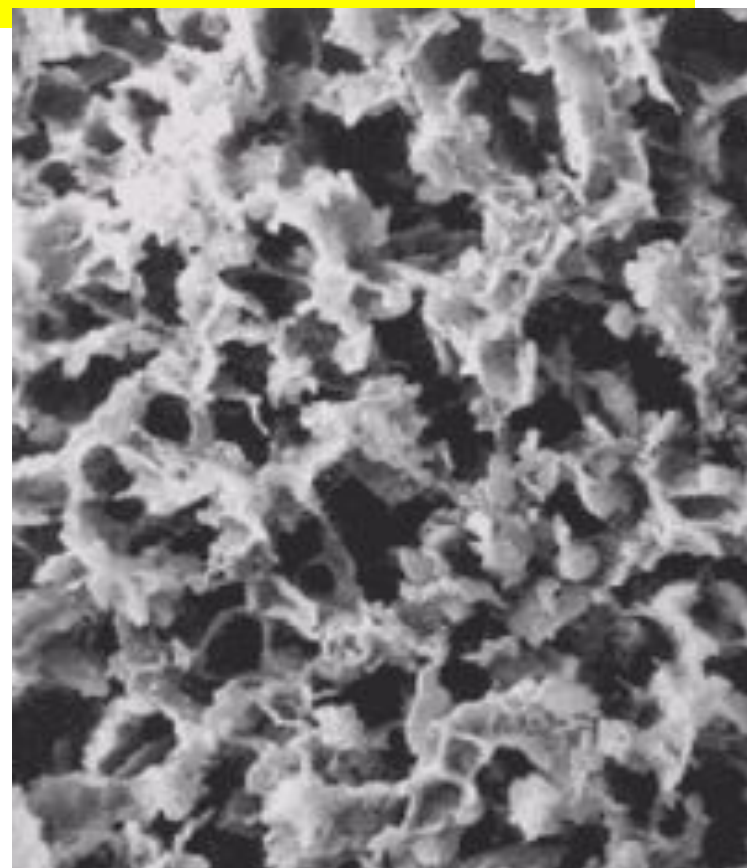
Анализы твёрдой фазы почвы

Диаметр частиц,
мм



Удельная поверхность

Удельная поверхность является одним из параметров, определяющих химическую активность почв, так как с увеличением дисперсности частиц их химическая активность возрастает.



дерново-подзолистые 29 м²/г
серые лесные 33 м²/г
чернозёмы 48 м²/г

- РЭМ-фотография образца илистой фракции с ячеистой микроструктурой; увеличение 2000

Поверхность удельная почвы

- — суммарная поверхность всех частиц п., отнесенная к 1 г или 1 см³ последней.
- Чаще всего выражается в м²/г или м²/см³.
- *Толковый словарь по почвоведению. — М.: Наука. Под редакцией А.А. Роде. 1975*

Под удельной поверхностью

- понимают суммарную
поверхность всех частиц
почвы.

- Общая удельная
поверхность включает
внешнюю и
внутреннюю

Внешняя поверхность

- обусловлена геометрической неоднородностью поверхности почвенных частиц, проявляющейся в наличии выступов и изломов, а также различных полостей и трещин, глубина которых меньше их ширины.

Внутренняя поверхность

- включает поверхности стенок всех трещин и полостей, глубина которых больше их ширины, но преимущественно обусловлена поверхностью межпакетных пространств минералов с расширяющейся кристаллической решеткой.

- Удельная поверхность играет важную роль в формировании почвенного плодородия, поскольку многие процессы, протекающие в почвах, во многом обусловлены величиной и свойствами поверхности их твердой фазы, её геометрической и энергетической неоднородностью.
- Поверхность почвенных частиц — это место взаимодействия почвы с корнями растений и микроорганизмами.

С величиной и качеством удельной поверхности почвенных частиц связаны явления поглощения минеральных и органических веществ, газов, парообразной и жидкой влаги, характер миграционных процессов, физические и технологические свойства. Величина удельной поверхности зависит от степени дисперсности почвенных частиц (табл. 70).

