

Лекции к курсу  
«Почвоведение и география почв»  
Лекция 1

**Тема: Введение. Почва зеркало ландшафта. Роль и место почвы в биосфере.**

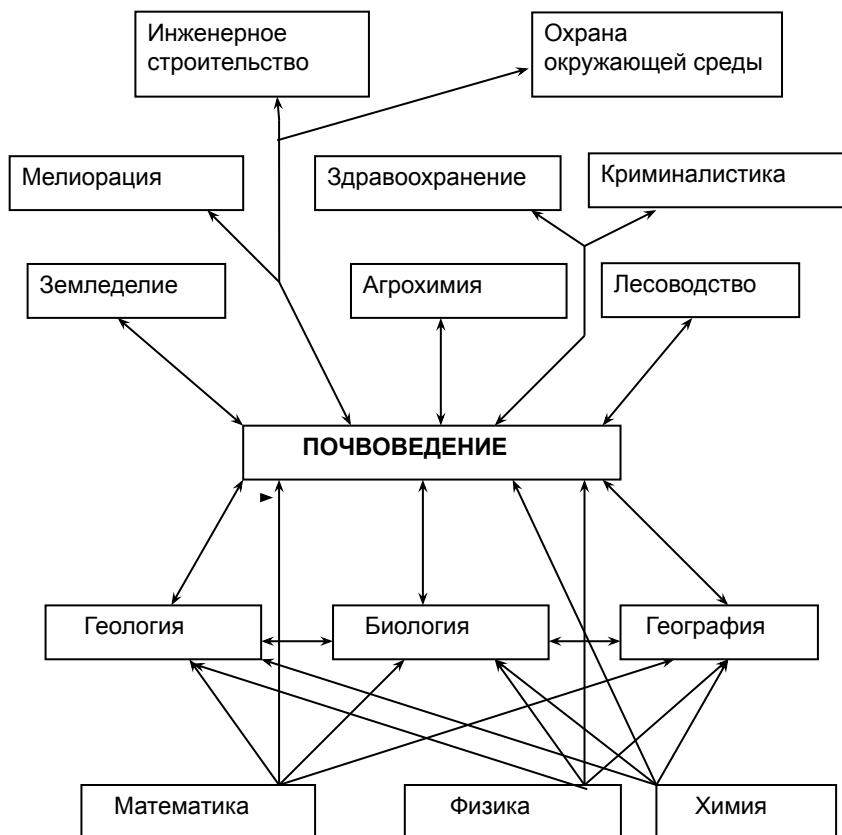
**Почвоведение** это наука о почве, ее строении, составе, свойствах и географическом распространении, закономерностях ее происхождения, развития, функционирования и роли в природе, путях и методах ее мелиорации, охраны и рационального использования в хозяйственной деятельности человека.

## Организационные вопросы курса

- Курс состоит:
- Лекции, контрольные работы — 2, практические занятия, допуск к экзамену, экзамен.
- **Литература:**
- Федоров А.С. Почвоведение и география почв. СПб. 2005
- Федоров А.С. Классификация почв. СПб. 2012
- Федоров А.С и др. География почв. СПб. 2013.
- Почвоведение. В 2-х частях. Под ред. В.А.Ковды, Б.Г. Розанова. М. 1988

- 
- Этапы развития почвоведения
- Почва — это обладающая плодородием сложная полифункциональная и поликомпонентная открытая многофазная структурная система, расположенная в поверхностном слое коры выветривания горных пород, являющаяся комплексной функцией горной породы, организмов, климата, рельефа и времени.
- Трудно представить современное почвоведение, его развитие без тесных связей с другими науками (схема 1).

## Связь почвоведения с другими науками



## ***СОСТАВ ПОЧВЫ***

- 
- Почва – это многофазное биокосное природное тело, состоящее из: твердой, жидкой, газовой и живой фаз
- 
- **Твердая фаза**
- Состав: минеральная и органическая части
- **Минеральная:**
  - 1. минералы (первичные); обломки горной породы;
  - 2. глинистые (вторичные) минералы;
  - 3. простые соли и оксиды химических элементов;
- **Органическая:**
  - 1. растительные остатки;
  - 2. остатки животных и микроорганизмов;
  - 3. продукты их частичного разложения (детрит);
  - 4. гумус (органно-минеральные соединения).
- 
-

## Твердая фаза

- Матрицей почвы является твердая фаза, которая представляет собой полидисперсную, многокомпонентную органоминеральную систему.
- Состоит из минералов (обломков) горной породы и вторичных продуктов почвообразования – растительных остатков, продуктов их частичного разложения, гумуса, глинистых вторичных минералов, простых солей и оксидов химических элементов, а также различных почвенных новообразований (кутаны, копролиты, конкреции).
- Твердая фаза характеризуется гранулометрическим, минеральным и химическим составами, с одной стороны, и сложением, структурой и порозностью – с другой.
- С твердой фазой и ее минеральной частью связаны многие физические, физико-химические и химические свойства почв.
- Она занимает 45-60% от объема и 90-99% от массы твердой фазы почв.

### **Минеральный состав почв**

В зависимости от происхождения они могут включать: *первичные* минералы; *вторичные* образованные в ходе выветривания и почвообразования.

К главным породообразующим минералам относятся кварц, полевые шпаты, нефелин, пироксены, амфиболы, слюды и оливин. Их соотношение в породах, в процентах от массы, таково: полевые шпаты – 60, кварц – 12, амфиболы и пироксены – 13, слюды – 8, прочие силикаты – 6, остальные минералы – 1.

*Важным свойством минералов служит их устойчивость к физическому и химическому выветриванию.*

### ***Первичные минералы почв***

**Сосредоточены во фракции размером более 0,001 мм.**

**Почвы на 40-60% состоят из кварца.**

**На втором месте полевые шпаты — до 20%.**

**Несколько процентов в составе пород и почв занимают амфиболы, пироксены и слюды .**

*Минералы это кристаллические образования.*

## *Первичные минералы*

- Кварц ( $\text{SiO}_2$ ) – один из самых распространенных минералов-оксидов. Основой его кристаллохимической структуры являются кремнекислородные тетраэдры, представляющие собой четыре иона кислорода, расположенные по углам тетраэдра, в центре которого заключен ион кремния  $[\text{SiO}_4]$  более малого радиуса, чем кислород. Эти тетраэдры (силикаты) образуют сплошную каркасную структуру, что обуславливает устойчивость кварца к процессам выветривания.
- Атом кремния в кремнекислородном тетраэдре может быть замещен на атом Al, в этом случае образуются алюмосиликаты, и большинство минералов, слагающих почвы, относятся к ним.
- Значение первичных минералов разностороннее: от их количества (особенно крупнозернистых фракций) зависят агрофизические свойства почв, они являются резервным источником зольных элементов питания растений, а также служат источником образования вторичных минералов.



## Вторичные (глинистые) минералы

- **Вторичные минералы** сосредоточены в тонкодисперсных гранулометрических фракциях размером менее 0,001 мм и представлены глинистыми минералами групп: каолинита, гидрослюда, вермикулита, монтмориллонита и смешанослойными образованиями, а также минералами оксидов железа и алюминия, аллофанами и минералами-солями.



- ↓ ↓ ↓
- Глинистые Минералы —оксиды Минералы—соли
- ↓  
Каолинит, гидрослюда, вермикулит, монтмориллонит,
- смешанослойные образования

- Глинистые минералы — составляют основу вторичных алюмосиликатов. Важнейшая их роль: обуславливают поглотительную способность почв, определяют химический состав почв и служат основным источником поступления минеральных элементов в растения.
- Минералы группы каолинита относятся к диоктаэдрическим слоистым алюмосиликатам, обладающим жесткой, не расширяющейся кристаллической решеткой, не набухают.
- Минералы группы гидрослюд являются трехслойными алюмосиликатами с не расширяющейся решеткой.
- Минералы монтмориллонитовой группы (или группы смектита) это трехслойные минералы, с сильно расширяющейся кристаллической решеткой, в связи с чем они способны к поглощению воды, хим. элементов и значительному набуханию.

- Группа смешанослойных минералов наиболее распространена в почвах умеренного и холодного гумидного, а также арктического поясов. Их содержание достигает 30–80%. Они состоят из слоев различных индивидуальных минералов (например, гидрослюда-монтмориллонит, хлорит-вермикулит).
- К вторичным минералам относятся также оксиды и гидроксиды Al, Fe.
- Минералы—соли встречаются в виде примесей к глинистым минералам в почвах аридных зон. Наиболее широко распространены в почвах карбонаты: кальцит ( $\text{CaCO}_3$ ), доломит ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ), сода ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ); сульфаты – гипс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), тенардит ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ); хлориты – галит ( $\text{NaCl}$ ). Большое количество солей характерно для почвообразующих пород, являющихся древними морскими отложениями, и для засоленных почв.

- От минерального состава зависят: химический состав, свойства почвы и доступные формы питательных элементов (N, P, K, Ca, Mg, S и Fe), водно-физические св-ва (водоудерживающая способность, влагоёмкость, водопроницаемость, водоподъемная способность, запасы доступной влаги, аэрация и др.), поглотительная способность.

- ***Гранулометрический состав почв***

- По происхождению различают минеральные, органические и органоминеральные частицы. Они могут быть в виде мономинеральных зерен или полиминеральных обломков горных пород, а также органических и органоминеральных гранул.
- В почвах они могут находиться в свободном состоянии или в агрегатном.

- Близкие по размеру и свойствам частицы группируются во фракции. Группировка частиц по размерам во фракции называется классификацией механических элементов.
- В русском почвоведении принята классификация механических элементов, предложенная Н. А. Качинским в 1965 г., (мм):
  - 1. Камни – более 3;                      4. Пыль: крупная – 0,05–0,01;
  - 2. Гравий – 3–1 мм;                      средняя – 0,01–0,005 мм;
  - 3. Песок: крупный – 1–0,5;              мелкая – 0,005–0,001 мм.
  - средний – 0,5–0,25 мм;    5. Ил: грубый – 0,001–0,0005;
  - мелкий – 0,25–0,05 мм.              тонкий – 0,0005–0,0001.
  - 6. Коллоиды – менее 0,0001
- **В основу классификации почв по гранулометрическому составу положено соотношение фракций физического песка (более 0,01 мм) и физической глины (менее 0,01 мм).** В настоящее время широко распространена классификация Н. А. Качинского (1965) по содержанию физ. глины.

**Классификация почв по гранулометрическому составу**

**(Качинский, 1965)**

Содержание физической глины (частиц < 0,01 мм), %			Название почвы по гранулометрическому составу почвы
Почвы подзолистого типа почвообразован ия	Почвы степного типа почвообразо- вания	Солонцы и сильно солонцеватые почвы	
0–5	0–5	0–5	Песок рыхлый связный Супесь Суглинок легкий средний тяжелый Глина легкая средняя тяжелая
5–10	5–10	5–10	
10–20	10–20	10–15	
20–30	20–30	15–20	
30–40	30–45	20–30	
40–50	45–60	30–40	
50–65	60–75	40–50	
65–80	75–85	50–65	
80	85	Более 65	
Более	Более		

- Если установлено, что дифференциация профиля по гранулометрическому составу является следствием почвообразования, то можно рассчитать степень дифференциации (или степень контрастности). Для этого сравнивают отношение содержания фракции ила в иллювиальном горизонте к содержанию его в горизонте элювиальном, наиболее обедненной илистой фракцией. Для разделения почв по степени дифференциации профиля принимаются во внимание следующие количественные критерии:

- Ил (%) в гор. В

- -----

Ил (%) в гор. А (А2)

Степень диф. профиля

- 1,2–1,5 Слабо дифференцирован
- 1,5–2,0 Средне дифференцирован
- 2,0–3,0 Сильно дифференцирован
- более 3,0 Очень сильно дифференцирован

- От гран. состава в значительной степени зависит интенсивность многих почвенных процессов, связанных с превращением, перемещением и накоплением органических и минеральных соединений в почве.
- Гранулометрическим составом определяются фильтрационная и водоудерживающая способности, что отражается на водном режиме почв.
- Почвы легкого гранулометрического состава имеют свободный дренаж с окислительными, аэробными условиями. В тяжелых по гранулометрическому составу почвах создаются условия для развития восстановительных, анаэробных процессов, способствующих развитию внутрипочвенного оглеения.
- От этого показателя зависит тепловой режим почв (теплые, холодные), их обеспеченность элементами минерального питания (богатые, бедные).
- Мелиоративные приемы (глинование, пескование, орг.уд-я)



## Химический состав почв

- Среднее содержание химических элементов в литосфере и почвах, % от массы (Виноградов, 1950)

Элементы	O	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg
Литосфера	47,20	27,6	8,80	5,10	3,60	2,64	2,60	2,10
Почва	49,00	33,00	7,13	3,80	1,37	0,63	1,36	0,60

Элементы	C	S	Mn	P	N	Cu	Zn	Co
Литосфера	0,10	0,09	0,09	0,08	0,01	0,01	0,005	0,003
Почва	2,00	0,085	0,085	0,08	0,10	0,002	0,005	0,0008

- **Химический состав почвообразующей породы отражает, в известной мере, ее гранулометрический и минералогический составы.**
- Средние значения, показывающие содержание элементов в литосфере и почвах, называют **кларками**.
- Песчаные породы, богатые кварцем, состоят преимущественно из кремнезема.

- Чем тяжелее гранулометрический состав породы, тем больше в ней высокодисперсных вторичных минералов и меньше кремнезема, больше оксидов Fe, Al, химически связанной воды. Почвы, развивающиеся на карбонатной породе, богаче Ca, засоленность почвообразующей породы обуславливает высокое количество легкорастворимых солей.
- Вторичные минералы: глинистые –  $n\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ ; минералы простых солей – кальцит,  $\text{CaCO}_3$ , доломит,  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ , сода,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ; сульфаты – гипс,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , тенардит,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; хлориты – галит, NaCl; минералы гидроокисей и окисей – опал,  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ; гематит,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , гетит,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , гидрогетит,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , аллофан,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .
- В зависимости от типа почвообразования (подзолистого, степного, болотного и др.) изменяется содержание и распределение по профилю химических элементов, т.е. для каждого тип почвы характерна дифференциация химического состава по горизонтам.

