

Общие физические и физико-химические свойства почвы



- **Цель лекции:** дать представление о физических свойствах почвы и их влиянии на развитие плодородия и почвообразовательного процесса, значение и роль почвенной структуры, агрономическое значение структуры для свойств почв и их режимов почв.
- **Рассматриваемые вопросы:** Общие физические свойства: плотность твердой фазы (удельная масса), плотность сложения (объемная масса), общая порозность, порозность аэрации, оценка общей порозности. Структурность почвы и ее значение. Оценка структурности почвы. Общие физические свойства: плотность, порозность. Физико-механические свойства: пластичность, липкость, набухание, вязкость, удельное сопротивление. почвы и почвенную биоту., Влияние физических свойств на плодородие почвы и почвенную биоту.
- **Ключевые слова:** *пластичность, липкость, набухание, вязкость, плотность, пластичность.*

- К их числу относят плотность почвы, плотность ее твердой фазы и пористость.

Почва, как физическое тело, состоит из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной. Твердая фаза представлена минеральными и органическими веществами, жидкая - почвенным раствором, газообразная - почвенным воздухом.



Плотность твердой фазы почвы- отношение массы ее твердой фазы к массе воды в том же объеме при 4 С. Это средняя истинная удельная масса смеси минеральных и органических элементарных частиц, слагающих почвы. Она определяется по формуле $d=m/M$, где m – масса твердого тела, M – масса равного объема воды.

Удельная масса органических и минеральных веществ, составляющих почву, г/см³

Вещество	Удельная масса	Вещество	Удельная масса
Сухое органическое вещество	0,2-0,5	Анортит	2,75-2,76
Торф	0,5-0,8	Кварц	2,50-2,80
Гумус	1,3-1,4	Оливин	3,27-3,37
Монтмориллонит	2,1	Гипс	2,30-2,33
Каолинит	2,60-2,63	Галит (NaCl)	2,1-2,6
Слюда	2,80-3,20	Лимонит	3,6-4,05
Ортоклаз	2,50-2,60	Магнетит	5,16-5,18

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

Плотность твердой фазы почвы — отношение массы ее твердой фазы к массе воды в том же объеме при 4 °С.

Ее величина определяется соотношением в почве компонентов органических и минеральных частей почвы. Для органических веществ (сухой опад растений, торф, гумус) плотность твердой фазы колеблется от 0,2—0,5 до 1,0—1,4, а для минеральных соединений — от 2,1—2,5 до 4,0—5,18 г/см³. Для минеральных горизонтов большинства почв плотность твердой фазы колеблется от 2,4 до 2,65 г/см³, для торфяных горизонтов — от 1,4 до 1,8 г/см³.

- Плотность твердой фазы (относительная плотность) - это отношение массы твердой фазы почвы к массе воды в том же объеме при температуре 4°C. Различные типы почв имеют неодинаковую плотность твердой фазы. Обычно для минеральных почв она колеблется в пределах 2,4 - 2,8 г/см³; бедные органическим веществом дерново - подзолистые почвы имеют плотность твердой фазы 2,6 - 2,7, черноземы обыкновенные - 2,4 - 2,7, торфяники - 1,4 - 1,8 г/см³.

- Плотность сложения почвы (объемная масса) - масса единицы объема абсолютно сухой почвы, взятой в естественном сложении, выраженная в г/см³. Плотность минеральных почв колеблется от 0,8 до 1,8 г/см³, целинных верховых болотных - от 0,04 до 0,08 г/см³, старопахотных низинных торфяно - болотных - от 0,2 до 0,3 г/см³; почвы с небольшим содержанием гумуса имеют плотность 1,3 - 1,6 г/см³, нижние почвенные горизонты плотного сложения - 1,6 - 1,8 г/см³.

