

## **Лекция 12.**

# **Физико-химические и химические свойства почвы (часть I)**

# 1. Поглощительная способность почвы.

## 1.1. Виды поглощительной способности почвы.

---

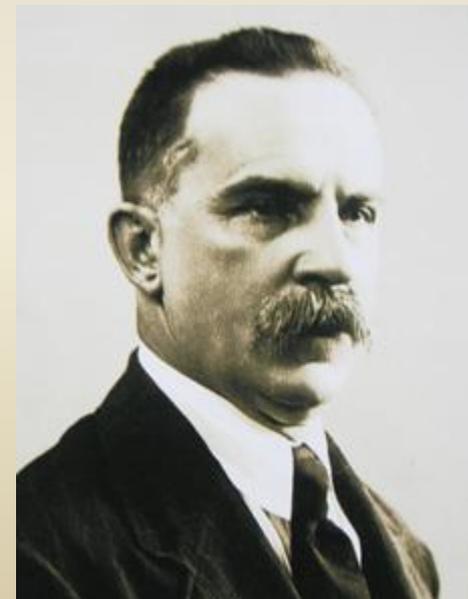
*Поглощительной способностью почвы называется ее свойство поглощать различные твердые, жидкие и газообразные вещества или увеличивать их концентрацию у поверхности содержащихся в почве коллоидных частиц.*

Учение о поглощительной способности почв разработано в трудах К. К. Гедройца, Г. Вигнера, С. Маттсона, Е. Н. Гапона, Б. П. Никольского, Н. П. Ремезова, И. Н. Антипова-Каратаева, Н. И. Горбунова. Наиболее полно характеристика поглощительной способности почв изложена в работах К. К. Гедройца, который выделил пять ее видов:

- механическая;
- химическая;
- биологическая;
- физическая;
- физико-химическая.

**Рис. 1. Константин Каэтанович Гедройц (1872-1932)**

Известный российский и советский почвовед-агрохимик, основоположник коллоидной химии почв, академик Академии наук СССР



# 1. Поглощительная способность почвы.

## 1.1. Виды поглощительной способности почвы.

---

**Механическая поглощительная способность** - это свойство почв поглощать поступающие с водным или воздушным потоком твердые частицы, размеры которых превышают размеры почвенных пор. От размера и формы пор зависят крупность задерживаемых частиц и глубина их проникновения в почву. Вода, проходя сквозь почвенную толщу, очищается от взвесей, что позволяет использовать это свойство почв и рыхлых пород для очистки питьевых и сточных вод. При строительстве оросительных систем свойство почв поглощать твердые частицы используется для заиливания дна и стенок каналов в целях уменьшения потерь воды на фильтрацию (кольматирование каналов, водохранилищ).

**Химическая поглощительная способность** обусловлена образованием в результате происходящих в почве химических реакций труднорастворимых соединений, выпадающих из раствора в осадок. Поступающие в почву в составе атмосферных, грунтовых поливных вод катионы и анионы могут образовывать с солями почвенного раствора нерастворимые или труднорастворимые соединения

# 1. Поглощительная способность почвы.

## 1.1. Виды поглощительной способности почвы.

---

**Биологическая поглощительная способность** вызвана способностью живых почвообитающих организмов (корни растений, микроорганизмы) поглощать различные элементы. Биологическая поглощительная способность характеризуется большой избирательностью поглощения, обусловленной специфической для каждого вида потребностью живых организмов в элементах питания.

**Физическая поглощительная способность** - это способность ее положительно или отрицательно адсорбировать газы, молекулы солей, спиртов, щелочей и других веществ. Растворенное вещество притягивается или отталкивается поверхностью твердых частиц почвы. Интенсивность физического поглощения прямо зависит от количества мелкодисперсных частиц в почве и считается положительным, когда молекулы растворенного вещества притягиваются частицами почвы сильнее, чем молекулы воды, и отрицательным, если сильнее притягиваются молекулы воды. Положительное физическое поглощение аммиака почвой происходит при внесении безводного аммиака или аммиачной воды, отрицательное – растворов нитратов или хлоридов. Это обуславливает высокую подвижность последних в почве, что необходимо учитывать при внесении, нитратных и хлорсодержащих минеральных удобрений.