- Химический состав почв оказывает влияние на их плодородие, так как, с одной стороны, может создавать дефицит биофильных элементов для растений, в частности N, P, K, Fe, микроэлементов, а с другой – растения могут страдать от избытка ряда химических элементов, как в засоленных почвах.
- Химические элементы находятся в почвах в различных соединениях, различающиеся по их растворимости, подвижности, доступности для живых организмов.
- Выделяют группу биофильных макроэлементов (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe) и микроэлементов (Cu, Zn, Co, Mn, Se, B, Br и другие).
- Химические процессы, протекающие в почвах, весьма сложны и многообразны, их изучением занимается особый раздел почвоведения – химия почв.

## Жидкая фаза почв

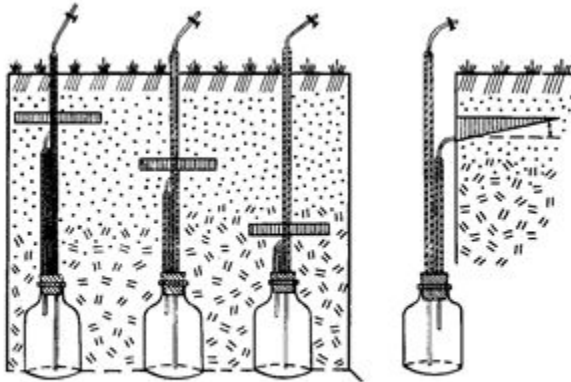
- **Жидкая фаза** почв включает воду и почвенный раствор, которые заполняют ее поровое пространство.
- При участии воды совершаются процессы выветривания, гумификации и минерализации органических остатков. Благодаря вертикальному и латеральному передвижению влаги, происходит перемещение веществ внутри почвенного профиля, в результате чего отмечаются его дифференциация на генетические горизонты, а также вынос части вещества за его пределы.
- Порции почвенной воды, обладающие одинаковыми свойствами, получили название категорий или форм.
- Различают пять категорий (форм) почвенной влаги:
  - твердая вода – лед;
  - химически связанная (конституционная, кристаллизационная);
  - парообразная;
  - физически связанная, или сорбированная;
  - свободная.

## Водные свойства почв

- Поступающая в почву влага подвержена действию сил различной природы: сорбционных (диполь), осмотических (давление при проникновении воды через полупроницаемые перегородки), менисковых и гравитационных
- Важнейшими свойствами почв являются:
  - водоудерживающая способность (сорбционные и капиллярные силы),
  - водопроницаемость
  - и водоподъемная способность (капиллярный подъем).
- Совокупность всех явлений поступления, передвижения, удержания влаги в почве формируют водный режим почв.
- Различают промывной  $K_u > 1$ , непромывной  $K_u = 1$ , выпотной  $K_u < 1$
- водные режимы.
- Все это изучается в разделе почвоведения — физика почв.

# ПОЧВЕННЫЙ РАСТВОР

- Вода, содержащаяся в почве, представляет собой всегда некоторый раствор, который принято называть почвенным раствором.



- Состав и концентрация почвенного раствора зависят от типа почвы, почвообразующей породы, растительности, времени года, условий погоды и т.д.
- К важнейшим катионам почвенного раствора относятся  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ . Среди анионов преобладают  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ .
- Качественный и количественный состав почвенного раствора постоянно меняется в зависимости от непрерывного изменения внешних факторов, влияющих на растворимость почвенных соединений, не только в пространстве, но и во времени.
- К основным показателям, характеризующим состав и свойства почвенных растворов, относятся: актуальная кислотность или щелочность, Eh, содержание катионов, анионов и лабильных форм органического вещества.
- Для большинства почв характерен гидрокарбонатно-кальциевый состав почвенных растворов, в засоленных почвах преобладающая доля принадлежит хлоридам и сульфатам магния и натрия.

## Газовая фаза почв

- **Газовая фаза** почв – это воздух, заполняющий в почве поры, свободные от воды. Состав почвенного воздуха существенно отличается от атмосферного. Благодаря протекающим в почве биологическим и биохимическим процессам, почвенный воздух по сравнению с атмосферным обеднен кислородом (на 0,05%) и значительно обогащен углекислотой (до 20%).
- Количество и состав почвенного воздуха оказывают существенное влияние на развитие и функционирование растений и микроорганизмов, на растворимость и миграцию химических элементов, веществ и соединений в почвенном профиле, на интенсивность и направленность почвенных процессов.



Газы	Атмосферный воздух	Почвенный воздух
Азот	78,08	78-80,24
Кислород	20,95	20,90- 0,0
Углекислый газ	0,03	0,03-20,0

- Количество и состав почвенного воздуха оказывают существенное влияние на развитие и функционирование растений и микроорганизмов, на растворимость и миграцию химических элементов, веществ и соединений в почвенном профиле, на интенсивность и направленность почвенных процессов.
- Газы и летучие органические соединения находятся в почве
- в нескольких физических состояниях: собственно почвенный воздух — свободный и заземленный; адсорбированные и растворенные газы.
- *Свободный* почвенный воздух — это смесь газов и летучих органических соединений, свободно перемещающихся по системе почвенных пор
- *Заземленный* почвенный воздух — воздух, находящийся в порах, со всех сторон изолированный водными пробками.
- *Растворенный* воздух — это газы, растворенные в почвенной воде.
- *Адсорбированный* воздух — газы и летучие органические соединения, адсорбированные на поверхности почвенных частиц. .
- Различают воздушные свойства почв: воздухоёмкость, воздухопроницаемость.
- Существует постоянный газообмен почвенного воздуха с атмосферой. К факторам, вызывающим аэрацию относятся: диффузия, изменение температуры почвы и барометрического давления, поступление влаги в почву, влияние ветра, изменение уровня грунтовых вод или верховодки.

- **Общей воздухоемкостью** почв называют максимально возможное количество воздуха, выраженное в процентах по объему
- Различают капиллярную и некапиллярную воздухоемкость.
- **Воздухосодержание** (порозность аэрации) – количество воздуха, содержащегося в почве при определенном уровне естественного увлажнения.
- **Воздухопроницаемость** – это способность почвы проводить поток воздуха.
- **Аэрация почвы** – это процесс поступления атмосферного воздуха в почву, замещение им почвенного. В результате увеличивается содержание кислорода в почве. Величина аэрации зависит от порозности.

# Живая фаза почвы

- **Живая фаза почвы** – это населяющие ее организмы, непосредственно участвующие в процессе почвообразования.
- К ним относятся многочисленные микроорганизмы (бактерии, актиномицеты, грибы, водоросли), представители почвенной микро- и мезофауны (простейшие, насекомые, черви и пр.) и, наконец, корневые системы растений.

- **Высшие растения**

- **Высшие растения** – основные первичные продуценты органических веществ. На суше ежегодно образуется до  $3-5 \cdot 10^{10}$  т биомассы, синтезируемой зелеными растениями за счет  $\text{CO}_2$  атмосферы, солнечной энергии, воды и минеральных соединений, поступающих из почвы.
-

Запасы корней в почвах природных зон (*Базилевич, Родин, 1968*)

Природная зона	Масса корней, ц/га	% от общей фитомассы
Арктическая тундра	6-80	70
Кустарниковые тундры	200-300	80-85
Леса хвойные	300-800	21-35
Леса лиственные	250-950	15-33
Степи, прерии, луга	100-200	80-90
Пустыни	250	40-85
Пампы и саванны	3-30	30-60
Влажные тропические леса	От 200-400 до 1000	20

## Почвенные водоросли

- Почвенными водорослями называют экологическую группировку тех видов водорослей, жизнь которых постоянно связана с почвой.
- Большинство почвенных водорослей — микроскопические организмы.
- Функции водорослей в почвах зависят, прежде всего, от их принадлежности к фотоавтотрофной группе организмов — первичных продуцентов органического вещества.
- Водоросли оказывают влияние на кислородный режим почв, накопление в них азота и структуру почв.
- Они могут быть биоиндикаторами протекающих в почве процессов, газового и солевого режимов, загрязненности продуктами промышленной деятельности человека.
- Водоросли, как и все эукариоты, не способны связывать молекулярный азот. Только сине-зеленые относятся к азотфиксирующим микроорганизмам — прокариотам. Источником азота для водорослей являются аммонийные и нитратные соединения.

## Почвенные животные

- Масса растительных остатков, создаваемых растениями и водорослями, т.е. первичными продуцентами, поступает далее в биологический круговорот к следующему звену – потребителям растительной продукции.
- Животные обитатели почв выступают как активные преобразователи растительных остатков, хотя их роль в этом менее значительная, чем роль грибов и бактерий.
- Учитывая особенности образа жизни и влияние на почву животные делятся на три группы: микро-, мезо-, и макрофауну. Иногда из первой вычленяют нанофауну, а из последней – мегафауну.
- Почвообитающие животные подразделяются не только по размерам, что непосредственно отражается на их воздействии на почву, но также и по типам питания. Среди почвенных животных выделяют следующие трофические группы.

- *Фитофаги* питаются тканями корней живых растений.
- *Зоофаги* поедают других животных, выступая в роли хищников или паразитов.
- *Некрофаги* используют в пищу трупы животных,
- *Сапрофаги* – наиболее многочисленная и важная по значению группа почвенных животных. Они перерабатывают мертвые остатки растений, опад и отпад как на поверхности почвы – в подстилке, так и в зоне корневых систем. К ним относятся черви, многоножки, мокрицы, некоторые клещи и личинки насекомых.



## Почвенные микроорганизмы

- В почвах наиболее широко распространены микроорганизмы следующих групп: грибы, бактерии и актиномицеты.
- Почвенные **грибы** представляют самую крупную экологическую группу, участвующую в минерализации органических остатков и в образовании гуминовых веществ. Грибы – наиболее древние организмы, они имеют сходные черты, как с растениями, так и с животными.
- *Сходство с растениями заключается в полярности клеток, неограниченном верхушечном росте, наличии клеточной стенки, вакуолей, поперечных перегородок, способностью к синтезу витаминов. Общие с животными признаки состоят в отсутствии хлорофилла, гетеротрофном типе питания, наличии в клеточной стенке хитина, а не целлюлозы, синтезе запасных углеводов в форме гликогена.*

- Грибы распространены повсеместно в природе, где есть хотя бы следы органических веществ. Их споры можно обнаружить на любых естественных субстратах, искусственных материалах и продуктах. Почти все грибы относятся к аэробным организмам.
- По численности и видовому разнообразию в почвах преобладают **бактерии**.
- В зависимости от строения клеточных стенок бактерии делятся на две большие группы – грамположительные и грамотрицательные.
- Наиболее часто встречаются в почвах грамотрицательные бактерии:

## Грамотрицательные бактерии

- - псевдомонады – мелкие одиночные подвижные бактерии, не образующие спор. Как правило, это аэробные организмы, но встречаются и анаэробы, например денитрификаторы – представители рода *Pseudomonas*;
- азотобактерии – довольно крупные подвижные палочки, большинство из них относятся к свободноживущим аэробным азотфиксаторам, например *Azotobacter chroococcum*;
- клубеньковые бактерии (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*) – подвижные палочки, не образующие спор. Они живут в свободном состоянии в почве, но способны вступать в симбиотические отношения с бобовыми растениями. В этом случае они фиксируют азот атмосферы;
- миксобактерии и цитофаги – слизеобразующие скользящие бактерии, способны передвигаться по твердому субстрату, образуя плотные слизистые тяжи.
- Группа *граммотрицательных* бактерий объединяет фототрофные и хемотрофные организмы.

## Грамположительные бактерии

- К *грамположительным* относятся все спорообразующие бактерии и актиномицеты.
- Наиболее широко распространены в почвах:
- - спорообразующие бактерии, использующие органические соединения в аэробных и анаэробных условиях.
- бациллы (*Bacillus*) – аэробные свободноживущие подвижные организмы палочковидной формы
- - анаэробные спорообразующие бактерии представлены в почвах родами *Clostridium*, *Desulfomaculum*, *Anaerobacter*.
- коринеподобные бактерии включают группу родов *Arthrobacter*, *Micrococcus*, *Rhodococcus*, *Cellulomonas*. Многие из них являются постоянными обитателями почв, подстилок, живых или мертвых растительных субстратов. Это гетеротрофные организмы, участвующие в минерализации органических веществ в аэробных условиях.

- **Актиномицеты** - это разветвленные или мицелиальные бактерии, различающиеся по морфологии, но сходные по биохимическим показателям и хемотаксономическим признакам.
- Выделено несколько групп актиномицетов:
- - нокардии (*Nocardia*) образуют мицелий, распадающийся на отдельные фрагменты, сходные с клетками некоторых коринеподобных бактерий. Нокардии не образуют спор. Они участвуют в конечной стадии процесса минерализации органических веществ, способны разлагать сложные соединения, в том числе молекулы гуминовых кислот;
- стрептомицеты (*Streptomyces*) наиболее широко распространены в почвах.
- Среди стрептомицетов много продуцентов антибиотиков.

## Вирусы и фаги.

- Это особая группа чрезвычайно мелких паразитов, способных развиваться только внутри клеток других организмов – растений, животных, водорослей, грибов, бактерий и актиномицетов.
- К вирусам относят паразитов животных и растений,
- к фагам – паразитов микроорганизмов (альго-, мико-, бактерио- и актинофаги).
- Вирусы паразитируют только на определенных хозяевах – растениях, животных и микроорганизмах.
- Вирусы бактерий и актиномицетов называют фагами – бактериофагами и актинофагами.
  
- Как правило, фаги вызывают лизис клеток (растворение).

## Биомасса по зонам

- В таежно-лесной зоне масса раст. остатков составляет до 25–40 кг/м<sup>2</sup>, Биомасса микроорганизмов доходит до 30 г/м<sup>2</sup>, среди них преобладают грибы. Биомасса беспозвоночных колеблется от 3 г/м<sup>2</sup> в подзолистых почвах и до 90 г/м<sup>2</sup> в серых лесных.
- Травянистая растительность степной зоны накапливает меньшую, чем леса, фитомассу – до 2,5 кг/м<sup>2</sup>. В составе микрофлоры степных почв снижается доля грибов и возрастают численность и видовое разнообразие бактерий и актиномицетов. Биомасса беспозвоночных равна 12–16 г/м<sup>2</sup>, среди них преобладают дождевые черви.
- В пустынной зоне запасы фитомассы резко снижаются,

## Вопрос?

- В какой биоклиматической зоне будет самое высокое содержание органического вещества и гумуса в почвах?
- Таёжно-лесная? Степная?
- От чего зависит накопление органического в-ва или гумуса в почвах?
  1. От химического и биохимического состава источников
  2. От микрофлоры трансформирующей остатки
  3. От характера распределения источников в профиле почв.



