

Лекция № 2.

Гранулометрический состав почв.
Органическое вещество почвы.

Рассматриваемые вопросы.

1. Гранулометрический состав почв и пород.
2. Значение гранулометрического состава почв и пород.
3. Органическое вещество почв.

Литература.

1. Ганжара Н.Ф. Почвоведение. – М.: Агроконсалт, 2001.
2. Почвоведение / Под редакцией И.С. Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1989.
3. Мамонтов В.Г., Панов Н.П., Кауричев И., С., Игнатъев Н.Н. Общее почвоведение.– КолосС, 2006. – 456 с.
4. Кирюшин В.И. Агрономическое почвоведение. – М.: КолосС, 2010. – 687 с.:

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ

Твердая фаза минеральных почв и почвообразующих пород состоит из частиц различного размера, которые называются *механическими элементами*.

Классификация механических элементов (Н.А. Качинский, 1965)

Название фракции	Размер, мм
Камни	> 3
Гравий	3 – 1
Песок: крупный средний мелкий	1 – 0,5 0,5 – 0,25 0,25 – 0,05
Пыль: крупная средняя мелкая	0,05 – 0,01 0,01 – 0,005 0,005 – 0,001
Ил: грубый тонкий	0,001 – 0,0005 0,0005 – 0,0001
Коллоиды	< 0,0001

- Частицы размером более 1 мм называют *почвенным скелетом*, менее 1 мм – *мелкоземом*.
- Отдельные фракции механических элементов заметно различаются по химическому и минералогическому составу, физико-химическим и водно-физическим свойствам.
- Общая закономерность заключается в том, что по мере уменьшения размера фракции в них снижается содержание кварца, увеличивается количество слюд и вторичных минералов, в первую очередь глинистых (табл.2).

Минералогический состав фракций механических элементов покровного суглинка (А.А. Роде, 1955)

Размер фракций механических элементов, мм	Содержание первичных минералов, %				
	Кварц	Полевые шпаты	Слюды	Роговые обманки	Прочие минералы
1-0,25	86	14	-	-	-
0,25-0,05	81	12	-	4	3
0,05-0,01	72	15	7	2	4
0,01-0,005	63	8	21	5	3
< 0,005	10	10	67	7	6

- Камни (> 3 мм) представляют собой обломки горных пород. Наличие камней в почве затрудняет ее эффективное использование, поскольку мешает работе сельскохозяйственных машин и орудий, ухудшает заделку семян и развитие растений. Каменистость почв оценивают в зависимости от содержания каменистого материала (табл. 4).

Классификация почв по каменистости (Н.А. Качинский, 1958)

Частиц > 3 мм, %	Степень каменистости	Тип каменистости
$< 0,5$	Некаменистая	Устанавливается по характеру скелетной части
$0,5 - 5,0$	Слабокаменистая	
$5 - 10$	Среднекаменистая	Почвы могут быть валунные, галечниковые, щебенчатые
> 10	Сильнокаменистая	

- Гравий (1 – 3 мм) – состоит из обломков первичных минералов. Высокое содержание гравия в почвах не препятствует обработке, но придает им малоблагоприятные свойства – провальную водопроницаемость, отсутствие водоподъемной способности, низкую влагоемкость, что оказывает отрицательное влияние на развитие сельскохозяйственных культур.

- Песчаная фракция (1 – 0,05 мм) – состоит из первичных минералов, прежде всего кварца и полевых шпатов. Обладает высокой водопроницаемостью, некоторой капиллярностью и влагоемкостью, не набухает, не пластична. Характеризуется крайне низкой поглотительной способностью. Для полевых культур пригодны пески с влагоемкостью не менее 10 %, для лесных культур не менее 3 – 5 %.

- Фракция крупной пыли (0,05 – 0,01 мм). По минералогическому составу приближается к песчаной, обладает невысокой влагоемкостью, не пластична, слабо набухает, имеет низкую величину удельной поверхности – 1-2 м²/г.