Плотность сложения почвы — масса единицы объема абсолютно сухой почвы, взятой в естественном сложении. Так же как и плотность твердой фазы ее выражают в г/см³. Плотность почвы зависит от минералогического и механического состава, структуры почвы и содержания органического вещества. Большое влияние на плотность оказывает обработка почвы и воздействие движущейся по поверхности почвы техники. Наиболее рыхлой почва бывает сразу после обработки, затем она постепенно уплотняется и через некоторое время ее плотность приходит в состояние равновесной, т. е. мало изменяющейся (до следующей обработки). Верхние горизонты почв, содержащие больше органического вещества, лучше оструктуренные, подвергающиеся рыхлению при обработке, имеют более низкую плотность (таблица 1)

Почва и угодья	Генети- ческий гори- зонт	Глубина, см	Плот- ность г/см³	Плот- ность твердой фазы г/см³	Общая пористость, % объема почвы
Дерново-сильноподзолистая легко-суглинистая на моренных отложе-ниях; целина, злаково- разнотрав-ная ассоциация	A1	5-15	1,23	2,25	51,2
	A2	22-32	1,29	2,62	50,8
	B1	64-74	1,66	2,67	37,8
	C	104-114	1,72	2,71	36,5
Дерново-сильноподзолистая легко-суглинистая на моренных отложе-ниях; пашня, занятая пропашными	Ап	0-27	1,14	2,53	54,9
	A2	36-46	1,57	2,63	40,3
	B1	60-70	1,62	2,69	39,8
	B2	74-84	1,79	2,69	33,5
Чернозем обыкновенный средне-мощный тяжелосуглинистый на лессовидных отложениях; целина, типчаково-ковыльно- разнотравная ассоциация	A1	2-12	1,15	2,55	54,9
	A1	12-22	1,17	2,58	54,7
	B1	30-40	1,31	2,65	50,6
	B2	57-67	1,37	2,68	48,9
	Bк	87-97	1,51	2,72	55,5
Тоже, пашня, занятая яровыми	Ап	1-10	1,09	2,58	57,8
	Ап	10-20	1,11	2,60	57,3
	B1	29-39	1,28	2,60	51,9
	B2	54-64	1,41	2,70	47,8
	Bк	86-96	1,53	2,73	44,0

- Плотность почвы зависит от минерального и механического состава, содержания органических веществ, структурности и сложения. После механической обработки почва имеет наименьшую плотность, а затем начинает уплотняться. По истечении определенного срока (разного для разных типов почв) плотность достигает практически постоянного значения. Эту величину называют равновесной плотностью.

Плотность почвы сильно влияет на поглощение влаги, газообмен в почве, развитие корневых систем растений, интенсивность микробиологических процессов. Оптимальная плотность пахотного горизонта для большинства культурных растений - 1,0-1,2 г/см³. Оценка плотности пахотного слоя приведена в таблице 2.

Таблица 2

Плотность, г/см³	Оценка	Плотность, г/см³	Оценка
<1,0	Почва вспущена 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)



Пористость (или скважность) почвы — суммарный объем всех пор между частицами твердой фазы почвы. Выражают в процентах от общего объема почвы и вычисляют по показателям плотности сложения почвы (d_u) и плотности твердой фазы (d):

$$P_{\text{общ}} = (1 - d_u : d) \times 100\%$$

Пористость зависит от механического состава, структурности, деятельности почвенной фауны (черви, насекомые и др.), содержания органического вещества, в пахотных почвах от обработки и приемов окультуривания почвы.

Поры в почве образуются между отдельными механическими элементами, агрегатами и внутри агрегатов. Различают общую пористость, капиллярную и некапиллярную. Поры могут быть заполнены водой и воздухом. Поэтому также различают поры, занятые рыхлосвязанной водой, заполненные прочносвязанной водой и занятые воздухом (поры аэрации).

- Пористость - суммарный объем всех пор и промежутков между частицами твердой фазы почвы. Общую пористость определяют по разности между общим объемом почвы и объемом твердой фазы почвы.

В зависимости от размера пор различают капиллярную и некапиллярную пористость.

Капиллярная пористость равна объему капиллярных промежутков почвы, некапиллярная - объему межагрегатных пор.