# Трансформация РО

- **Таёжно-лесная зона:**
- Биохимический состав – воска, смолы, дубильные соединения, хим. Состав – бедный
- Преобладают грибы
- Растительные остатки: корневая масса меньше надземной в 3-5 раз
- **Степная зона:**
- Биохимический состав – преобладают углеводы и белки;
- Роль грибов снижается, растёт численность спорообразующих бактерий и актиномицетов
- корневая масса превышает надземную в 3–6 раз.
- **Пустынная зона**
- доля корней в составе биомассы возрастает и соотношение надземной и подземной масс становится 1:9. Растёт содержание легкорастворимых солей
- Численность и активность микроорганизмов резко снижается
-

## Органическое вещество почв

- **Источники органического вещества почв**
- Органическое вещество почв – это совокупность живой биомассы и органических остатков растений, животных, микроорганизмов, продуктов их метаболизма и специфических новообразованных органических веществ почвы – гумуса, а также органические вещества различного антропогенного происхождения
- Потенциальными источниками органического вещества почв можно считать все компоненты биоценоза.

Содержание органического вещества в почвах колеблется от долей процента до десятков. Почему?

## Трансформация растительных остатков

- Трансформация органических остатков и образование гумуса в почвах зависит не только от биомассы опада, его химического и биохимического состава, активности почвенных микроорганизмов, но и от климатических условий .
- **Лесной опад** представлен в основном остатками древесной хвойной растительности и мхов. В его составе преобладают трудно разлагаемые органические соединения (лигнин, воска, смолы), содержится небольшое количество зольных элементов и азота. Разложение растительных остатков происходит преимущественно на поверхности почвы (так как преобладает надземный опад), часто при неблагоприятных климатических условиях (переувлажнение, довольно низкие температуры) при участии прежде всего грибной микрофлоры.

•

## Трансформация РО

- Образуются главным образом **кислые продукты** разложения органических веществ (ФК, фульваты – соли ФК).
- **В степной зоне** общее количество растительных остатков невелико, но представлены они травянистым опадом, **богатым углеводами, белками**, содержащим значительное количество **азота и зольных элементов**, среди которых преобладают кальций и магний. Разложение такого опада ведется в основном **бактериальной микрофлорой** в оптимальных гидротермических условиях. В результате образуются менее кислые продукты разложения органического вещества (ГК, гуматы). Такие органо-минеральные соединения не мигрируют по профилю и накапливаются в гумусово-аккумулятивном горизонте почвенного профиля (А).

Процесс трансформации органических остатков  
состоит из : *минерализации, гумификации и  
гумусообразования.*

- Минерализация РО включает образование промежуточных продуктов (аминов, амидов, аммиака, метана) и заканчивается образованием  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .
- **Этапы минерализации азотсодержащих органических соединений (белки, аминокислоты):**
  - 1. Реакции дезаминирования (отщепление группы  $\text{NH}_2$ );
  - 2. Аммонификация (образование аммиака и ионов аммония);
  - 3. Нитрификация (образование нитритов и нитратов)
- В процессе гумификации образуются гуминовые вещества (гуминовые, фульвокислоты и их производные).
- Процесс гумификации широко распространен в природе. Гумусовые кислоты обнаруживают в торфах, сапропелях, каменных углях, нефти.

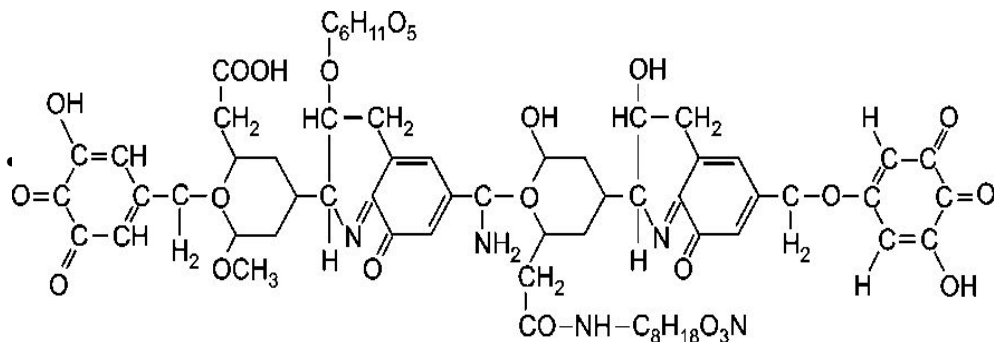
## Гумусообразование

- В отличие от гумификации процесс образования гумуса – **гумусообразование** – является сугубо почвенным. Он представляет собой совокупность процессов :
- **разложения** исходных органических остатков различной природы,
- **синтеза** вторичных форм микробной плазмы,
- **гумификации** промежуточных продуктов разложения органических остатков
- и **закрепления** (конденсации, полимеризации) образующихся продуктов гумификации (специфических органических соединений) минеральной частью почв.
- Образование в итоге **органоминеральных соединений**

## Состав органического вещества почв

- В составе органического в-ва почвы выделяют две группы соединений:
- **негуминовые** вещества (или неспецифические органические вещества), входящие в состав органических остатков или являющиеся промежуточными продуктами их разложения; **гуминовые** вещества.
- Негуминовые вещества составляют не более 10–15% от массы. Эта группа соединений представлена белками, углеводами, липидами, лигнином, восками, смолами, дубильными веществами, пигментами и т.д.
- Гуминовые вещества составляют 80–90% от массы гумуса и включают специфические органические соединения: гуминовые кислоты, фульвокислоты и гумин.
- **Гуминовые кислоты (ГК)** – высокомолекулярные азотсодержащие органические кислоты циклического и гетероциклического строения.

Строение гуминовой кислоты по Драгуну (1948).



## Свойства гуминовых кислот

### Свойства ГК:

Свойства ГК связаны с особенностями строения ядра и наличия боковых ароматических и алифатических цепочек

ГК хорошо растворимы в щелочах и водном растворе аммиака, слабо в воде и нерастворимы в кислотах.

- Осаждаются из щелочных растворов кислотами (рН 1-2) и 2–3-валентными катионами (Ca, Mg, Al, Fe) в виде аморфного хлопьевидного осадка. Гуматы (соли) одновалентных катионов (Na) хорошо растворимы в воде и подвижны.
- Кислотная природа молекул ГК обусловлена рядом кислых функциональных групп: карбоксильных (COOH), фенольных и спиртовых (OH), метоксильных (OCH<sub>3</sub>), водород которых может замещаться катионами оснований.
- ГК имеют следующий усредненный элементный состав (в %): С – 50–62, Н – 3–7, О – 30–40, N – 2–6.
- Содержание углерода в составе молекул ГК возрастает от подзолистых почв к черноземам.



## Фульвокислоты

- **Фульвокислоты (ФК)** – группа кислот, остающаяся в растворе после осаждения ГК (по Тюрину).
- ФК являются высокомолекулярными азотсодержащими органическими кислотами сложного строения.
- Ядерная часть их выражена менее ярко, преобладают боковые алифатические цепи. В ФК большее количество карбоксильных и фенолгидроксильных функциональных групп, водород которых может диссоциировать и участвовать в реакциях обмена.
- Емкость поглощения катионов у ФК выше, чем у ГК, и составляет 800–1250 мг-экв/100 г вещества.
- ФК хорошо растворяются в кислотах, щелочах, воде. Водные растворы ФК имеют сильноокислую реакцию (рН 2,6–2,8), обладают большой агрессивностью и которые разрушают первичные и вторичные минералы.
- Элементный состав ФК варьирует в пределах (в %): С – 40–52, Н – 4–5, О – 40–48, N – 3–4.
- Наряду с ГК и ФК в составе гумуса выделяют **гумин**.
- **Гумин** представляет собой совокупность ГК и ФК, прочно связанных с минеральной частью почвы, а также трудно разлагаемых компонентов остатков растений: целлюлозы, лигнина, углистых частиц.

## Органоминеральные соединения гумуса

- В составе гумуса выделяют *органоминеральные соедин-я*.
- 1) гетерополярные соли низкомолекулярных органических кислот;
- 2) гетерополярные соли гумусовых кислот с щелочными и щелочноземельными металлами;
- 3) комплексно-гетерополярные соли органических кислот и веществ фенольной и полифенольной природы с железом, алюминием, марганцем и другими металлами;
- 4) адсорбционные органоминеральные комплексы.

- Первую группу составляют легкорастворимые соли органических кислот с катионами щелочных и щелочноземельных металлов (лимонная, щавелевая, уксусная, яблочная).
- Во вторую группу входят соли ГК и ФК, называемые гুমатами и фульватами щелочных и щелочноземельных металлов. Механизм их образования заключается в обменной реакции между водородом кислых функциональных групп и катионами. Обменная реакция протекает в эквивалентных количествах и обратима.
- Третью группу образуют комплексные соли, которые синтезируются при взаимодействии неспецифических органических кислот и гумусовых кислот с поливалентными металлами (железом, алюминием, медью, никелем, цинком).
-

- Четвертую группу составляют адсорбционные комплексы: алюмо- и железогумусовые, глинисто-гумусовые комплексы.
- *Глинисто-гумусовые комплексы.* Минеральная часть почвы имеет огромную суммарную поверхность, на которой протекают многие адсорбционные процессы..  
Образующийся комплекс не связан с кристаллической решеткой минералов, он выпадает в осадок на ее поверхности в виде геля. В формировании глинисто-гумусовых комплексов имеет место процесс адгезии (склеивания) взаимодействующих поверхностей при дегидратации компонентов.
- *Алюмо- и железогумусовые сорбционные комплексы.* С одной стороны, ГК могут сорбироваться гелями полуторных оксидов, образующими сгустки, пленки и стяжения в почвах, с другой – гели ГК могут сорбировать на своей поверхности золи полуторных оксидов.

## Свойства почв и органическое вещество

- Органическое вещество определяет важнейшие свойства почвы. От содержания органического вещества зависят **физические свойства** (особенно агрегатное состояние, с которым связаны водный, воздушный и тепловой режимы почв) и **физико-химические** (прежде всего буферность почв, емкость катионного обмена).
- Органическое вещество почв является **источником питательных элементов** для растений, главным образом азота, после их минерализации
- содержит физиологически активные соединения, повышающие их продуктивность.

## Гумусное состояние почв

- **Гумусное состояние почв** – совокупность показателей, характеризующих свойства органического вещества и процессы его создания, трансформации и миграции в почвенном профиле.
- **Система показателей, оценивающих гумусное состояние почв, включает:**
- уровни содержания и запасов органического вещества почв, его профильное распределение,
- обогащенность азотом,
- степень гумификации,
- типы гумуса,
- особые признаки и свойства гумусовых кислот (оптическая плотность, «дыхание» почв, содержание свободных ГК, содержание ГК, связанных с Са

# СВОЙСТВА ПОЧВ

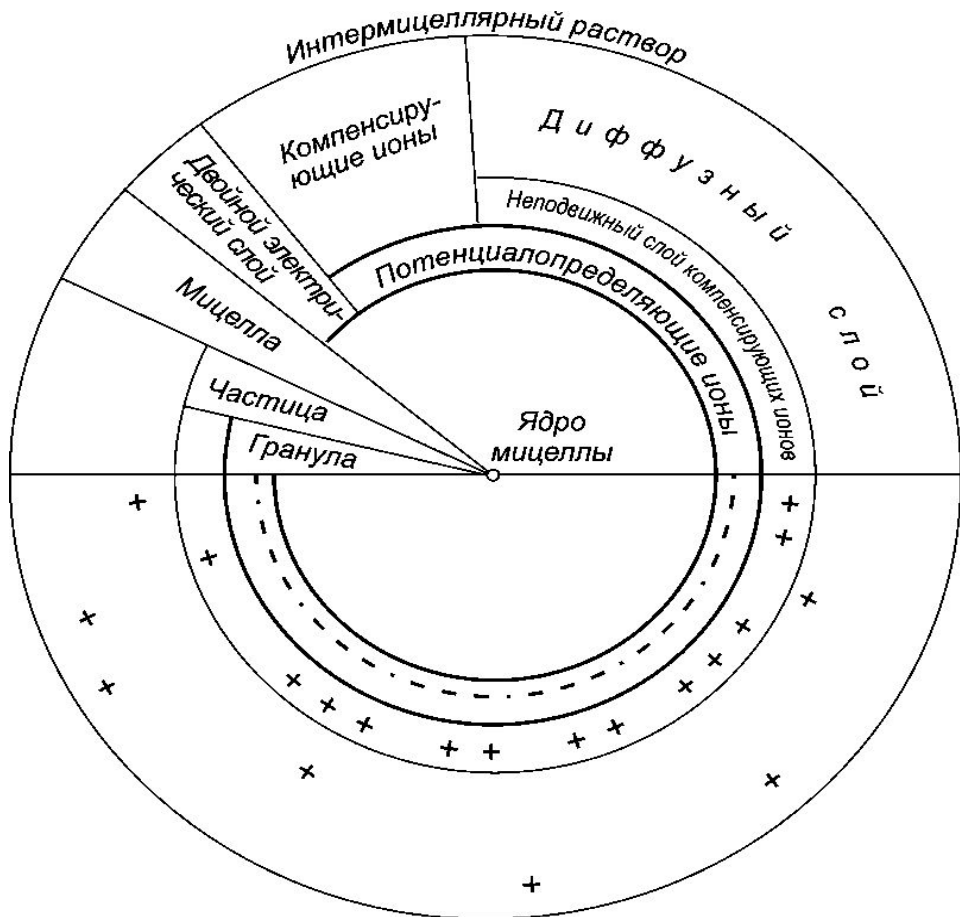
## Поглотительная способность почв (ПСП)

- Почвы способны поглощать, т.е. переводить в состав **твердой фазы** ионы, молекулы и частицы, находящиеся в жидкой и газовой фазах почв.
- ПСП неразрывно связана с наличием в почве высокодисперсных частиц – коллоидов.
- **Коллоиды** – это двухфазные системы, состоящие из дисперсной фазы (массы коллоидных частиц) и дисперсионной среды (почвенный раствор).
- Частицы размером больше 0,01 мм вообще не обладают ПСП. Слабая поглотительная способность появляется у частиц меньше 0,001 мм (илистых), а максимальная характерна для коллоидных частиц размером меньше 0,0001 мм.
- Содержание коллоидных частиц в почвах различно: от 1–2 до 30–40% от массы почвы.