**70. Удельная поверхность элементарных почвенных частиц
в темно-каштановой тяжелосуглинистой почве (по А. Д. Воронину)**

Горизонт	Глубина, см	Удельная поверхность частиц, м ² /г, при размере фракций, мм			
		0,05...0,01	0,01...0,005	0,005...0,001	менее 0,001
A ₁	2...25	2	8	36	238
B ₁	26...35	1	3	14	254
C	180...200	1	3	2	206

Дезинтеграция или диспергирование компонентов твердой фазы почвы сопровождается переходом ее в более активное состояние, поскольку увеличивается общая поверхность твердой фазы в единице ее массы или объёма, а вместе с ней возрастает и поверхностная энергия.

Это способствует более активному взаимодействию почвы с окружающей средой. По этой причине наблюдается довольно тесная взаимосвязь между удельной поверхностью почв и их гранулометрическим составом.

Чем тяжелее гранулометрический состав почвы, тем выше величина удельной поверхности.

Существенно влияет на величину удельной поверхности и минералогический состав почвы. Так, у каолинита, имеющего нерасширяющуюся кристаллическую решетку, общая удельная поверхность составляет 10 м²/г.

У минералов с подвижной кристаллической решеткой общая удельная поверхность благодаря наличию внутренней поверхности гораздо выше и доходит у вермикулита до 400 м²/г, у смектитов - до 800 м²/г.

Большую величину удельной поверхности имеют аллофаны (700-900 м²/г).

Почвы различных типов заметно отличаются друг от друга величиной удельной поверхности. Она изменяется и в пределах профиля отдельно взятой почвы (табл. 71).

71. Удельная поверхность почв различных типов (по В. Г. Витязеву)

Почва	Горизонт	Содержание частиц менее 0,01 мм, %	Удельная поверхность, м ² /г		
			общая	внешняя	внутренняя
Дерново- сильноподзолистая (Московская обл.)	A ₁	30,3	51	25	26
	A ₁ A ₂	26,1	34	15	19
	A ₂	20,4	28	11	17
	B	52,9	117	62	55
Чернозем обыкновенный (Воронежская обл.)	A ₁	64,3	178	105	73
	B ₁	71,6	160	79	81
	B ₂	56,9	128	90	38
	B ₃	55,7	127	87	40
Солонец средний, столбчатый (Волгоградская обл.)	A ₁	45,9	76	43	33
	B ₁	66,5	164	98	66
	B ₂	50,1	122	87	35
	C	37,7	88	62	26

Процесс почвообразования, сопровождающийся элювиально-иллювиальным перераспределением компонентов твердой фазы почвы, приводит к такому же изменению величины удельной поверхности в пределах почвенного профиля.

Это отчетливо проявляется в солонце и дерново-подзолистой почве.

Гумусовоаккумулятивный процесс, свойственный черноземам, ведет к увеличению удельной поверхности в верхних горизонтах почвы.

Удельная поверхность возрастает и при развитии оглеения,
тогда как при подзолообразовательном процессе ее величина снижается, особенно резко в оподзоленных горизонтах.

Показатели удельной поверхности используют для качественной оценки почвенных новообразований, особенно органо-минеральной природы, быстрого ориентировочного определения содержания минералов с разбухающей кристаллической решеткой, для расчета давления почвенной влаги.

С помощью этих показателей можно получить представление об особенностях почвообразовательного процесса и степени однородности почвенного профиля.

Сапожников, Пётр Михайлович.

**УДЕЛЬНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ПОЧВЫ, ЕЁ
ИЗМЕНЕНИЕ ПРИ
ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ
И СВЯЗЬ С ФИЗИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ :**

автореферат дис. ... кандидата

биологических наук : 06.01.03 / Сапожников

Пётр Михайлович; [Место защиты:

Московский ордена Ленина и ордена

Трудового Красного Знамени

государственный университет им. М. В.

Павлова; Москва, 1983. 88 с.

Как известно, каждый почвенный тип имеет свой тепловой режим, то есть имеет свою суточную теплоаккумуляцию, зависящую от цвета, гранулометрического, минералогического составов, плотности, пористости, степени увлажнения и т.д.. Представлено изучение влияния влажности и удельной поверхности на температуропроводность почв.

Коэффициент температуропроводности, то есть скорость передачи температуры в почве, определяли по методу регулярного режима Г.М. Кондратьева. Для установления величины удельной поверхности почв использовали данные, содержащиеся в работе Мичурина, Лытаева, где удельная поверхность определяли с помощью метода М. Кутилека.