- Фракция средней пыли (0,01 – 0,005 мм). Характеризуется низкой величиной удельной поверхности – 2-10 м²/г, не способна к коагуляции и структурообразованию, не набухает. Вследствие повышенного содержания слюд обладает связностью и пластичностью, удерживает влагу, имеет плохую водопроницаемость.
- Почвы, обогащенные крупной и средней пылью, легко распыляются, склонны к заплыванию и уплотнению, отличаются слабой водопроницаемостью.

- Фракция мелкой пыли (0,005 – 0,001 мм). Состоит не только из первичных, но и вторичных минералов. В связи с этим обладает рядом свойств, не присущих более крупным фракциям: способна к коагуляции и структурообразованию, обладает поглотительной способностью, содержит повышенное количество гумусовых веществ. Удельная поверхность ее превышает 50 м²/г. Однако высокое содержание мелкой пыли в почвах в свободном, не агрегированном состоянии придает им ряд неблагоприятных свойств: плотное сложение, плохую водопроницаемость, чрезмерное набухание и усадку, липкость, трещиноватость, возрастает количество недоступной для растений влаги.

- Ил ($< 0,001$ мм) состоит преимущественно из высокодисперсных вторичных минералов. Их первичных минералов встречается кварц, ортоклаз, мусковит.
- Илистая фракция имеет большое значение в создании почвенного плодородия. Благодаря высокой удельной поверхности, достигающей $200 - 250$ м²/г, она играет главную роль в физико-химических процессах, протекающих в почве. Ил обладает высокой поглотительной способностью, содержит много гумуса, элементов зольного и азотного питания растений. Коллоидной части этой фракции принадлежит особо важная роль в структурообразовании и формировании почвенного поглощающего комплекса.
- Водно-физические и физико-механические свойства почв, обогащенных илистой фракцией, в значительной мере определяются ее способностью к коагуляции и склеиванию механических элементов в агрегаты. Эта способность зависит от минералогического и химического состава почвы, обогащенности ее гумусом, соединениями кальция и железа, от состава поглощенных катионов. Необратимая коагуляция илистой фракции способствует структурообразованию. Структурная почва даже при высоком содержании ила характеризуется благоприятными физическими свойствами.
- В ряде случаев высокое содержание ила негативно влияет на свойства почв. При развитии восстановительных процессов в результате переувлажнения, высоком содержании в ППК обменных ионов натрия или водорода, большом количестве минералов группы монтмориллонита в малогумусных почвах, значительная часть ила находится в свободном состоянии и легко пептизируется водой. Почвы, содержащие много водопептизируемого ила при увлажнении заплывают, содержат мало воздухоносных пор, характеризуются повышенной плотностью, набухаемостью и липкостью, низкой водопроницаемостью, склонны к коркообразованию.

Единая классификационная шкала почв по гранулометрическому составу

Содержание частиц размером < 0,01 мм, %	Основное наименование разновидностей	Дополнительное наименование по преобладающей фракции	Число разновидностей
0 – 5	Рыхлопесчаная	Песчаные и крупнопылеватые	2
5 – 10	Связнопесчаная		2
10 – 20	Супесчаная		2
20 – 30	Легкосуглинистая	Песчаные, крупнопылеватые, пылеватые, игловатые	4
30 – 40	Среднесуглинистая		4
40 – 50	Тяжелосуглинистая		4
50 – 65	Легкоглинистая		4
65 – 80	Среднеглинистая		4
> 80	Тяжелоглинистая	Пылеватые и иловатые	2

**Вся совокупность
органических компонентов в
пределах почвенного
профиля называется
органическим веществом
почвы.**

Состав органического вещества почв

По составу органическое вещество почв можно разделить на три части.

- 1. Источники гумуса – свежие, неразложившиеся вещества растительного и животного происхождения, ежегодно поступающие в почву в виде наземного и корневого опада растений, остатков животного происхождения, в том числе микроорганизмов, состоят из веществ неспецифической природы (белки, углеводы, лигнин и др.).
- 2. Детрит — промежуточные продукты разложения и гумификации источников гумуса, не связанные с минеральной частью почвы. Содержат много неспецифических веществ.
- 3. Гумусовые вещества специфической природы: гуминовые кислоты, фульвокислоты, гумин, связанные в различной степени прочности с минеральной частью почвы.