Сумма капиллярной и некапиллярной пористости составляет общую пористость.

Пористость почвы зависит от структурности, плотности, механического и минерального составов почвы.

- Деление пористости на капиллярную и некапиллярную не охватывает всего многообразия форм пор в почве. Так, Н. А. Качинский подразделяет пористость на такие формы, как общая пористость; пористость агрегатов; межагрегатная пористость; капиллярная пористость; поры, заполненные прочносвязанной водой; поры, заполненные рыхлосвязанной водой; поры, занятые воздухом. Кроме того, он делит поры на активные и неактивные. В активных порах находится капиллярная и гравитационная вода, воздух и почвообитающие организмы. Неактивные поры (наиболее мелкие, от нескольких микрон до долей микрона) содержат прочно - и рыхлосвязанную воду.

- Наиболее благоприятное в агрономическом понятии соотношение пористости наблюдается в черноземе: общая пористость 58 - 64%, пористость отдельных агрегатов 38 - 40 %, поры, занятые воздухом, до 20 - - 27 %, неактивные поры меньше 10 %.



Как видно из таблицы 3, общая пористость имеет наивысшие показатели в верхних горизонтах (в среднем около 50—55 %) и заметно снижается в нижележащих. Она выше в суглинистых и глинистых почвах. Оценка пористости почв приведена в таблице 3.

Таблица 3 - Оценка пористости почв

Общая пористость в вегетационный период для суглинистых и глинистых почв, %	Качественная оценка пористости	Общая пористость в вегетационный период для суглинистых и глинистых почв, %	Качественная оценка пористости
<p>> 70 65 – 55 55 - 50</p>	<p>Почва вспушена – избыточно пористая Культурно-пахотный слой – отличная Удовлетворительная для пахотного слоя</p>	<p>< 50 40 - 25</p>	<p>Неудовлетворительная для пахотного слоя Характерна для уплотненных иллювиальных горизонтов – чрезмерно низкая</p>

Некапиллярные поры обеспечивают водопроницаемость, воздухообмен; капиллярная пористость создает водоудерживающую способность почвы, т. е. от ее значения зависит запас доступной влаги для растений.

Для создания устойчивого запаса влаги в почве при одновременном хорошем воздухообмене (аэрации) необходимо, чтобы некапиллярная пористость составляла 55—65 % общей пористости. Если она меньше 50 %, то это приводит к ухудшению воздухообмена и может вызвать развитие анаэробных процессов в почве. В агрономическом отношении важно, чтобы почвы имели наибольшую капиллярную пористость, заполненную водой и одновременно пористость аэрации не менее 15 % объема в минеральных и 30—40 % в торфяных почвах.

Для расчета массы заданного слоя в 1 га пользуются формулой: $M = h \times 10000 \times d_1$, где M – масса слоя почвы, т; h – мощность слоя, м; d_1 – объемная масса, x – умножение.

Запас воды в определенном слое на 1 га рассчитывается по формуле:

$Z_m = m \times d_1 \times h \times 10000$, Z_m – запас воды в слое, м³/га, m – средняя для слоя влажность, %; h – мощность слоя, м; d_1 – объемная масса, x – умножение.

- Способность почвы распадаться на агрегаты называется *структурностью*, а совокупность агрегатов различной величины, формы и качественного состава называется *почвенной структурой*. Качественная оценка структуры определяется ее размером, пористостью, механической прочностью и водопрочностью.
- Устойчивость структуры к механическому воздействию и способность при увлажнении определять сохранение почвой благоприятного сложения при многократных обработках и увлажнении. При отсутствии этих качеств структура почвы быстро разрушается. Агрономическое значение структуры заключается в положительном ее влиянии на свойства и режимы почв: физические свойства – пористость, плотность сложения; водный, воздушный, тепловой. Микробиологический и питательный режимы; физико-механические свойства – связность, удельное сопротивление при обработке, устойчивость почв к эрозии.