## Свойства коллоидов

- Главными особенностями почвенных коллоидов являются :
- очень **большая величина удельной поверхности** (несколько тысяч квадратных метров на 1 г вещества),
- а также **наличие двойного электрического слоя ионов** на границе раздела между твердой фазой и почвенным раствором.
- Удельная поверхность – это суммарная площадь поверхности почвенных частиц, отнесенная к 1 г или 1 см<sup>3</sup>. Выражается в квадратных метрах на 1 г или 1 см<sup>3</sup> почвы.
- Коллоид имеет сложное строение. Внутренняя часть (ядро) чаще всего состоит из агрегатов аморфного вещества
- (аллофаны, свежесозревшие гидроксиды Al, Fe, Mn, гидраты кремнезема и их комплексные осадки – коагели),
- кристаллического вещества (вторичные минералы: каолинит, галлуазит, гидрослюда, иллит, вермикулит, монтмориллонит и др.),
- а также из гумусовых веществ и органоминеральных комплексов.





- В результате диффузного строения слоя противоионов толщина гидродинамического слоя становится больше
- $\delta'' > \delta'$ , в результате скачком потенциала на границе фаз,
- находящихся в движении одна относительно другой, будет не полный скачок потенциала  $\varphi$  (термодинамический потенциал), а только некоторая часть  $\zeta = \varphi - \varepsilon$ .

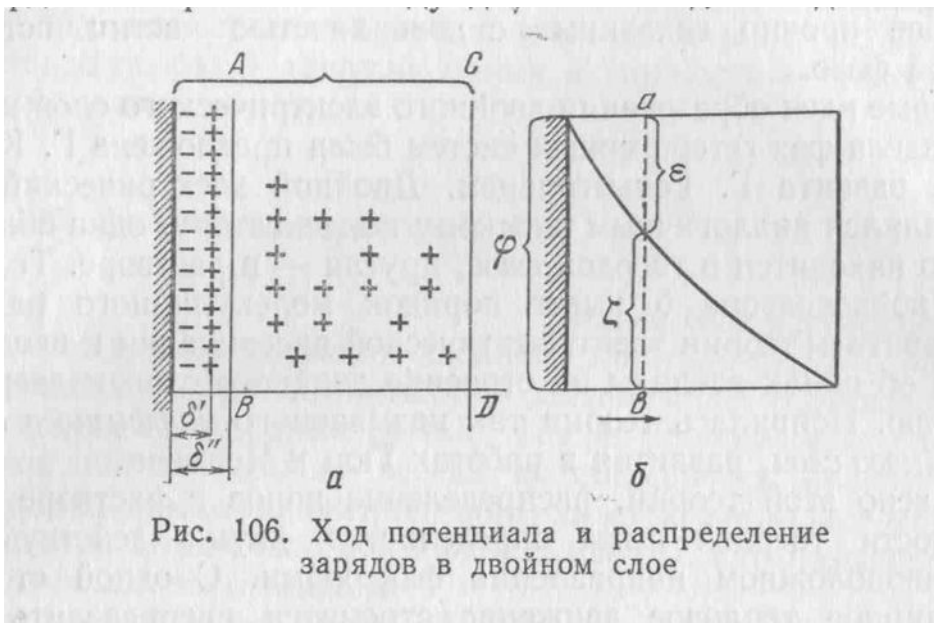


Рис. 106. Ход потенциала и распределение зарядов в двойном слое

- Величина  $\zeta$  носит название электрокинетического или дзета-потенциала, а  $\varepsilon$  — называется адсорбционным потенциалом. Величина  $\zeta$ -потенциала тесно связана с толщиной диффузного слоя. Чем больше размыт слой, тем больше величина  $\zeta$ .
- Величина  $\zeta$  зависит от концентрации электролитов, присутствующих в растворе, от валентности ионов электролита (особенно противоионов). Чем выше валентность, тем существенно снижается величина  $\zeta$ .
- Особенно сильное влияние на  $\zeta$ -потенциал оказывают одновалентные органические катионы (основных красителей и алкалоидов), соизмерим

- Поверхности заряженных частиц в почве окружены почвенным раствором, содержащим положительно и отрицательно заряженные ионы – катионы и анионы.
- Отрицательно заряженные коллоиды (ядро заряжено отрицательно), содержащие в компенсационном слое катионы, называют **ацидоидами**.
- Положительно заряженные коллоиды, в компенсационном слое которых находятся анионы, называют **базоидами**.
- В почвах имеются также **амфолитоиды** – коллоиды, проявляющие в зависимости от условий среды или базоидные, или ацидоидные свойства.
- Наличие электрического заряда у коллоидных частиц обуславливает электрокинетические свойства, главнейшими из которых являются коагуляция и пептизация. Коллоиды могут находиться в двух состояниях: **золя** (коллоидного раствора) и **геля** (коллоидного осадка).

## Свойства коллоидов

- **Коагуляция** – переход коллоида из состояния золя в состояние геля. При этом коллоиды теряют заряд, и происходит слипание их в агрегаты.
- По коагулирующей способности катионы располагаются в следующий ряд:  $\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{H}^+ < \text{Fe}^{3+} < \text{Al}^{3+}$ , а анионы:  $\text{Cl}^- < \text{SO}_4^{2-} < \text{PO}_4^{3-}$ .
- С коагуляцией тесно связано явление тиксотропии.
- **Тиксотропия** – явление, при котором масса геля не отделяется от дисперсной среды, а образует студень, способный возвращаться в состояние золя при механическом воздействии (явление, характерное для зоны с вечной мерзлотой).
  
- **Пептизация** – переход из состояния геля в состояние золя.
- Рассмотренные особенности строения и свойств коллоидных частиц обуславливают уникальное свойство почв – их ПСП.

## Виды поглотительной способности почв

- Выделяют пять видов поглотительной способности почв: механическую, биологическую, физическую, химическую и физико-химическую.
- **Механическая ПСП** – свойство почвы задерживать в своей толще поступающие с водным или воздушным потоком твердые частицы, размеры которых выше, чем у почвенных пор.
- **Биологическая ПСП** вызвана способностью живых организмов, обитающих в почвах, поглощать элементы, необходимые для их жизнедеятельности. Она имеет ряд особенностей: избирательность поглощения; поглощение химических элементов происходит против градиента концентрации.
- **Химическая ППС** обусловлена образованием в результате происходящих в почве химических реакций труднорастворимых соединений, выпадающих из раствора в осадок на поверхности твердой фазы:
  - $[\text{ППК}^{2-}] \text{Ca}^{2+} + \text{Na}_2 \text{SO}_4 \rightarrow [\text{ППК}^{2-}] 2\text{Na}^+ + \text{CaSO}_4$ ,
  - $[\text{ППК}^{2-}] \text{Ca}^{2+} + 2\text{NaHCO}_3 \rightarrow [\text{ППК}^{2-}] 2\text{Na} + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,
  - $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{H}_2 \text{O} \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2 \text{O}$ ,
  - $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_3 \text{PO}_4 \rightarrow \text{AlPO}_4 \downarrow + 3\text{H}_2 \text{O}$ ,
  - $\text{Na}_2 \text{CO}_3 + \text{CaSO}_4 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2 \text{SO}_4$ .

## Виды псп

- Физическая и физико-химическая ППС связаны с коллоидными системами
- **Физическая ПСП** – способность почвы увеличивать концентрацию молекул растворенных веществ у поверхности твердых тонкодисперсных частиц. Она обусловлена молекулярным притяжением между твердыми частицами почвы и веществами, находящимися в воде в виде истинных или коллоидных растворов.
- Поверхностная энергия коллоидной системы измеряется произведением поверхностного натяжения, возникающего на границе соприкосновения дисперсной фазы с дисперсной средой, на суммарную поверхность частиц дисперсной фазы. Её величина возрастает с ростом площади поверхности. Такая энергия всегда стремится к наибольшему сокращению.
- Это реализуется или уменьшением поверхности твердой фазы (укрупнение частиц), или понижением поверхностного натяжения путем адсорбции на поверхности частиц некоторых веществ (ПВА) за счет **положительной** (притяжение) или **отрицательной** (избирательная адсорбция молекул воды, а не растворенных в ней в-в) **физической адсорбции**.

## Виды псп

- **Физико-химическая, или обменная, ПСП** – способность почвы поглощать или обменивать ионы компенсирующего слоя коллоидных частиц на эквивалентное количество ионов почвенного раствора
- Основным механизмом обменной ПСП является процесс сорбции.
- Сорбцией называется обменное электростатическое взаимодействие разноименно заряженных частиц и ионов.
- Адсорбция — концентрирование в-ва адсорбата из объема газа или жидкости на поверхности твердого тела (адсорбента) или жидкости. Её вызывают молекулярные силы поверхности адсорбента или дисперсионные силы.
- $\text{Ca}^{2+}$
- $[\text{ППК}^{5-}] \text{Mg}^{2+} + 5\text{KCl} \leftrightarrow [\text{ППК}^{5-}] 5\text{K}^+ + \text{CaCl}_2 + \text{MgCl}_2 + \text{HCl}$ .
- $\text{H}^+$
- Ионы образуют ряды по катионному обмену:
- одновалентные –  $\text{Li}^7 < \text{Na}^{23} < (\text{NH}_4)^{18} < \text{K}^{39} < \text{Pb}^{89}$ ;
- двухвалентные –  $\text{Mg}^{27} < \text{Ca}^{40} < \text{Co}^{59} < \text{Cd}^{112}$ ;
- трехвалентные –  $\text{Al}^{27} < \text{Fe}^{56}$ .



- Ион  $H^+$  или  $H_3O^+$  (оксоний) сорбируется аномально прочно, что обусловлено его малым размером и способностью давать слабодиссоциированные соединения.
- Процесс обмена иона электролита с ионом сорбента проходит через следующие последовательные стадии: 1) перемещение вытесняющего иона из раствора к поверхности твердой фазы; 2) перемещение вытесняющего иона внутри твердой фазы к точке обмена; 3) химическая реакция двойного обмена; 4) перемещение вытесняемого иона внутри твердой фазы от точки обмена к поверхности; 5) перемещение вытесняемого иона от поверхности в раствор.

## ЕКО

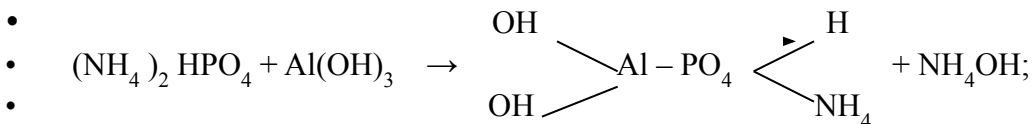
- В зависимости от состава обменных катионов почвы делятся на насыщенные и ненасыщенные основаниями.
- Общее количество всех поглощенных (обменных) катионов, которое может быть вытеснено из почвы, называется емкостью поглощения, или емкостью катионного обмена (ЕКО). Выражается величина ЕКО в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы (мг—экв/100г ).
- ЕКО зависит от содержания в почве коллоидной и предколлоидной фракций, строения их поверхностей, природы ППК, реакции среды.
- ППК – совокупностью органических, минеральных и органоминеральных коллоидов, нерастворимых в воде и способных поглощать или обменивать ионы.

## Анионный обмен в почвах

- Наряду с катионным обменом в почвах имеет место и анионный обмен.
- Установлено, что одновалентные анионы  $\text{Cl}^-$  и  $\text{NO}_3^-$  практически не поглощаются почвой, сульфаты и карбонаты поглощаются слабо и хорошо поглощаются трехвалентные анионы  $(\text{PO}_4)^{3-}$ .
- По сорбционной способности анионы располагаются в следующий ряд:  $\text{Cl}^- \approx \text{NO}_3^- < \text{SO}_4^{2-} < \text{PO}_4^{3-} < \text{SiO}_4^{4-} < \text{OH}^-$ .
- В поглощении анионов большую роль играют процессы солеобразования.
- Основными механизмами закрепления анионов почвами являются химическое, физико-химическое и биологическое поглощение.
- Разберем это на некоторых примерах поглощения фосфат-ионов.

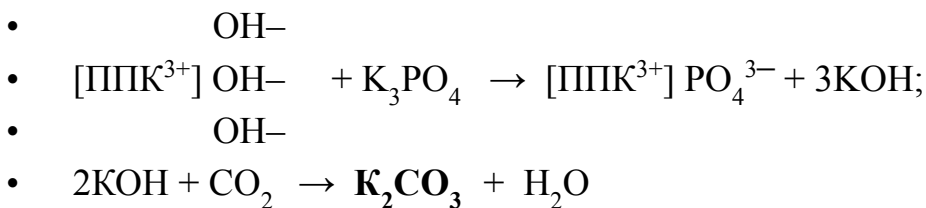
## Анионный обмен

- 1) образование малорастворимых фосфатов: при наличии ионов Са в нейтральной или щелочной средах; в кислой среде при наличии ионов Al, Fe;
- 2) поглощение фосфат-ионов при взаимодействии их с минералами-солями: гипсом, кальцитом, доломитом;
- 3) хемосорбция фосфат-ионов гидроксидами Al и Fe. Сорбция осуществляется на внешней поверхности коллоида с образованием алюмоокислородных октаэдров глинистых минералов по схеме:



- *Хемосорбция* — химическое взаимодействие сорбтива с сорбентом с образованием нового химического вещества.
- 4) поглощение фосфат-ионов глинистыми и неглинистыми алюмо- и ферросиликатными минералами

- 5) обменная сорбция анионов на положительно заряженных участках коллоидной мицеллы возможна только в случае образования малорастворимых соединений:



- б) аморфный кремнезем поглощает фосфаты путем механического захвата – окклюдирования.

- **Почвенно-поглощающий комплекс почв**

- ППК – совокупностью органических, минеральных и органоминеральных коллоидов, нерастворимых в воде и способных поглощать или обменивать ионы.
- От состава ППК зависят многие свойства почв:
- ПСП;
- ЕКО;
- Гумусное состояние;
- Плодородие почв.