Исходя из функциональных свойств и способности к трансформации, в одну группу объединяют две первые части — *источники гумуса и детрит* — под общим названием **легкоразлагаемое (лабильное) органическое вещество**. В эту же группу входят и практически все виды внесенных в почву органических удобрений (различные виды навоза, компосты и др.).

Гумусовые вещества, как наиболее устойчивые к разложению, следует относить к **стабильной** (трудноразлагаемой) части органического вещества.

Гумусом называют сложный динамический комплекс органических соединений образующихся при разложении и гумификации органических остатков и продуктов жизнедеятельности живых организмов.

В составе гумуса различают промежуточные продукты распада и гумификации, неспецифические органические соединения и специфические гумусовые вещества.

Источники органического вещества почвы и их химический состав.

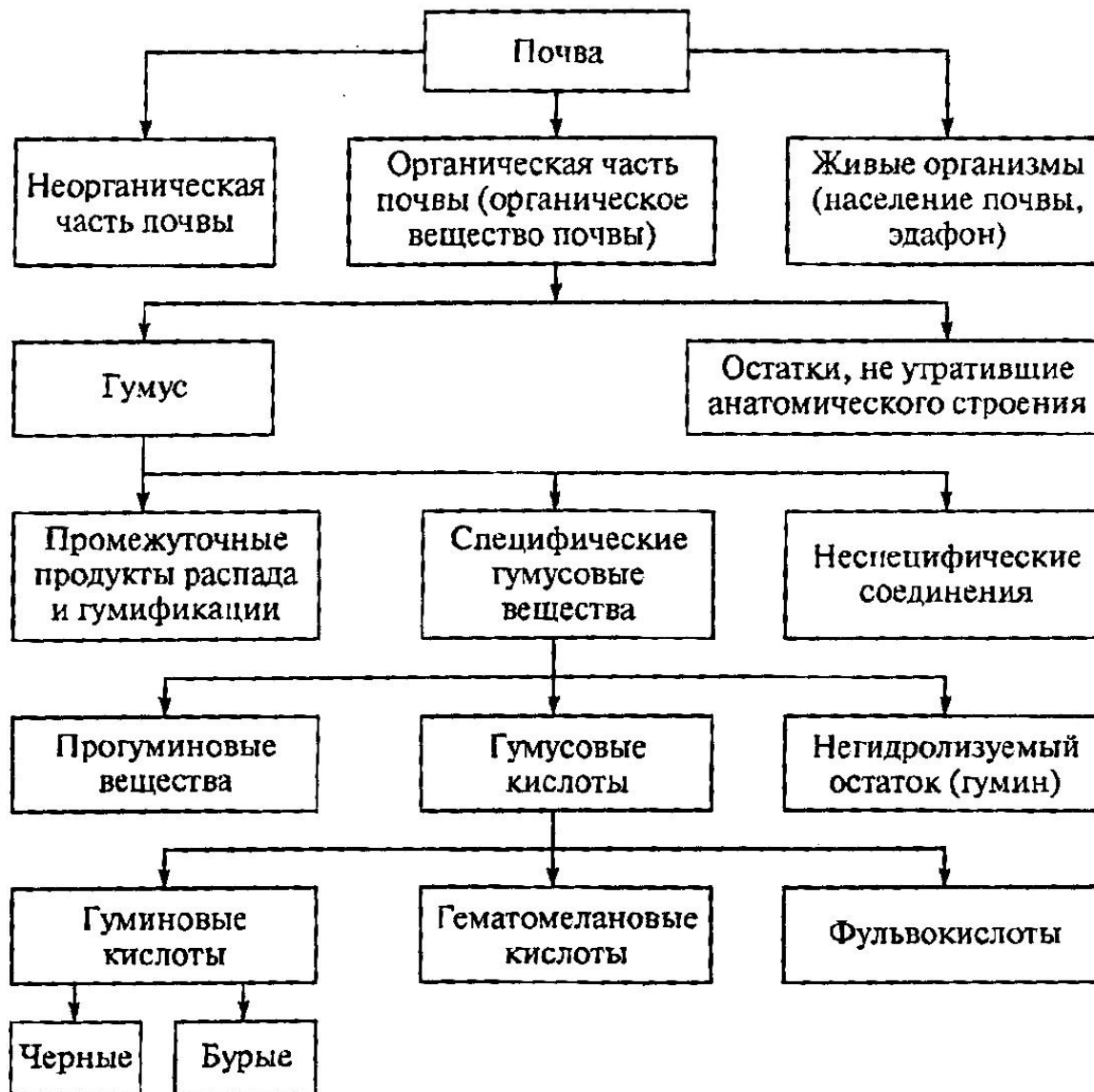
К потенциальным источникам относятся все компоненты биоценоза, которые поступают на поверхность почв или в толщу почвенного профиля после завершения жизненного цикла.