Таблица 3

Содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое дерново-подзолистой суглинистой почвы и количество воды, прошедшей через агрегаты размерами 2 – 3 мм.

<p>Культура</p>	<p>Количество водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм, %</p>	<p>Количество воды, прошедшей через почвенные агрегаты размером 2- за 30 ч опыта на приборе Фадеева-Вильямса, см³</p>
<p>Старопашка Клевер+тим офеевка 2-го года пользования</p>	<p>32,7 54,2</p>	<p>1285 5740</p>

- Агрономически и мелиоративно ценными структурными агрегатами являются комковато-зернистые, устойчивые к воде, состоящие из комплекса первичных механических элементарных частиц. Наиболее ценными структурными агрегатами считаются отдельности диаметром 1-5-10 мм.
- *Макроструктурными* агрегатами называются отдельности диаметром больше 0,25 мм. Их количество, соотношение и размеры определяются с помощью просеивания сухой почвы через систему сит.
- *Микроструктурными* агрегатами называются отдельности с диаметром 0,25-0,001 мм. Общее содержание и соотношение микроагрегатов по фракциям определяется методом микроагрегатного анализа по скорости оседания микроагрегатов после всмучивания в воде. Весовое процентное содержание в почве структурных агрегатов больше 0,25 мм – важный показатель структурности почв. Отдельности диаметром частиц <0.001 мм не считаются структурными, они придают почве отрицательные агрономические свойства.
- В формировании макроструктуры почвы различают два основных процесса: механическое разделение почвы на агрегаты и образования прочных отдельных агрегатов. указанные процессы протекают под воздействием физико-химических, химических и биологических факторов структурообразования.
- Структура почвы динамична. Она разрушается и восстанавливается под влиянием различных факторов. Причины утраты структуры:
 - механическое разрушение, физико-химические явления и биологические процессы. Большое влияние на структурирование почвы оказывают органические удобрения. Минеральные удобрения.

Физико - механические свойства почвы

К наиболее важным из них относятся:
*пластичность, липкость, твердость, связность,
набухание, усадка и сопротивление при обработке.*



- *Пластичность* - способность влажной почвы изменять свою форму под действием внешних сил и сохранять новую форму после прекращения действия этой силы неопределенно долго. Пластичность имеют только глинистые, суглинистые и частично супесчаные почвы во влажном состоянии. В переувлажненном состоянии почвы обладают текучестью.

- Пластичность характеризуется числом Аттерберга и разностью между значением влажности (% от массы абсолютно сухой почвы), при которой почва начинает течь (нижняя граница текучести), и наименьшим значением влажности, при которой почву можно раскатать в шнур (нижний предел пластичности). Эта разность называется числом пластичности. Чем оно больше, тем пластичнее почва.

При определенных навыках по пластичности влажной почвы можно определить ее механический состав в полевых условиях.

- Пластичность зависит от механического состава, состава коллоидных фракций, состава поглощенных катионов и содержания гумуса. Песчаные почвы имеют число пластичности 0 (т. е. непластичны), супесчаные 0 - 7, суглинистые 7 - 17, глинистые более 17. При высоком содержании гумуса пластичность снижается.

- **Липкость** - свойство влажной почвы прилипать к другим телам. Липкость почвы обуславливает прилипание ее к рабочим органам почвообрабатывающих орудий, что ухудшает качество обработки и увеличивает тяговое сопротивление. По липкости определяется физическая спелость почвы (почва перестает прилипать к почвообрабатывающим орудиям и начинает крошиться на комки). Нижний предел влажности для физической спелости у разных почв неодинаков. Он зависит от механического состава почвы, гумусированности и количества поглощенных оснований. Быстрее других поспевают песчаные и супесчаные почвы. Более гумусированные почвы поспевают для обработки раньше, чем почвы с меньшим содержанием гумуса.

- **Твердость** - сопротивление, которое оказывает почва проникновению в нее под давлением какого - либо тела. Высокая твердость - признак плохих физико-химических свойств почвы. Для обработки такой почвы требуются большие энергетические затраты. В твердую почву плохо проникает вода и воздух, что затрудняет прорастание семян и распространение корней и приводит к слабому развитию растений.