# 1. Поглотительная способность почвы.

## 1.1. Виды поглотительной способности почвы.

---

**Физико-химическая, или обменная, поглотительная способность** – это способность мелкодисперсных коллоидных частиц почвы (от 0,0001 мм до 0,001 мм), несущих отрицательный заряд, поглощать различные катионы из раствора, причем поглощение одних катионов сопровождается вытеснением в раствор эквивалентного количества других, ранее поглощенных твердой фракцией почвы. Совокупность мелкодисперсных почвенных частиц, обладающих обменной поглотительной способностью К. К. Гедройц назвал почвенным поглощающим комплексом (ППК).

# 1. Поглощительная способность почвы.

## 1.2. Почвенно-поглощающий комплекс (ППК).

### Почвенные коллоиды.

---

**Почвенный поглощающий комплекс (ППК)** — это совокупность минеральных, органических и органоминеральных соединений высокой степени дисперсности, нерастворимых в воде и способных поглощать и обменивать поглощенные ионы.

Почва относится к гетерогенным полидисперсным образованиям, для которых коллоидное состояние вещества имеет большое значение. Поглощительной способностью обладают как коллоидные частицы (меньше 0,0001 мм), так и предколлоидная фракция (меньше 0,001 мм). Диаметр частиц **в 0,001 мм** представляет собой грань, отделяющую механические элементы с резко выраженной поглощительной способностью.

Характерной особенностью почвенных коллоидов является наличие большой суммарной и удельной (поверхность почвенных частиц в м<sup>2</sup> или см в единице массы или объема почвы) поверхности.

# 1. Поглонительная способность почвы.

## 1.2. Почвенно-поглощающий комплекс (ППК).

### Почвенные коллоиды.

Представление о поверхности коллоидов можно получить при подсчете площади всех сторон кубиков, образованных при дроблении  $1 \text{ см}^3$  твердого тела:

Длина ребра, см	Число кубиков	Общая поверхность граней, $\text{см}^2$
1	1	6
0,1	$10^3$	60
0,01	$10^6$	600
0,001	$10^9$	6 000
0,000 0001	$10^{21}$	60 000 000

**Рис. 5. Площадь поверхностей граней кубиков (по К. К. Гедройцу)**

Источник: В.А. Ковда Почва и почвообразование, 1988

Как видно из таблицы, при делении  $1 \text{ см}^3$  вещества таким образом, что каждое ребро нового кубика равно  $0,0000001 \text{ см}$ , общая поверхность всех кубиков составляет  $60\,000\,000 \text{ см}^2$ , или  $0,6 \text{ га}$ .

# 1. Поглощительная способность почвы.

## 1.2. Почвенно-поглощающий комплекс (ППК).

### Почвенные коллоиды.

---

Удельная поверхность является одним из параметров, определяющих химическую активность почв, так как с увеличением дисперсности частиц их химическая активность возрастает. Удельная поверхность (в  $\text{м}^2/\text{г}$ ) коллоидов гумусового горизонта различных суглинистых почв составляет (по В.А. Ковда):

- дерново-подзолистые 29;
- серые лесные 33;
- черноземы 48.

# 1. Поглощительная способность почвы.

## 1.3. Строение и заряд почвенных коллоидов.

**Основу коллоидной частицы, называемой, коллоидной мицеллой, составляет ее ядро, природой которого во многом определяется поведение почвенных коллоидов. Ядро коллоидной мицеллы представляет собой сложное соединение аморфного или кристаллического строения различного химического состава. Обобщенная схема строения коллоидной мицеллы, которой для наглядности придана шарообразная форма, представлена на рис..**