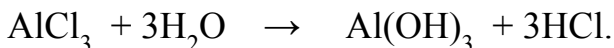
## Кислотность и щелочность почв

- Реакция почвы обусловлена наличием и соотношением в почвенном растворе водородных ( $\text{H}^+$ ) и гидроксильных ( $\text{OH}^-$ ) ионов и измеряется величиной рН – отрицательным логарифмом активности водородных ионов в растворе ( $\text{pH} = -\lg a_{\text{H}^+}$ ).
- Реакция среды в почвах бывает: кислой, нейтральной и щелочной.
- Градации почв: по кислотности — сильно- и очень сильнокислые  $\text{pH} < 4,5$ ; среднекислые —  $4,6-5,0$ ; слабокислые —  $5,1-5,5$ ; близкие к нейтральным —  $5,6-6,0$ ; нейтральные —  $6,1-7,0$ .
- По щелочности — слабощелочные —  $7,5-8,0$ ; среднещелочные —  $8,1-8,5$ ; сильнощелочные —  $> 8,5$ .
- **Кислотность почв.** Под кислотностью почвы понимается ее способность подкислять воду и растворы нейтральных солей. Различают актуальную и потенциальную кислотность.

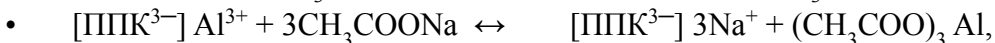
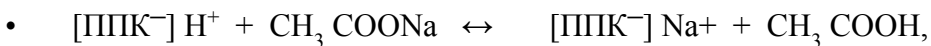
## Виды кислотности

- **Актуальная кислотность** почвы обусловлена наличием свободных водородных ионов (протонов) в почвенном растворе .
- Она зависит от содержания в почвенном растворе свободных кислот, кислых солей и степени их диссоциации.
- **Потенциальная кислотность**, или кислотность твердой фазы, почвы обусловлена наличием ионов  $H^+$  и  $Al^{3+}$  в ППК.
- В зависимости от характера взаимодействующего с почвой раствора различают две ее формы – *обменную и гидролитическую*.
- **Обменная кислотность** проявляется при обработке почвы раствором нейтральной соли (1 н. KCl).
- $Ca^{2+}$   $Ca^{2+}$
- $[ППК8^-] Mg^{2+} + 4KCl \leftrightarrow [ППК8^-] Mg^{2+} + HCl + AlCl_3$ .
- $H^+$   $4K^+$
- $Al^{3+}$

- Гидролитическое расщепление:



- При обработке почвы раствором нейтральной соли из ППК вытесняются не все поглощенные ионы водорода и алюминия. Более полно выявляется потенциальная кислотность при обработке почвы раствором гидролитически щелочной соли, например  $\text{CH}_3\text{COONa}$  (уксуснокислого натрия):



- Количество образующейся уксусной кислоты характеризует гидролитическую кислотность, обозначаемую символом **Нг**.
- Обменная и гидролитическая кислотности выражаются в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы (м-эquiv/100 г). Первая как правило больше второй. (Объяснить почему).



- Доля участия в ППК поглощенных водорода и алюминия определяет степень насыщенности почв основаниями, обозначаемую символом  $V$  (в %):
- $$V = S / \text{ЕКО} \text{ или } S / (S + H\Gamma),$$
- где  $S$  – сумма поглощенных оснований (м-экв/100 г)
- $H\Gamma$  – гидролитическая кислотность (м-экв/100 г);  
ЕКО – емкость катионного обмена (м-экв/100 г).
- Почвы, имеющие степень насыщенности основаниями меньше 50% , обладают неблагоприятными свойствами и нуждаются в известковании, при котором происходит замещение поглощенного водорода на кальций.
- $[\text{ППК}^{2-}] 2\text{H}^+ + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \leftrightarrow$
- $[\text{ППК}^{2-}] \text{Ca}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2.$

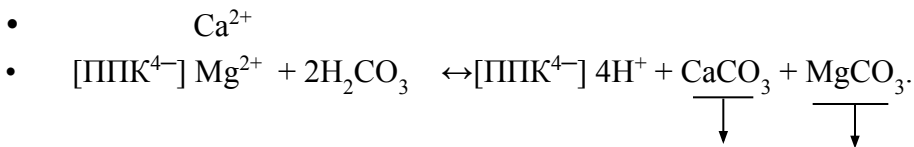
## *Щелочность почв.*

- Различают актуальную и потенциальную щелочность почв.
- **Актуальная щелочность** обусловлена наличием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , при диссоциации которых образуется значительное количество гидроксильных ионов ( $\text{OH}^-$ ):
- $$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}^+\text{OH}^- \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^-.$$
- **Потенциальная щелочность** обнаруживается у почв, содержащих поглощенный (обменный) натрий в ППК.
- При взаимодействии такой почвы с угольной кислотой, находящейся в почвенном растворе, происходит реакция замещения, результатами которой являются накопление соды и подщелачивание раствора:
- $$[\text{ППК}^{2-}] 2\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow [\text{ППК}^{2-}] 2\text{H}^+ + \text{Na}_2\text{CO}_3.$$
- Щелочность почвенного раствора характеризуется в м-эquiv. кислоты, необходимой для нейтрализации гидроксильных ионов раствора, обусловленных ионами  $\text{HCO}_3^-$  (щелочность бикарбонатов),
- $\text{CO}_3^{2-}$  (щелочность нормальных карбонатов) или их суммой (общая щелочность).
- Величину щелочности также выражают показателем рН почвенного раствора или водной вытяжки.

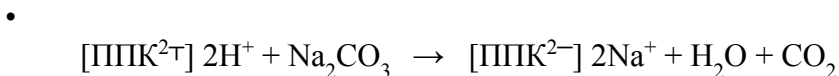
- Избыточную щелочность устраняют путем внесения гипса, нитратов кальция, материалов, содержащих гипс, серную кислоту, сульфат железа, пиритовые огарки или серу:
- $[\text{ППК}^{2-}] 2\text{Na}^+ + \text{CaSO}_4 \leftrightarrow [\text{ППК}^{2-}] \text{Ca}^{2+} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ .
- Норму гипса определяют по содержания в почве (ППК) обменного натрия.
- ***Буферность почв.***
- Благодаря поглотительной способности, почвы обладают уникальным свойством – буферностью: ***способностью почвы противостоять изменению реакции почвенного раствора.***
- Различают буферность против кислотных и буферность против щелочных агентов.

## Виды буферности

- Буферность зависит от химического, минералогического и гранулометрического составов, содержание гумуса, глинистых минералов, состава поглощенных катионов, ЕКО и свойств почвенного раствора.
- Почвы, насыщенные основаниями –  $V > 80\%$  (черноземы, каштановые), обладают высокой буферностью против подкисления:

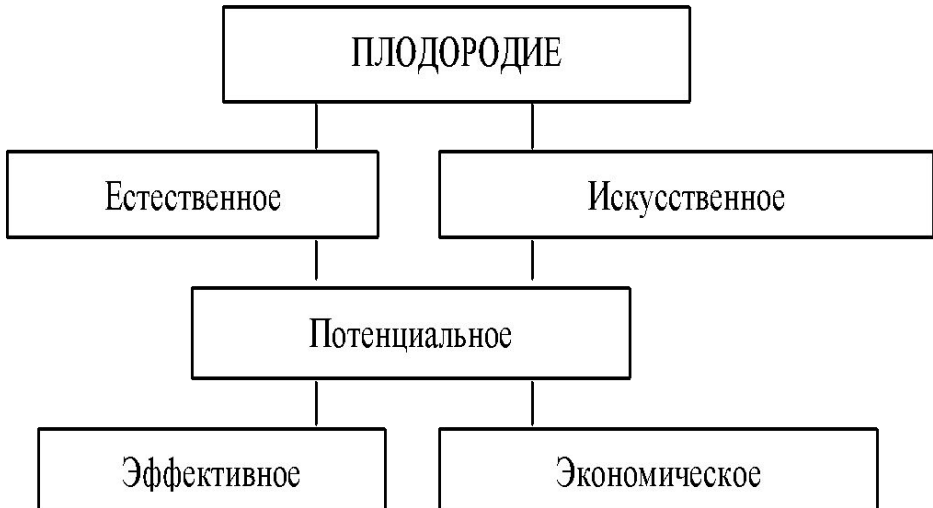


- Не насыщенные основаниями почвы –  $V < 50\%$  (подзолистые, красноземы) характеризуются повышенной буферностью против подщелачивания, так как все ионы натрия поглощаются ППК в обмен на ион водорода:



# Плодородие почв

- Под плодородием понимают ее способность обеспечивать рост и воспроизводство растений в конкретных экологических условиях и при конкретных управляющих воздействиях (технологиях).
- Различают: естественное; искусственное. Которые подразделяются на потенциальное, эффективное, экономическое.



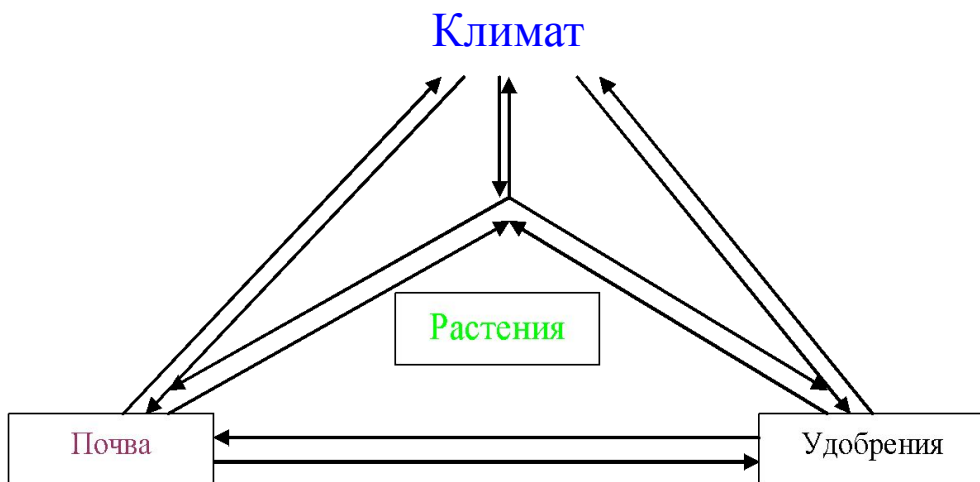
## Виды плодородия

- **Естественное** (природное) плодородие – то плодородие, которым обладает почва в природном состоянии без вмешательства человека.
- **Искусственное** (антропогенное) плодородие – плодородие, которое приобретает почва в результате действия на нее целенаправленной человеческой деятельности (обработка, мелиорация, применение удобрений и др.).
- **Потенциальное плодородие** – суммарное плодородие почвы, определяемое ее свойствами, как приобретенными в процессе почвообразования, так и созданными или измененными человеком.
- **Эффективное плодородие** – та часть потенциального плодородия, которая реализуется в виде урожая растений при данных климатических условиях и агротехнике.
- **Экономическое плодородие** – экономическая оценка почвы в связи с ее потенциальным плодородием и экономическими характеристиками конкретного поля.

## Параметры плодородия

- К параметрам, оценивающим плодородие почвы, относятся: тип почвы;
- гранулометрический состав;
- кислотность (рН, обменная и гидролитическая кислотности, степень насыщенности почв основаниями);
- содержание, запасы и тип гумуса;
- структурность и водно-физические, тепловые свойства; содержание и запасы подвижных соединений азота, фосфора, калия;
- поглощательная способность;
- биологическая активность почв.

- Продуктивность фитоценозов и агроценозов служит главным критерием оптимальности и взаимообусловленности всех компонентов, входящих в систему «почва – климат – удобрения – растения».
- Интегральной величиной, оценивающей плодородие почв, служит урожайность растений, включающая как основную, так и побочную продукцию.
- Почвенное плодородие формируется под влиянием нескольких факторов, находящихся в диалектическом взаимодействии. Это климат, растения, удобрения и сама почва.





- Лимитирующие факторы плодородия

Фактор	Мелиоративный прием
Избыточная кислотность	Известкование
Избыточная щелочность	Гипсование, кислотование, внесение физиологически кислых удобрений
Избыток солей	Промывка на фоне дренажа сбросных и почвенно-грунтовых вод
Высокая глинистость	Пескование, оструктуривание, глубокое рыхление
Высокая плотность	Оструктуривание, рыхление, травосеяние
Недостаток тепла	Тепловые мелиорации: мульчирование поверхности, снегонакопление, лесополосы, пленочные укрытия
Недостаток воды	Орошение, агротехнологические приемы накопления воды в почве (чистый пар) и защита от испарения
Недостаток минерального питания	Минеральные и органические удобрения
Избыток воды - заболоченность	Дренаж осушительный
Недостаток аэрации	Дренаж, оструктуривание, щелевание
Пестрота микрорельефа	Планировка поверхности
Большой уклон поверхности	Террасирование, полосно-контурная обработка.
Малый корнеобитаемый слой, ограниченный внутрипочвенными прослоями	Постепенное углубление корнеобитаемого слоя, ликвидация дифференциации глубокой обработки
Токсикоз химический	Химические и агротехнологические мелиорации
Токсикоз биологический	Агротехнологические и биологические мелиорации, севооборот, парование

## Окультуренность почв

- Чаще всего оценивают эффективное плодородие пахотных почв.
- При проведении земельного кадастра дают оценку земель по их продуктивности в отношении сельскохозяйственных растений, о которой судят по данным урожайности. Суммарным показателем эффективного плодородия рассматривают окультуренность почв.
- ***Рассматривая окультуренность как степень соответствия свойств и режимов почвы требованиям, предъявляемым культурами, можно принять, что параметры свойств почв разной степени окультуренности одновременно являются и мерой уровня плодородия на данной ступени развития земледелия, с его теоретическим, организационным, материально-техническим, экономическим и социальным базисом.***
- В настоящее время накоплен достаточный практический опыт, который позволяет выделить ряд диагностических параметров степени окультуренности почв.