- Наибольшей твердостью обладают почвы тяжелого механического состава, бесструктурные и малогумусные, а также почвы, содержащие в поглощенном состоянии сухой натрий.



- **Связность** - способность почвы в сухом состоянии сопротивляться внешнему усилию (раздавливанию, сжатию, разрыву), стремящемуся разъединить почвенные частицы. Она зависит от механического состава, структуры, степени увлажнения и других факторов.

Наибольшей связностью обладают глинистые и особенно бесструктурные почвы, наименьшей – песчаные

- **Набухание** почвы – увеличение ее объема при впитывании воды. Набухание может вызвать неблагоприятные изменения в поверхностном слое почвы, так как частицы почвы могут быть настолько разделены пленками воды, что это приведет к разрушению агрегатов.



- **Усадка** - способность почвы уменьшать свой объем при высыхании и промерзании.

При сильной усадке в почве образуются многочисленные трещины, происходит разрыв корней растений, усиливается физическое испарение влаги.

- **Удельное сопротивление** - это усилие, затрачиваемое на подрезание пласта, его оборот и трение о рабочую поверхность. Удельным сопротивлением определяется сила тяги (P) при вспашке почвы: $P = K \cdot a \cdot L$, где K - удельное сопротивление; a - глубина пахоты, см; L - ширина захвата плуга, см. В зависимости от механического состава, физико - химических свойств и влажности удельное сопротивление почвы изменяется от 19,6 до 117,7 кПа (2,0 - 12,0 кг/см²).

- Состояние почвы, при котором она хорошо обрабатывается с наименьшими затратами тяговых усилий, называется *физической спелостью*. Это состояние определяется содержанием влаги, в зависимости от типа почв, от 60 до 90 % их полной влагоемкости.

- При обработке суглинистых и глинистых почв в спелом состоянии они легко крошатся на комки оптимального размера. При вспашке почвы в переувлажненном состоянии образуется сплошной пласт, разделывание которого при подсыхании сильно разрушает структуру почвы. Вспашка переувлажненной и пересохшей почвы ухудшает ее плодородие на несколько лет.

- Физические и физико-механические свойства пахотных почв улучшаются при посеве многолетних трав, внесении удобрений (особенно органических), известковании кислых почв и гипсовании солонцеватых почв и солонцов, а также при улучшении структуры почв, правильной и своевременной обработке, создании мощного однородного пахотного горизонта и других агротехнических приемах.

Заключение

- От физических и физико-химических свойств почв зависят рост и развитие растений. Общие физические свойства учитывают при оценке условий плодородия почвы и технологии возделывания сельскохозяйственных структур.

Вопросы для самоконтроля:

- 1. Дать понятия плотности, плотности твердой фазы и их агрономическую оценку.
- 2. Дать характеристику и определения физико-химических свойств почвы.
- 3. Что такое структура почвы и в чем особенности ее оценки в морфологическом и агрономическом отношении.
- 4. Какие процессы определяют образование структуры, ее утрату и приемы восстановления
- 5. Роль структуры почвы в плодородии и свойств почвы.
- 6. Влияние физико-механических свойств почвы на агрономическую оценку.
- 7. Какие приемы регулирования свойств почвы?

Рекомендуемая литература:

- 1. Воронин А.Д. Основы физики почв. Изд-во МГУ, М.: 1986
- 2. Глазовская М.А. География почв с основами почвоведения МГУ, 1995
- 3. Белобров.В.П., и др. География почв с основами почвоведения. М. 2004
- 4. Вальков В.Ф. и др. Почвоведение. Учебный курс. Ростов – на – Дону. 2004.
- 5. Почвоведение. Под ред. Кауричева. М., 1989
- 6. Науменко А.А. курс лекций по географии почв с основами почвоведения. УЧ. пос, Алматы, 2002
-