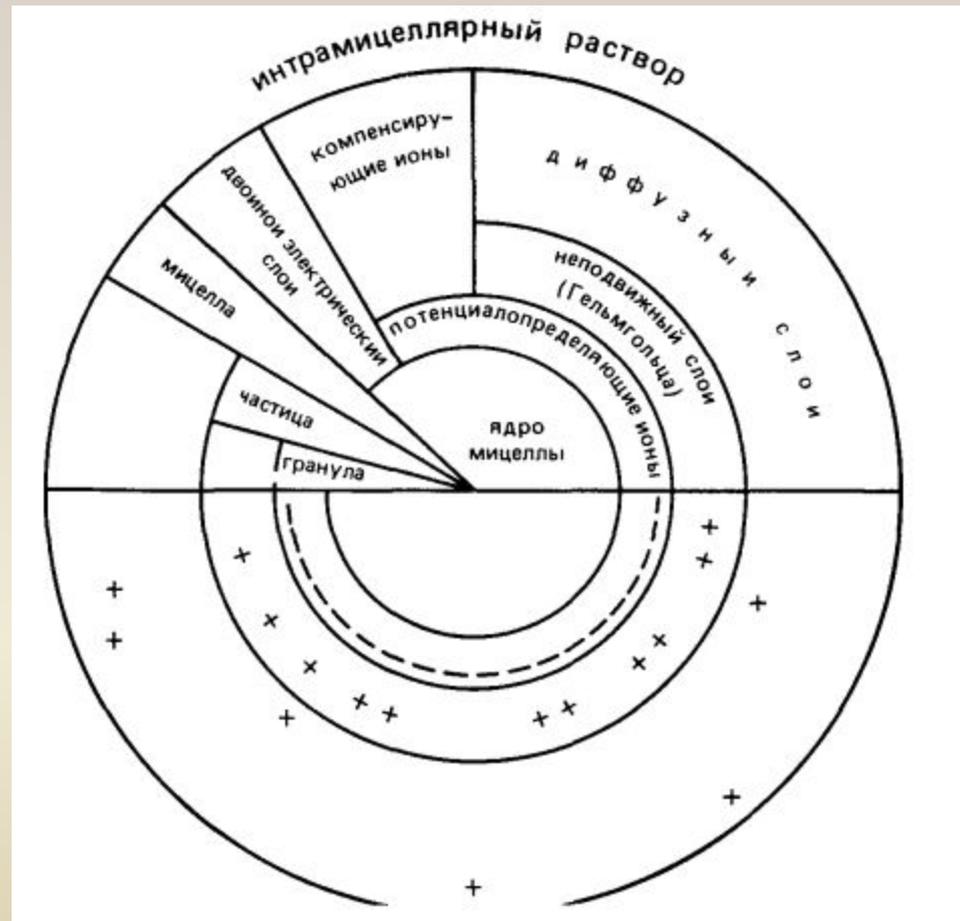


Рис. 5. Схема строения мицеллы коллоида (Н И Горбунов)

# 1. Поглощительная способность почвы.

## 1.3. Строение и заряд почвенных коллоидов.

---

Электростатические силы отрицательно заряженной поверхности твердой фазы притягивают катионы и отталкивают анионы, создавая градиент **концентрации катионов в пределах диффузного слоя с максимумом близ поверхности.**

Однако этому препятствует тепловое движение ионов, стремящееся выровнять их концентрацию во всем объеме раствора. Устанавливающееся под влиянием этих противоположно направленных силовых полей равновесие характеризуется состоянием, при котором избыток катионов, находящихся около поверхности твердой фазы, по мере увеличения расстояния от границы раздела фаз по направлению внутрь почвенного раствора в пределах диффузного слоя уменьшается.

Коллоидная мицелла электронейтральна.

# 1. Поглощительная способность почвы.

## 1.3. Строение и заряд почвенных коллоидов.

**Отрицательный заряд приобретают минеральные коллоиды** за счет разрыва связей и облома пакетов глинистых минералов, различных форм почвенных кальцитов, несиликатных соединений железа и алюминия (их оксидов и гидроксидов) и освобождения валентностей краевых ионов кислорода, при изоморфном замещении в кремнекислородных тетраэдрах минералов группы монтмориллонита четырехвалентного кремния трехвалентным алюминием, алюминия — двухвалентными катионами — железом, магнием.

**Отрицательные заряды у коллоидов органической природы** (например, гуминовая кислота) возникают за счет диссоциации водородных ионов карбоксильных (COOH) и фенолгидроксильных (OH) групп. Наибольшей способностью к диссоциации обладает водород карбоксильной группы. В коллоидной кремнекислоте электрический потенциал создается благодаря диссоциации ионов водорода.