## Степень окультуренности

Диагностические показатели степени окультуренности почв  
(Ковда, Розанов, 1988)

Показатели	Почвы						
	Дерново-подзолистые			Светло-серые		Серые	
	осво енн ые	Оку льт- е	Сил ьно окул ьт-е	Осв оен- ные	Оку льт- е	Осв оен- ные	Оку льт- е
<b>Гумус, %</b>	1,5-2 ,5	2,5- 3,5	3,0- 5,0	1,5- 2,5	3,5- 5,0	2,5- 3,0	<b>3,0- 4,0</b>
<b><math>C_{ГК} / C_{ФК}</math></b>	0,5-0 ,6	0,7- 0,9	1,0- 1,3	0,7- 0,9	1,4- 1,5	1,2- 1,3	<b>1,3- 1,4</b>
<b><math>pH_{КС1}</math></b>	4,4-5 ,0	4,7- 5,5	5,5- 6,5	4,7- 5,5	6,0- 6,5	4,7- 5,5	<b>4,9- 5,7</b>
<b>V, %</b>	<b>40-6 0</b>	<b>60-8 0</b>	<b>&gt; 80</b>	<b>60-7 0</b>	<b>80-9 5</b>	<b>60-7 0</b>	<b>80-9 0</b>

## Показатели окультуренности

- Для выделения градаций разных типов почв по степени окультуренности установлены показатели, которые хорошо коррелируют с урожайностью культур.
- Для дерново-подзолистых почв это комплексный агрохимический балл, который включает значения кислотности, содержание гумуса и подвижных соединений N, P, K.
- Для низкого, среднего и высокого уровня плодородия черноземов используют значения нитрификационной способности почвы, которая, как правило, коррелирует с урожайностью зерновых культур.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ПОЧВ

- При этом любое взаимодействие всегда предполагается исследование как прямой, так и обратной связи в системе :
- объект – окружающая среда и ее компоненты. Это следует из представления о системах и их функционировании.
- В случае с почвами изучается весь спектр взаимодействий:
- участия различных факторов почвообразования в формировании, динамике и эволюции почв;
- всю совокупность экофункций с ответным воздействием на почвообразователи и поддержанием их функционирования и развития;
- учение о сохранении почв как незаменимого компонента биосферы.
  
- Экологические функции почв подразделяются на **биогеоценотические и биосферные.**

## Биогеоценологические функции почв.

- Эти функции почв по контролирующим свойствам и параметрам почв объединены в несколько групп:
- 1) **физические** :
  - жизненное пространство;
  - жилище и убежище;
  - механическая опора;
  - депо семян и других зачатков);
- 2) **химические, биохимические и физико-химические** :
  - источник элементов питания; депо влаги, элементов питания и энергии;
  - Не менее важно в реализации этой функции (мобилизация элементов минерального питания, находящихся в связанном состоянии; оптимизация кислотности; соотношения доступных элементов питания).
- **стимулятор и ингибитор биохимических и других процессов;**
- Фитонциды березы действуют положительно на развитие дуба, а почвенные (корневые выделения) – отрицательно.
- **сорбция веществ, поступающих из атмосферы и с грунтовыми водами;**
- **сорбция микроорганизмов);**
-

- Чрезвычайно важными являются функции почвы, **определяемые ее физико-химическими свойствами, особенно сорбционными.**
- Благодаря сорбционной функции, возможна жизнь не только на богатых, но и на бедных по химическому составу почвах.
- Эта функция способствует инаktivации различных загрязнителей природной среды путем образования прочносвязанных и труднорастворимых соединений.
- Наряду с положительным влиянием сорбционных свойств почв на экологическое состояние среды, есть и отрицательное влияние.
- Примеры: минеральное питание, водный режим на тяжелых по гран. составу почвах, Na в солонцовом процессе.

## Биогеоценотические функции

- **3) информационные:**
- сигнал для ряда сезонных и других биологических процессов;
- регуляция численности, состава и структуры биоценозов;
- пусковой механизм некоторых сукцессий;
- «память» биоценоза);
- Так, достижение определенных уровней температуры и влажности почвы служит сигналом для начала ростовых процессов растений или прекращения сезонных циклов жизнедеятельности организмов.
- Показано, что в пределах любого типа биоценоза с корнями каждого вида растений связаны специфические комплексы почвообитающих организмов: грибы микоризы, ризосферные бактерии, фитофаги – нематоды, насекомые и



- Д. Л. Арманд (1975) считает, что почва является памятью ландшафта. В ней зафиксирована программа возможностей функционирования связанных с почвой биоценозов, так как процессы и свойства почвы представляют собой механизм, возникший в результате адаптации биоценозов к окружающей среде.
- Интересна концепция В. О. Таргульяна и И. А. Соколова (1976) о двуединой природе почвы, согласно которой почвенное тело состоит из «почвы-памяти» – комплекса устойчивых свойств и признаков, возникающих в ходе всей истории ее развития, и «почвы-момента» – совокупности наиболее изменчивых процессов и свойств почвы в момент наблюдения.
- Было установлено, что различные свойства и компоненты почвы отражают факторы и процессы почвообразования с разной скоростью, и введено понятие «характерное время» (ХВ).
-

- Под ХВ какого-либо природного объекта или его отдельных компонентов понимается время, которое необходимо для того, чтобы данный объект и его составляющие, развивающиеся под влиянием определенных факторов среды, пришли в равновесие с этим фактором.
- ХВ почвенного профиля в целом иное, чем его отдельных компонентов. Так, на образование зрелого почвенного профиля требуются сотни, тысячи и десятки тысяч лет, в то время как ХВ отдельных составляющих (влажности, температуры, почвенного раствора, гумусовых и солевых горизонтов) оказывается намного меньше.
- **4) целостные:**
- аккумуляция и трансформация веществ и энергии, находящихся в биогеоценозе или поступающих в него;
- санитарная функция;
- буферный и защитный биогеоценозотический экраны.

# Целостные биогеоценотические функции почвы.

- Они раскрывают роль почвы в трансформации вещества и энергии в биогеоценозе, при этом энергия высвобождается не только в тепловой, но и в химической формах
- Санитарная роль почвы: деструкция поступающих на поверхность почвы органических остатков; антисептические свойствами, лимитирующие развитие в почве болезнетворных микроорганизмов; самоочищение от патогенной микрофлоры
- Почва выполняет функцию защитного и буферного биогеоценотического экранов: способность почв нивелировать резкие колебания входных потоков вещества и энергии; защита почвой БГЦ от механического разрушения; восстановление нарушенных биогеоценозов за счет запаса в почве семян.

## Глобальные функции

Сфера влияния	Литосфера	Гидросфера
Основные виды глобальных функций почв	Биохимическое преобразование верхних слоев литосферы	Трансформация поверхностных вод в грунтовые
	Источник твердого вещества и микроорганизмов, поступающих в атмосферу	
	Передача аккумулированной солнечной энергии в глубокие части литосферы	Участие в формировании речного стока
		Фактор биопродуктивности водоемов за счет привносимых почвенных соединений
	Защита литосферы от чрезмерной эрозии и условие ее нормального развития	Сорбционный барьер, защищающий от загрязнения акватории

## Функция почва-литосфера

- Литосферные функции почв включают: биохимическое преобразование верхних слоев литосферы при участии почвообразовательного процесса; роль почвы как источника вещества для образования минералов, пород, полезных ископаемых; вклад почвы в защиту литосферы от чрезмерной эрозии, в обеспечение условий ее нормального развития.
- В реализации литосферной функции почва выступает как защитный экран литосферы и условие ее нормального развития.
- Нельзя забывать и о роли почвы в передаче аккумулированной солнечной энергии и вещества атмосферы в недра Земли.

- ### Почва-гидросфера

- Из числа важных почвенных гидрологических функций следует рассмотреть трансформацию почвой атмосферных осадков в почвенные и грунтовые воды.
- Почвы принимают активное участие в формировании речного стока и водного баланса.

## Глобальные функции почва-атмосфера

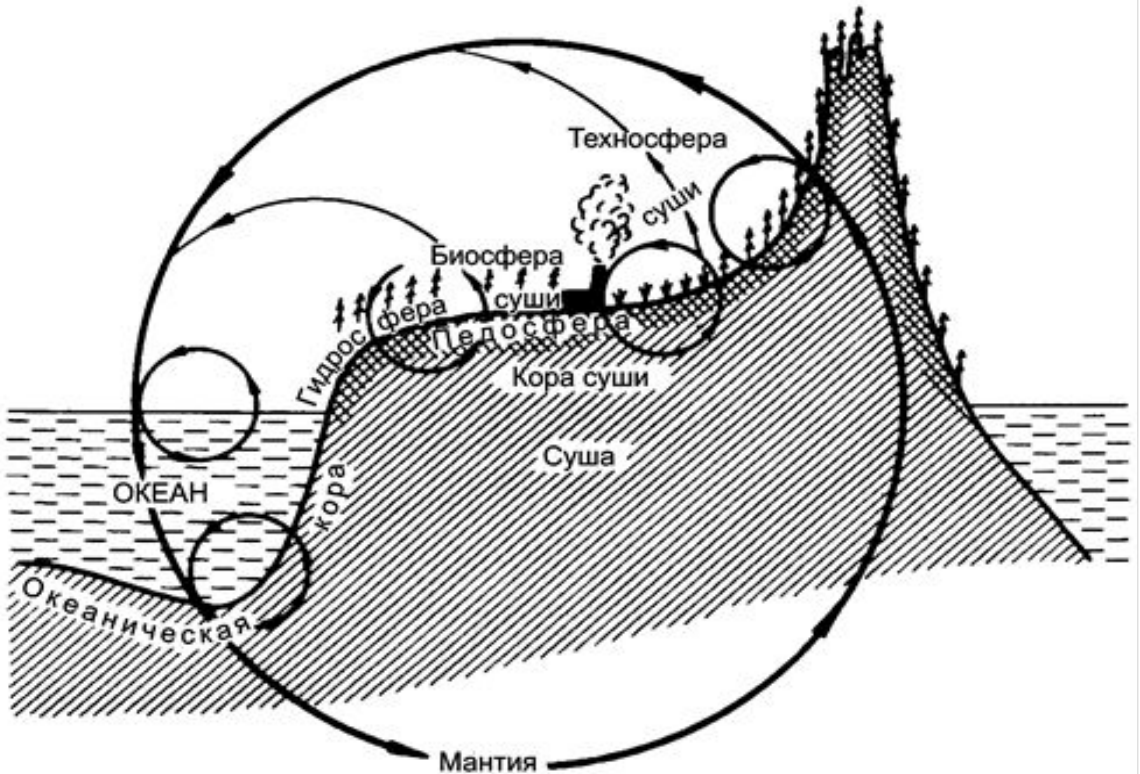
Сфера влияния	Атмосфера	Биосфера в целом
Основные виды глобальных функций почв	Поглощение и отражение солнечной радиации	Среда обитания, аккумулятор и источник вещества и энергии для организмов суши
	Регулирование влагооборота атмосферы	Связующее звено биологического и геологического круговоротов
	Источник вещества для образования минералов, пород, полезных ископаемых	
	Поглощение и удержание некоторых газов от ухода в космическое пространство	Защитный барьер и условие нормального функционирования биосферы
	Регулирование газового режима атмосферы	Фактор биологической эволюции

- Группа атмосферных функций почв включает: поглощение и отражение почвой солнечной радиации; регулирование влагооборота атмосферы; поставку в воздушную оболочку твердого вещества и микро-организмов; поглощение и удержание некоторых газов от ухода в космическое пространство; регулирование газового режима атмосферы.

- **Общебиосферные функции**

- В группе общебиосферных функций почва выступает как среда обитания, аккумулятор и источник вещества и энергии для организмов суши, связующее звено биологического и геологического круговоротов, планетарная мембрана, защитный барьер и условие нормального функционирования биосферы, фактор биологической эволюции.
- К настоящему времени накоплены также достаточно обширные сведения, свидетельствующие об огромном значении почвы в эволюции биосферы.
-

**Этносферные** функции почв включают: роль почвы как одного из важных факторов существования и динамики этносферы; участие ее в формировании полезных ископаемых и энергетических ресурсов, используемых этносом Земли; значение почвы как места для размещения промышленных и дорожных объектов; сохранение почвой информации о развитии природной среды и прошлого человечества.

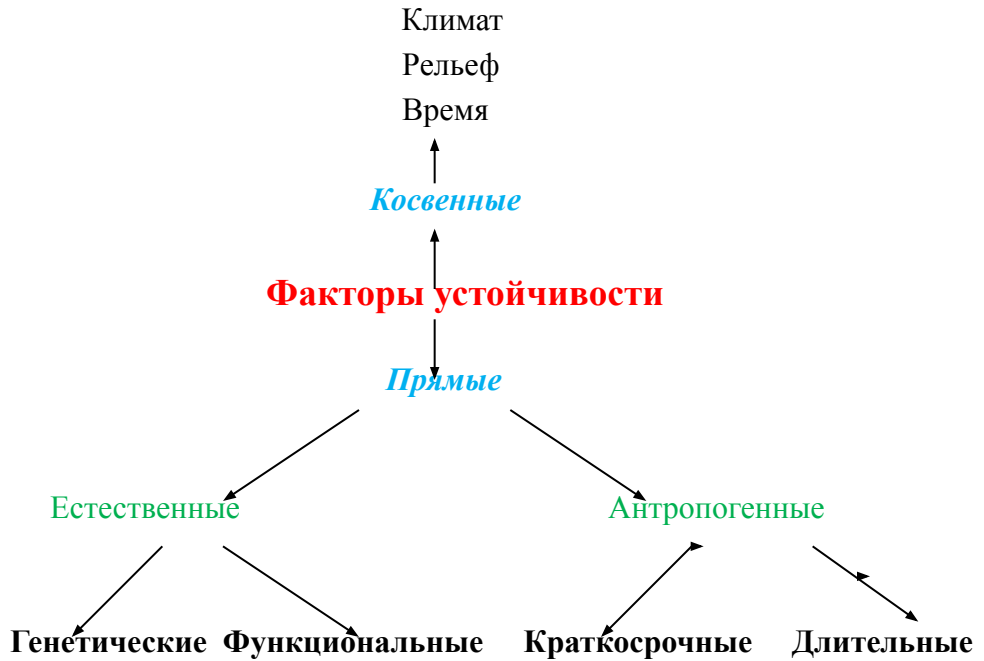




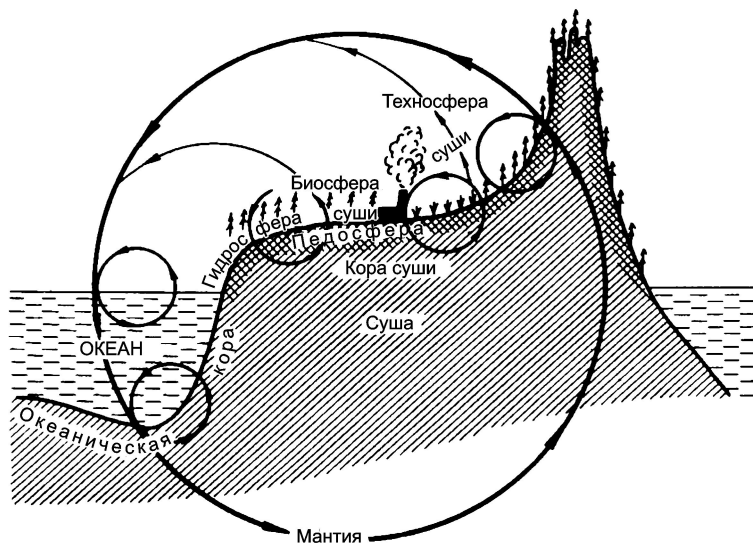
## Устойчивость почв к внешним воздействиям

- Кроме экологических биогеоценологических функций почва обладает еще одним очень важным свойством – устойчивостью к внешним воздействиям.
- Под устойчивостью почв к антропогенным воздействиям (особенно при химическом загрязнении) следует понимать способность почв к образованию прочносвязанных соединений и их трансформации при активном участии почвенной биоты, а также восстановление экосистем как за счет генетических свойств почв, так и путем применения материалов, веществ и приемов, используемых человеком для восстановления взаимосвязей и нормального функционирования биокосной системы.