Главный источник органического вещества почвы в естественных ценозах - растительные остатки в виде наземного и корневого опада.

Растительный опад

Природная зона	т/га сух в-ва
тундра и пустыня	1-2
таежно-лесная зона	5-6
широколиственные леса	12-13
луговые степи	25
сухие степи	13-15
влажные леса тропического пояса	50-55

Система органических веществ почвы (Д.С. Орлов, 1985)



- Гумусовые вещества представляют собой гетерогенную, полидисперсную систему высокомолекулярных, азотсодержащих, ароматических органических соединений кислотной природы.

В их составе выделяют три группы: **гуминовые кислоты, фульвокислоты и гумин, или негидролизуемый остаток.**

- Качественное соотношение этих групп характеризует групповой состав гумуса.

Для отнесения органических соединений к классу **гумусовых кислот** необходимо сочетание следующих важнейших признаков:

- Содержание углерода в пределах 36-62 %, при обязательном содержании азота от 2 до 6 %.
- Наличие циклических фрагментов, содержащих 3-6 % гетероциклического азота.
- Наличие негидролизуемого азота в количестве 25-55 % от общего.
- Характер электронных спектров поглощения (при значениях длины волны 465 нм) порядка 0,01-0,1.

В составе гумусовых кислот различают

- гуминовые кислоты (Гк),**
- фульвокислоты (Фк) и**
- гиматомелановые кислоты (Гмк)**

Строение молекулы гуминовой кислоты

- **Ядро** молекулы состоит преимущественно из ароматических и гетероциклических соединений типа бензола, фурана, пиридина, нафталина и др.
- **Периферическую часть** формируют цепочки боковых радикалов, состоящие из углеводных, аминокислотных и углеводородных фрагментов, **соединенных** между собой углеродными, аминокислотными и другими цепочками и мостиками (-O-, -N-, -CH₂-, -C-C-) и образуют рыхлое сетчатое строение.
- **Функциональные** группы:
карбоксильные (COOH),
метоксильные (OCH₃),
карбонильные (CO),
аминогруппы (NH₂),
спиртовые и фенольные гидроксилы (OH)
и некоторые другие.

Сравнительная характеристика гумусовых КИСЛОТ

гуминовые кислоты (Гк)	фульвокислоты (Фк)
В сухом состоянии выделенные из почв препараты гуминовых кислот представляют собой порошок темно-бурого или черного цвета.	Сухие порошки фульвокислот бурого цвета, растворы в зависимости от концентрации имеют окраску от соломенно-желтой до оранжево-вишневой.
Хорошо растворимы в щелочах и нерастворимы в минеральных кислотах и воде.	Хорошо растворимы в кислотах, щелочах, воде и органических растворителях.
Из щелочного раствора Гк легко осаждаются водородом минеральных кислот, двух- и трехвалентными катионами: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} .	С железом и алюминием ФК образуют комплексные соединения, у которых металл входит в анионную часть молекулы.