Исследования проводились в юго-восточной части Большого, Малого Кавказа и в южной части полосы предгорий и невысоких гор Ленкоранской области Азербайджана на горно-луговых черноземовидных, горно-черноземовидных, горно-лесных желтоземных, желтоземно-глеевых, горно-лесно-бурых, горно-коричневых, серо-коричневых, лугово-болотных почвах.

Результаты экспериментальных исследований показывают, что почва является довольно чувствительной к почвенной влажности, так как от воздушно-сухого состояния до величины максимальной гигроскопичности температуропроводность резко возрастает, затем темп роста температуропроводности замедляется и в дальнейшем с увеличением влажности температуропроводность уменьшается. В результате многочисленных исследований также было выявлено, что с возрастанием удельной поверхности почв уменьшается температуропроводность.

Высокодисперсные системы с большой удельной поверхностью представляют собой предмет рассмотрения коллоидной химии. Поэтому поверхностные явления играют большую роль во всех процессах, протекающих в коллоидных системах. Так, в частности, многие коллоиды термодинамически неустойчивы. Коагуляции их препятствуют находящиеся на коллоидных частицах слои.

Своей активностью коллоидная фракция обязана в основном. очень малому размеру частиц по отношению к их массе. Благодаря большой удельной поверхности поведение частиц этой фракции определяется главным образом электростатическими зарядами на их поверхностях, которые способствуют развитию сил притяжения и отталкивания между отдельными частичками. Особенно активными коллоидами являются глинистые минералы. Это объясняется как формой (мельчайшие кристаллические пластинки или пакеты таких пластинок), так и молекулярным строением частиц, что приводит к образованию сильных отрицательных зарядов на их базальных поверхностях и положительных зарядов на ребрах. Взаимодействие между этими противоположными зарядами при низких скоростях течения сильно влияет на вязкость глинистых буровых растворов и является причиной обратимого структурообразования, когда раствор находится в состоянии

Гапон Е. Н. Удельная
поверхность почвенного гумуса.
Коллоид, журн. , 9, 330, 1947

Удельную поверхность пористых сред в водной среде обычно определяют **МЕТОДОМ адсорбции красителей** или методом поверхностного обмера при помощи радиоактивных индикаторов.

Площадь поверхности минералов $S_{уд}$ при этом рассчитывают по числу молекул радиоактивного индикатора, поглощенных пористой средой, и по площади, приходящейся на один атом данного радиоактивного вещества на поверхности кристалла:

Удельная поверхность

активированного угля равна 1000м^2 .

Вычислить, сколько граммов фосгена COCl_2 поглощается 10м^2 угля, если 1г его адсорбирует 440 мл газа при нормальных условиях.

$$1000\text{м}^2 \text{ -- } 1 \text{ г}$$

$$10\text{м}^2 \text{ -- } x \text{ г}$$

$$x = 0,01\text{г}$$

$$1\text{г} - 0,44\text{л}$$

$$0,01\text{г} - y \text{ л}$$

$$y = 0,0044 \text{ л фосгена; } n(\text{COCl}_2) = 0,0044\text{л} / 22,4\text{л/моль} = 0,0002\text{моль}$$

$$m(\text{COCl}_2) = n \cdot M = 0,0127(\text{г})$$

В настоящее время применяется в основном два метода определения удельной поверхности порошков: адсорбционный, основанный на адсорбции красителя поверхностью частиц порошков, и аэродинамический, основанный на измерении количества газа, проходящего через пробу порошка при определенных условиях.

Адсорбционный метод применим в основном для определения удельной поверхности порошков тугоплавких металлов. В качестве красителя чаще всего применяется метиленовая синь. Навеска порошка обрабатывается раствором красителя и количество адсорбированного красителя определяется колориметрически.

Количество адсорбированного красителя, отнесенное к единице веса или объема исследуемого порошка, прямо пропорционально его удельной поверхности.

Аэродинамический метод имеет несколько разновидностей. Сущность этого метода заключается в измерении сопротивления, которое оказывает слой испытуемого материала проходящему потоку газа (чаще всего воздуха) при атмосферном давлении.

**ПОВЕРХНОСТЬ УДЕЛЬНАЯ МОРСКИХ
ОСАДКОВ** — суммарная поверхность частиц,
слагающих 1 см³ или 1 г осадка. Определяет
сорбционные свойства осадков как дисперсной
системы.

сапропели

Физические режимы почв



к.б.н., доцент
О.В.Романов

**11 февраля
2021 года**