# Концептуальная блок-схема устойчивости почв к антропогенным воздействиям



- Общая схема большого геологического круговорота веществ.





## ГЕНЕЗИС, КЛАССИФИКАЦИЯ И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

### • *Факторы почвообразования*

- Почва образуется при воздействии:
- горных пород, рельефа, климата, биоты, времени
- .

### • **Почвообразующие породы**

- Породы по происхождения представлены тремя группами: массивно-кристаллические; плотные осадочные; рыхлые осадочные.
- *Массивно-кристаллические породы* образуются в глубоких недрах Земли при очень большом давлении и высоких температурах.
- По общим особенностям химического состава эти породы подразделяются на **кислые, основные и переходные**.
- Различия между ними основываются на соотношении устойчивых и неустойчивых минералов.
- **Кислые породы** (гранит, дацит и др.). В них больше устойчивых к выветриванию минералов (кварц, полевые шпаты), но содержащих меньше оксидов Fe, Al.

- **Основные породы** (базальт, габбро и др). В них больше
- неустойчивых к выветриванию минералов, обогащенных оксидами Fe, Al.
- ***Плотные осадочные породы (ПОП)*** – это сцементированные продукты измельчения и преобразования массивно-кристаллических пород, химические и биологические осадки, а также образования вулканического происхождения.
- По химическому составу ПОП делятся на ***углистые, глиноземные, железистые, силикатные, карбонатные и засоленные.***
- Большую массу этих пород составляют глинистые образования.

- Наиболее широко распространены на поверхности Земли ***рыхлые осадочные породы (РОП)***.
- По своему происхождению РОП делятся на:  
*гравитационные (отложения осыпей, оползней, обвалов),  
водные (аллювиальные, водно-ледниковые, озерные и др.),  
моренные, золовые и др.*
- В них небольшая доля первичных минералов и, напротив, высокое содержание вторичных, обилие новообразованных соединений.
- ***Биологический фактор почвообразования.***
- Деятельность растений, животных и микроорганизмов является неотъемлемой частью генезиса почв.
- Главное отличие почвы от горной породы – накопление в ней органического вещества.

- В почве обитают представители всех четырех царств живой природы — **растения, животные, грибы, прокариоты (бактерии, актиномицеты)**.
- Пионерами в освоении и преобразовании минерального в-ва в почве являются различные виды микроорганизмов, лишайники, водоросли. Они не создают почву, они готовят *биогенный мелкозем* — субстрат для поселения высших растений — основных продуцентов органического в-ва.
- Почвы являются важнейшим компонентом биогеоценозов, представляющие собой сложную взаимосвязанную систему, включающую: растительность, местный климат, почвы, животных, микроорганизмы, локальные условия рельефа, горные породы, поверхностные и грунтовые воды ландшафтов.
- Поток энергии и в-ва и обмен ими идет непрерывно в системе живое вещество — почва в зависимости от конкретных условий (арктическая пустыня, тундра, тайга, степь, пустыня).
- В зависимости от химического состава Р.О. создается определенный тип биологического круговорота в различных растительных ассоциациях.



## Растительная биомасса

- Биологическая продуктивность основных типов растительности, ц/га (Родин, Базилевич, 1965)**

Тип раст.	Биомасса		Прирост	Опад	А или О
	Общая	Корни			
• Арк. Тундра	50	35	10	10	35
• Ельники сев. Т	1000	220	45	35	300
• Ельники ср. Т	2600	598	70	50	450
• Ельники южн. Т	3300	735	85	55	350
• Дубравы	4000	960	90	65	150
• Степи луговые	250	205	137	137	120
• Степи сухие	100	42	42	42	15
• Саванны	666	39	120	114	13
• Трапич. Леса	5000	900	325	250	20

- Так, для **еловых насаждений** характерен круговорот **Ca — N**, для **широколиственных лесов N — Ca**, для **злаковых лугов N — K**, для **галофитной растительности Cl — Na**.
- Растительность, влияя на направление почвообразовательного процесса, сама является четким индикатором изменений почвенных условий.
- Наряду с высшей растительностью на формирование почв оказывает влияние почвенная фауна — беспозвоночные и позвоночные, которые делятся по размерам на:
  - микрофауну — организмы размером менее 0,2 мм (протозоа, нематоды и т.д.);
  - мезофауна — животные размером от 0,2 до 4 мм (мельчайшие насекомые, специфические черви);
  - макрофауна — от 4 до 80 мм (земляные черви, моллюски, насекомые);
  - мегафауна — животные более 80 мм (крупные насекомые, кроты, змеи, черепахи, грызуны, лисы, барсуки и др.)

- **Функции фауны:** переработка органических остатков (гумус); накопление элементов питания (особенно N — минерального, органического).
- Почвенная биота находится в тесной связи с эколого-географическими закономерностями распределения почв на земном шаре и отражает специфику взаимоотношений между представителями органического мира и другими факторами почвообразователями.

## Климат

- **Климат** – многоаспектный фактор, управляющий практически всеми стадиями почвообразования.
- Выражающийся в количестве солнечной энергии и влаги, поступающих на земную поверхность.
- Общий приток тепла к земной поверхности определяется радиационным балансом. Разность между радиацией, поглощенной поверхностью Земли и эффективным излучением. Его величина зависит от широты местности, характера подстилающей поверхности, степени увлажнения.

Пояс	Среднегодовая $t^{\circ}$ , $^{\circ}\text{C}$	Радиационный баланс, $\text{кДж}/\text{см}^2$ в год	Сумма активных $t^{\circ}$
Полярный	– 23 – 15	21-42	400-500
Бореальный	–4 + 4	42-84	2 400
Суббореальный	+ 10	84-210	4 000
Субтропический	+ 15	210-252	6000-8000
Тропический	+ 32	252-336	8000-10000

## Обеспеченность суши водой (Будыко, 1968)

• Климатическая область	Среднегодовое кол-во осадков, мм	Коэффициент увлажнения (КУ)
• Исключительно сухие (супераридные)	10-20	0,2-0,1
• Засушливые (аридные)	50-150	0,5-0,3
• Умеренно сухие (семиаридные)	200-400	0,7-0,5
• Влажные (гумидные)	500-800	1,0
• Избыточно влажные	1500-2000	1,2-1,5
• Особенно влажные (супергумидные)	3000-5000	1,5-2,0-3,0

- В зависимости от КУ выделяют водные режимы: промывной  $KУ = > 1$ , непромывной —  $1,0$ ; выпотной —  $< 1$ .
- В соответствии с поступлением влаги и ее дальнейшим перераспределением природные регионы характеризуются показателем радиационного индекса сухости  $K=R/ar$ , где
- $R$  – радиационный баланс, кДж/(см<sup>2</sup> в год);  $r$  – количество осадков в год, мм;  $a$  – скрытая теплота фазовых преобразований воды, Дж/г.
- Индекс сухости показывает, какая доля  $R$  тратится на испарение осадков.

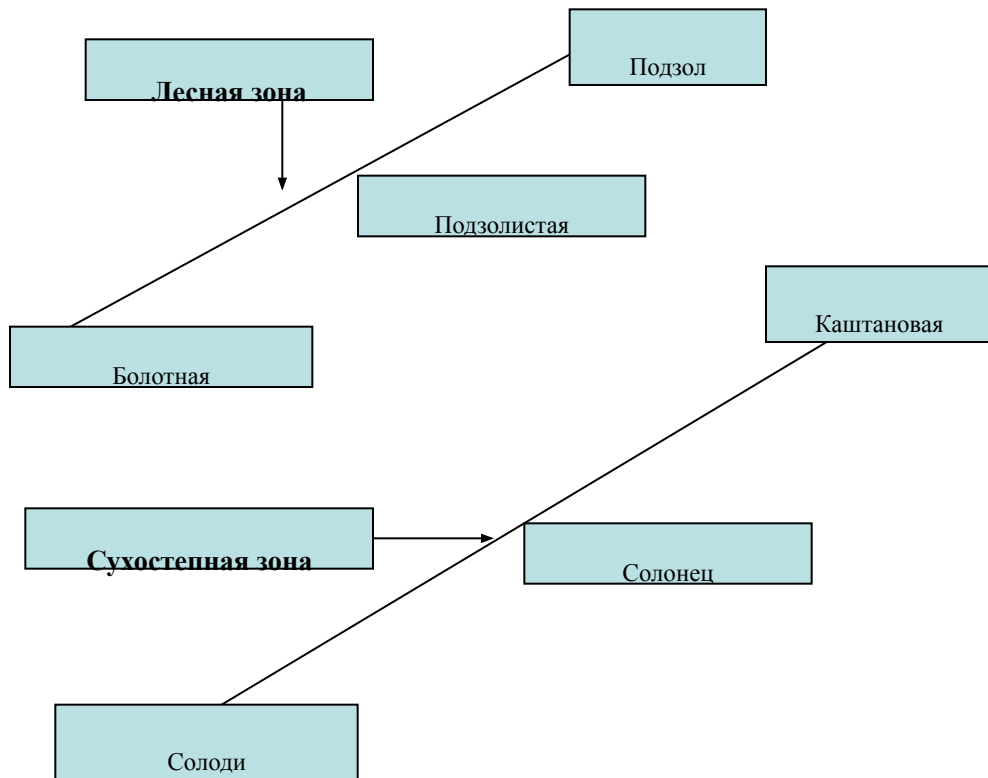
Зона и подзона	$R/ar$	Зона и подзона	$R/ar$
Северная тундра	0,37-0,40	Широколиственные леса	0,85-1,00
Южная тундра	0,40-0,55	Лесостепь	1,00-1,30
Лесотундра	0,55-0,56	Степь	1,30-2,50
Северная тайга	0,56-0,60	Северные полупустыни	2,50-4,00
Средняя тайга	0,60-0,75	Южные полупустыни и	
Южная тайга	0,75-0,85	пустыни	3,00-15,00

## Рельеф

- Область микроклимата — приземный слой воздуха на высоте до 2 м от поверхности Земли.
- Для оценки взаимодействия между приземным слоем атмосферы и почвой берется сопряженность среднегодовой  $t^0$  воздуха на высоте 2 м и среднегодовой  $t^0$  почвы на глубине 20 см.

- **Рельеф**

- Выступает как фактор перераспределения тепла, влаги и твердых частиц на поверхности Земли. Благодаря ему имеет место дифференциация почв в ландшафте.
- **Прямая роль** рельефа получает отражение в развитии эрозионных процессов (ветровая, водная).
- **Косвенная роль** выражается через перераспределение климатических показателей (тепло, влага).
- Наиболее яркое проявление косвенной роли рельефа — вертикальная климатическая, почвенная и растительная зональность в горах.





- Неуструев С.С. ввел понятие о автоморфных, полугидроморфных и гидроморфных почвах.
- Различают:
- **макрорельеф** — определяет строение поверхности больших территорий (равнины, плато, горы).  
*Определяет зональность ПП, его структуру;*
- **мезорельеф** — определяет строение ПП в пределах конкретного ландшафта;
- **микрорельеф** — мелкие формы рельефа в пределах  $h=1$  м.
- *Определяет пятнистость и комплексность ПП.*
- Элементарные ландшафты и приуроченные к ним почвы по условиям миграции химических элементов делятся на элювиальные, супераквальные и субаквальные.
- Оценить роль рельефа в почвообразовании можно только при учете совокупного взаимодействия всех факторов почвообразования в пределах конкретной местности.

## Время как фактор почвообразования

- Процесс почвообразования протекает во времени.
- Время, в отличие от других факторов почвообразования, не влияет непосредственно на этот процесс, так как не является источником вещества и энергии, необходимых для образования почв.
- Различают абсолютный и относительный возраст почв.
- **Абсолютный возраст** – время, прошедшее с начала формирования почвы до настоящего момента (самые древние и молодые).
- **Относительный возраст** характеризует скорость почвообразовательного процесса, быстроту смены одной стадии развития почв другой.
- О нем судят по гумусированности, дифференцированности, мощности почвенного профиля, по аккумуляции или обедненности хим. элементами.
- Изменение почв во времени называется **развитием**.

- В этом процессе выделяют несколько фаз: **начальная** (примитивные почвы); **неполно развитых** (А и С); **развитых почв** (А, В и С).
- Из всех компонентов ландшафта почва обладает наиболее выраженной способностью к отражению факторов географической среды, она записывает, хранит в своем генетическом профиле огромное количество информации.
- Двуединая природа почвы. Почва — память и почва — момент. Скорость изменения состава, свойств почв различна.
- Для измерения этих изменений введено понятие «характерное время».
- **«Эволюция почв»** — изменение уже **сформированных** (зрелых) почв, связанное с эволюцией всей природной среды (болотные — дерново-подзолистые).

## Выветривание

- Выветривание – совокупность сложных процессов количественного и качественного изменений горных пород и слагающих их минералов под воздействием агентов атмосферы, гидросферы и биосферы.
- Верхние слои горных пород, где протекают процессы выветривания, называются корой выветривания.
- Процесс выветривания пород и минералов складывается из ряда элементарных процессов, среди которых выделяют **физическое, химическое и биологическое выветривание**.
- **Физическое выветривание** – механическое раздробление горных пород и минералов без изменения их химического состава.
- **Химическое выветривание** – процесс химического изменения и разрушения горных пород и минералов с образованием новых минералов и соединений.
- В почвах идут **реакции растворения, окисления, гидратации и гидролиза минералов**.