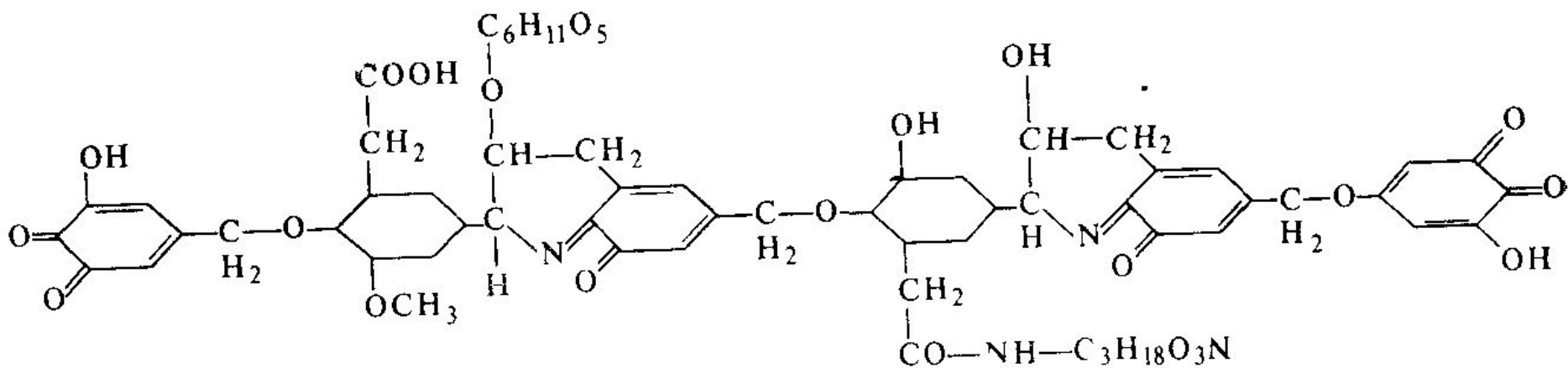
<p>Элементный состав Гк:</p> <p>С – 52-62 %</p> <p>Н – 3-6 %</p> <p>N – 2-6%</p> <p>О – 31-39 %</p> <p>Зольные элементы</p>	<p>Элементный состав Фк :</p> <p>С – 36-45 %</p> <p>Н – 3-6 %</p> <p>N – 2-6 %</p> <p>О – 40-50 %</p> <p>Зольные элементы</p>
<p>Молекулярные массы фракций по данным гель-хроматографии колеблются от 5000-6000 до - 400000-650000.</p> <p>Наиболее характерны молекулы размеры от 8000 до 20000</p>	<p>Молекулярные массы фракций по данным гель-хроматографии колеблются от 200 – 300 до 30000 – 70000</p> <p>Чаще всего Фк представлены фракциями с массами в пределах 4000 – 15000.</p>

Состав и свойства гуминовых кислот

- Значительная часть азота находится в труднодоступной для растений форме.
- Кроме того, в составе препаратов всегда содержится 1-5% зольных элементов (Si, Al, Fe, P и др.), даже после тщательной их очистки.
- Наличие функциональных групп обуславливает очень высокую емкость поглощения катионов (300-700 мг-экв на 100 г до 800-1000 мг-экв).
- По современным представлениям молекула Гк представляет собой подобие “рыхлой сетки” такое своеобразное строение, наличие пор в ассоциатах, обуславливает способность Гк к адсорбции воды и набуханию, которое может достигать 300–400 %.

- Водород функциональных групп способен замещаться на металлы. При этом образуются соли гуминовых кислот — гуматы.
- *Условно принимается, что ядро молекул обладает гидрофобными свойствами, а периферическая часть - гидрофильными.*

Строение молекулы гуминовой кислоты (по С.С. Драгунову и др., 1948)



Фульвокислоты

- — группа светло-окрашенных (от желтой до бурой) гумусовых кислот (креновые, апокреновые), сходных по составу и строению с гуминовыми кислотами.
- обладают большей подвижностью в почвенном профиле и агрессивностью по отношению к минеральной части почв.
- При взаимодействии фульвокислот с катионами образуются соли — **фульваты**.