- **Растворение.** Наибольшей растворимостью обладают хлориды, сульфаты и карбонаты щелочных металлов, менее растворимы карбонаты кальция и магния.
  - **Гидролиз** приводит к замене катионов щелочных и щелочноземельных металлов кристаллической решетки минералов на ионы водорода молекул воды:
    - $\text{KAlSi}_3\text{O}_8 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HAlSi}_3\text{O}_8 + \text{KOH}$ ,
    - ортоклаз
    - $\text{HAlSi}_3\text{O}_8 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,
    - $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .
- кальцит

Коллоидные соединения кремния, алюминия служат исходным материалом для новообразования вторичных глинистых минералов, аккумулирующихся в корах выветривания.

- **Гидратация** – химический процесс присоединения молекул воды к частицам минералов:
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 + n\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .
- гематит                                  лимонит
  
- **Окисление** – наиболее распространенный и активный процесс выветривания минералов, заключающийся во взаимодействии минералов с кислородом:
- $2\text{FeS}_2 + 7\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$ ,
  
- В результате химического выветривания разрушаются кристаллические решетки первичных минералов, порода обогащается глинистыми минералами и приобретает связность, влагоемкость, поглотительную способность и другие свойства, более характерные для почв.

**Биологическое выветривание** – механическое разрушение и химическое изменение горных пород и минералов под действием организмов и продуктов их жизнедеятельности.

- **Под влиянием выветривания формируются коры выветривания**
- Б. Б. Польшин (1934) установил следующие стадии развития кор выветривания в элювиальном процессе: 1) обломочная; 2) обызвесткованная; 3) сиаллитная насыщенная; 4) сиаллитная ненасыщенная (выщелоченная); 5) аллитная. Среди них выделяют две главные: **сиаллитную**, распространенную в регионах с умеренно влажным климатом, которая характеризуется образованием глинистых минералов монтмориллонитовой группы и гидрослюд, а также сохранением устойчивых первичных минералов; **аллитную**, формирующуюся в условиях влажного субтропического и тропического климата, которая отличается почти полным разрушением первичных минералов (кроме кварца), выносом оснований и кремнезема, накоплением вторичных минералов группы гидроксидов Al, Fe, а также каолинита.

- Коры выветривания делятся:
- **по возрасту образования и характеру залегания:** современные (голоценового возраста), древние (доголоценового возраста), ископаемые (погребенные);
- **по геохимическому типу:** заново вышедшие на поверхность, переотложенные, элювиальные (остаточные), ортоэлювиальные (на плотных магматических породах), параэлювиальные (на плотных осадочных породах), неоэлювиальные (на рыхлых четвертичных осадочных породах), транзитные (элювиально-аккумулятивные), аккумулятивные;



- **по вещественному составу:** засоленные, загипсованные, обызвесткованные (присутствие  $\text{CaCO}_3$ ), сиаллитные насыщенные ( $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 > 2$ , преобладание  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  или  $\text{Na}^+$  в ППК), сиаллитные ненасыщенные ( $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 > 2$ , преобладание  $\text{H}^+$  или  $\text{Al}^{3+}$  в обменной форме), ферсиаллитные ( $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 > 2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Al}_2\text{O}_3$ ), ферритные (ожелезненные) (преобладание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), альферритные ( $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 < 2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Al}_2\text{O}_3$ ), ферраллитные ( $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 < 2$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 < \text{Al}_2\text{O}_3$ ), аллитные (бокситовые) ( $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 < 2$ , преобладание  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).
- **Кора выветривания** – продукт разрушения, трансформации и переотложения горных пород.
- **Почва** – результат новообразования специфического биокосного природного тела.

## Процессы почвообразования

- **Почвообразовательным процессом** называется совокупность явлений превращения и перемещения веществ и энергии, протекающих в почвенной толще.
- Он относится к категории био-физико-химических процессов. Основными его агентами являются живые организмы и продукты их жизнедеятельности, вода, кислород воздуха и  $\text{CO}_2$ .
- Наиболее важные составные части почвообразовательного процесса:
  - 1) превращение (трансформация) минералов почвообразующих пород, а затем и самой почвы;
  - 2) накопление органического вещества и его трансформация;
  - 3) взаимодействие минеральных и органических веществ с образованием сложной системы органоминеральных соединений (ОМС);
  - 4) аккумуляция в верхних горизонтах ряда биофильных элементов;
  - 5) перемещение продуктов почвообразования по почвенному профилю, приводящее к формированию различных генетических горизонтов.
-

## Виды процессов

- Выделяют микро-, мезо- и макропроцессы почвообразования.
- **Микропроцессы** – почвенные процессы, протекающие на уровне горизонта. Это наиболее простые и многочисленные процессы и явления в почвах.
- К ним относятся:
  - нагревание - охлаждение,
  - увлажнение–высыхание,
  - поглощение питательных веществ организмами, разложение органических остатков,
  - формирование новообразований и т.д.
- **Мезопроцессы**, или, как их иногда называют, элементарные почвенные процессы (ЭПП), слагаются из микропроцессов и протекают на уровне почвенного профиля.
- К ним относятся:
  - гумусово-аккумулятивный,
  - подзолистый,
  - глеевый,
  - процесс торфонакопления,
  - процессы засоления, осолонцевания, осолодения и т.д.

- **Макропроцессы** – совокупность элементарных почвенных процессов, характеризующих тип почвообразования.

- **ЭПП**

- В настоящее время выделяют следующие элементарные почвенные процессы:
- **1. Биогенно-аккумулятивные ЭПП** - подстилкообразование; торфообразование; гумусообразование;
- дерновый процесс (интенсивное гумусообразование и накопление биофильных элементов под луговой травянистой растительностью).
- **2. Гидрогенно-аккумулятивные ЭПП** – связанные с современным или прошлым влиянием грунтовых вод на почвообразование (засоление; загипсовывание; окарбоначивание; оруденение; латеритизацию (процесс аллохтонного внутрипочвенного ожелезнения); кольматаж ( гидрогенный процесс накопления материала на поверхности почвы и в порах ее верхних слоев).
-

- **3. *Метаморфические ЭПП*** – группа процессов трансформации породообразующих минералов *in situ* без элювиально-иллювиального перераспределения компонентов в почвенном профиле. К ним относятся:
  - сиаллитизация;
  - ферраллитизация;
  - ожелезнение;
  - оглеение;
  - слитизация
- **4. *Элювиальные ЭПП*** – группа процессов, связанных с разрушением или трансформацией почвенного материала в элювиальном горизонте, выносом продуктов разрушения или трансформации с нисходящим или латеральным током воды. К ним относят:
  - выщелачивание;
  - оподзоливание;
  - лессивирование;
  - сегрегацию;
  - Al–Fe-гумусовый процесс.

## ЭПП

- **5. Иллювиально-аккумулятивные ЭПП** – группа процессов аккумуляции вещества в средней или нижней части профиля элювиально-дифференцированных почв.
- К ним относят: глинисто-иллювиальный, гумусо-иллювиальный, железисто-иллювиальный, алюмогумусо-иллювиальный, железисто-гумусо-иллювиальный, Al,Fe-гумусо-иллювиальный, подзолисто-иллювиальный, солонцово-иллювиальный, карбонатно-иллювиальный процессы.
- **6. Деструктивные ЭПП** – группа процессов, ведущих к разрушению почвы как природного тела и в конечном итоге к уничтожению ее. К ним относят: эрозию; дефляцию; стаскивание; погребение т.е. погребенная почва становится реликтом).
- В природных условиях часто наблюдается сочетание нескольких типов почвообразования. Например, сочетание подзолистого и степного типов приводит к формированию типа серых лесных почв, подзолистого и болотного – типа болотно-подзолистых почв и т.д.

## ЭПП

- Почвообразовательный процесс складывается из следующих компонентов вещественно-энергетического баланса:
- 1) приток вещества и энергии в почву;
- 2) превращение веществ и энергии в почве;
- 3) перемещение веществ и энергии в почве;
- 4) отток веществ и энергии из почвы.

## Классификация почв

- Объединение почв в группы по важнейшим свойствам, происхождению и особенностям плодородия называют **классификацией почв**.
- Выделяют следующие таксономические категории: **ствол, отдел, типы, подтипы, роды, виды, разновидности, разряды**.
- **Ствол** – высшая таксономическая единица, отражающая разделение почв по соотношению процессов почвообразования и накопления осадков.
- **Ствол постлитогенных почв** – в них почвообразование осуществляется на сформировавшейся почвообразующей породе и существенно не нарушается отложением свежего материала;
- **Ствол синлитогенных почв** – почвообразование протекает одновременно с осадконакоплением (аллювиальные, вулканические почвы);
- **Ствол органогенных почв**, – профиль которых (весь или большая часть) состоит из торфа различной степени разложения и ботанического состава.



- **Отдел** – группа почв, характеризующая единством основных процессов почвообразования, формирующих главные черты почвенного профиля.
- **Тип** – основная таксономическая единица, характеризующаяся *единой системой основных генетических горизонтов* и *общностью свойств*, обусловленных режимами и процессами почвообразования.
- **Подтип** выделяется в пределах типа. Почвы, качественно отличаются по проявлению основного и налагающегося процессов почвообразования
- **Род** выделяют в пределах подтипа. Формирование этих почв связано с влиянием местных условий: состав почвообразующих пород, химизм грунтовых вод, появление особых новообразований, наличие реликтовых горизонтов, признаки древних почвообразований.

- **Виды** почв выделяют в пределах рода по степени развития почвообразовательных процессов (*степень оподзоленности, глубина и степень гумусированности, степень засоленности*) и их взаимной сопряженности.
- **Разновидность** – таксономическая единица, учитывающая разделение почв по гранулометрическому составу всего почвенного профиля (до горизонта С).
- **Разряд** – таксономическая единица, группирующая почвы по характеру почвообразующих и подстилающих пород.
- Многообразие современных почв должно быть разделено на: 1) природные (естественные); 2) антропогенно созданные или антропогенно преобразованные; 3) непочвенные образования.

- Пример названия почвы в системе иерархии таксономических единиц.
- *Ствол*: Постлитогенные почвы
- *Отдел*: альфегумусовые почвы
- *Тип*: подзолы
- *Подтип*: иллювиально-железистые
- *Род*: ненасыщенные
- *Вид*: мелкоподзолистые глубокооглеенные
- *Разновидность*: песчаные
- *Разряд*: на флювиогляциальных песках.
- 
- Полное название: **подзол иллювиально-железистый ненасыщенный мелкий глубокооглеенный на флювиагляциальных песках.**

- Для определения **типа** почв используют генетический принцип.
- Для определения типа почвы необходимо установить:
  - 1) тип почвенного профиля и комплекс соответствующих ему генетических горизонтов;
  - 2) тип географического ландшафта с учетом его истории, сопоставить его с известными типами ландшафтов;
  - 3) географический ареал данной почвы в сравнении с ареалами связанных с ней факторов почвообразования;
  - 4) основные профилеобразующие комплексы элементарных почвенных процессов, формирующих данную почву;
  - 5) тип миграции и аккумуляции веществ в данной почве, сопоставив его с известными типами.

## Постлитогенный ствол

- **Отделы почв:**

- Текстурно-дифференцированных
- Альфегумусовых
- Железисто-метаморфических
- Структурно-метаморфических
- Криометаморфических
- Палево-метаморфических
- Глеевых
- Аккумулятивно-гумусовых
- Аккумулятивно-карбонатных
- малогумусных
- Щелочно-глинистых
- дифференцированных
- Галоморфных
- Гидрометаморфических
- Органно-аккумулятивных
- Элювиальных
- Литоземов
- Слаборазвитых
- Аброземов
- Агроземов
- Агроаброземов
- Турбированных

## Синлитогенный ствол

- **Отделы почв синлитогенного ствола**
  - Аллювиальных
  - Вулканических
  - Стратоземов
  - Слаборазвитых
- **Ствол органогенных почв**
  - **Отделы почв органогенного ствола**
    - Торфяных
    - Торфоземов

- Контрольная работа 1
- Вариант 1
- Назовите категории (формы) почвенной влаги.
- Что понимается под процессом гумусообразования? Его стадии.
- . Что входит в состав твердой фазы почв?
- . Чем обусловлен заряд диффузионного слоя ацидоидов?
- Чем вызвана актуальная и потенциальная кислотность почв?

- Вариант 2

- 1. В чем сущность процессов коагуляции и пептизации коллоидных частиц ?
- 2. Какими компонентами почвы обусловлена поглотительная способность почв?
- 3. В чем отличие обменной от гидролитической кислотностей?
- 4. Какой заряд ядра у базоидов и ацидоидов?
- 5. Состав органического вещества почв.
-



## Главные закономерности географического распространения почв

- Закономерности географического распространения почв обусловлены распределением природных условий на поверхности Земли.
- Это положение лежит в основе важнейших законов географии почв:
- *Закон о горизонтальной (широтной) зональности,*
- *Закон о вертикальной зональности,*
- *закон о почвенно-географических фациях и провинциях*
- *и закон аналогичных топографических рядов почв*
- **Закон горизонтальной (широтной) зональности почв** гласит: занимающие наибольшую площадь типы почв распространены на поверхности континентов Земного шара широкими полосами (зонами), имеющими примерно широтное простираие и последовательно сменяющимися друг друга по мере изменения широты местности и в соответствии с изменением климата, характера растительности, животного мира и других условий почвообразования.
-

## Законы географии

**Закон вертикальной зональности почв** установлен В.В. Докучаевым в 1899 г. на основе исследований почв Кавказа. Этот закон гласит, что в горных системах основные типы почв распространены в виде высотных поясов (зон), последовательно сменяющих друг друга по мере нарастания абсолютной высоты от подножия гор к вершинам в соответствии с изменением климата, растительности и других условий почвообразования.

Закон **фациальности** заключается в том, что принципиальные особенности климатов, обусловленные термодинамическими атмосферными процессами, определяют во многих частях мировых географических поясов радикальное осложнение горизонтальной зональности и способствуют проявлению специфических местных явлений вплоть до формирования особых типов почв и индивидуальных закономерностей их географического распределения.

**Закон аналогичных топографических рядов** гласит: на возвышенных элементах рельефа расположены генетически самостоятельные почвы (автоморфные), с переходом к отрицательным элементам рельефа все большую долю в почвенном покрове занимают почвы генетически подчиненные с аккумуляцией в них веществ подвижных в условиях данной почвенной зоны.