Водные растворы фульвокислот обладают очень кислой реакцией (рН 2,6–2,8).

- *Гумины* (негидролизуемый остаток) — совокупность соединений гуминовых и фульвокислот, очень прочно связанных с минеральной частью почв.

Процессы трансформации органических остатков в почвах и образование гумусовых кислот

- Совокупность процессов трансформации органических веществ в почвах составляет процесс **гумусообразования**, который определяет формирование и эволюцию гумусового профиля (органопрофиля) почв.
- В число процессов входят: поступление в почву органических остатков, их разложение, минерализация и гумификация, минерализация гумусовых веществ, взаимодействие органических веществ с минеральной частью почвы, миграция и аккумуляция органических и органно-минеральных соединений.

Минерализация – распад органических остатков до конечных

продуктов – воды, углекислого газа и простых солей. В результате минерализации происходит сравнительно быстрый переход закрепленных в органических остатках различных элементов (N P, S, Ca, Mg, K, Fe и др.) в минеральные формы и потребление их новыми поколениями живых организмов.

Гумификация – совокупность биохимических и физико-химических процессов трансформации продуктов разложения органических остатков в особый класс органических соединений - гумусовые кислоты почвы.

Итог гумификации – закрепление органического вещества в почве в форме новых, устойчивых к микробиологическому разложению продуктов, служащих аккумуляторами огромных запасов элементов питания и энергии.

В зависимости от количественного соотношения группы гуминовых кислот и группы фульвокислот устанавливается тип гумуса почвы:

- гуматный – $C_{гк} : C_{фк} > 2$
- фульватно–гуматный – $C_{гк} : C_{фк} = 1–2$
- гуматно–фульватный – $C_{гк} : C_{фк} = 0,5–0,99$
- фульватный – $C_{гк} : C_{фк} < 0,5$

Роль органического вещества в генезисе и плодородии почв.

Функции, связанные с генезисом почвы, формированием ее морфологических признаков, вещественного состава и свойств.

1. Формирование специфического органопрофиля.
2. Агрегатообразование с участием гумусовых и глиногумусовых соединений. Взаимодействие гумуса с минералами и формирование микробиологически и термодинамически устойчивых структур.
3. Формирование сложения и влияние гумусовых веществ на водно-физические свойства почвы.
4. Формирование лабильных миграционноспособных соединений и вовлечение минеральных компонентов почвы в биогеохимический круговорот.
5. Формирование сорбционных, кислотно-основных и буферных свойств почвы.

2. Функции, связанные с прямым участием органических веществ в питании растений.

1. Источник элементов минерального питания высших растений (N, P, K, Ca, микроэлементов).
2. Источник органического питания для гетеротрофных организмов и влияние на биологическую и биохимическую активность почв.
3. Источник CO_2 в приземном слое воздуха и влияние на продуктивность фотосинтеза.
4. Источник биологически активных веществ в почве, оказывающих влияние на рост и развитие растений, мобилизацию питательных веществ и т. д. (природные ростовые вещества, ферменты, витамины и др.).

3. Санитарно-защитные функции органического вещества.

1. Ускорение микробиологической деградации пестицидов, каталитическое влияние на скорость разложения пестицидов.
2. Закрепление загрязняющих веществ в почвах (сорбция, комплексообразование и т. д.), снижение поступления токсикантов в растение.
3. Усиление миграционной способности токсикантов.

К основным мероприятиям по регулированию количества и состава гумуса относятся:

- систематическое внесение в почву достаточно высоких норм органических удобрений в виде навоза и торфяных компостов,
- применение зеленых удобрений (люпин, сераделла),
- травосеяние,
- известкование или гипсование регулирует реакцию почвы, что создает благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов, тормозит процессы разрушения и вымывания органических, органо-минеральных и минеральных веществ из почвы.
- мелиорация почвы коренным образом улучшает ее водно-воздушный режим и, следовательно, создает хорошие условия как для образования, так и для активного функционирования гумуса.

Гумусовое состояние почв зонального ряда