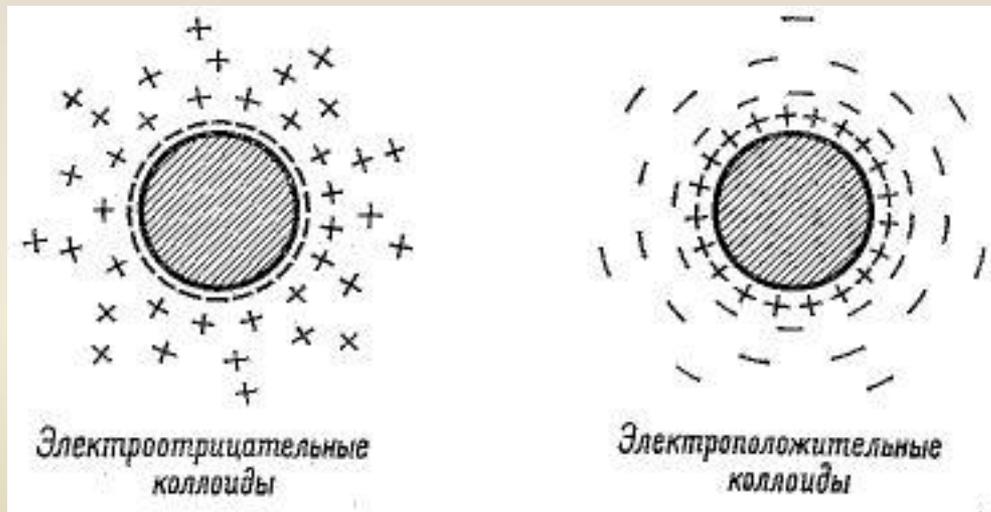


Рис. 6. Коллоиды почвы

Источник: photo.qip.ru

Коллоиды, имеющие в потенциалоопределяющем слое отрицательно заряженные ионы и диссоциирующие в раствор H-ионы, **называются ацидоидами (кислотоподобными)**.

# 1. Поглотительная способность почвы.

## 1.4. Сорбционные процессы в почвах.

---

Основным механизмом физико-химической, или обменной, поглотительной способности почв является **процесс сорбции**.

**Неспецифическая, или обменная, сорбция катионов** — способность катионов диффузного слоя почвенных коллоидов обмениваться на эквивалентное количество катионов соприкасающегося с ним раствора.

Обменные катионы составляют небольшую часть от их общего содержания в почве. В обменном состоянии в почвах обычно находятся  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{F}^{3+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ . В незначительных количествах могут встречаться и иные катионы ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  и др.) Основными закономерностями обменной сорбции катионов являются:

- **эквивалентность обмена** между поглощенными катионами почвы и катионами взаимодействующего раствора.
- в ряду разновалентных ионов энергия **поглощения возрастает с увеличением валентности иона**:  
 $\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{Cs}^+ \ll \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} \ll \text{Al}^{3+}$ ;
- энергия поглощения определяется **радиусом негидратированного иона**: чем меньше радиус, тем слабее связывается ион;
- внутри рядов ионов одной валентности энергия поглощения возрастает с увеличением атомной массы, атомного номера.

# 1. Поглощительная способность почвы.

## 1.4. Сорбционные процессы в почвах.

Катионы	Диаметр, нм			Гидратация (в молях воды на 1 моль катиона)
	негидратированных (В М Гольдшмит, (1926-1927))	гидратированных		
		(Х Пальман, 1933)	(Г Йенни, 1935)	
Li <sup>+</sup>	0,078	0,73	1,003	11—13
Na <sup>+</sup>	0,098	0,56	0,790	9—11
K <sup>+</sup>	0,133	0,38	0,532	5—6
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,143		0,537	2—3
Rb <sup>+</sup>	0,149	0,36	0,509	—
Cs <sup>+</sup>	0,165	0,36	0,505	—
Mg <sup>2+</sup>	0,078	1,08	—	20—23
Ca <sup>2+</sup>	0,106	0,96	—	19—20
Sr <sup>2+</sup>	0,127	0,96	—	—
Ba <sup>2+</sup>	0,143	0,88	—	18—20
Al <sup>3+</sup>	0,057	—	—	—
H <sub>2</sub> O (оксоний)	—	0,135	—	—

**Рис. 7. Диаметр катионов без гидратационных оболочек и в гидратированном состоянии**

Источник: А.Е. Возбуцкая. Химия почв, 1968

# 1. Поглотительная способность почвы.

## 1.4. Сорбционные процессы в почвах.

---

В соответствии с указанными общими закономерностями имеются следующие ряды поглощения ионов:

**одновалентные:**



**двухвалентные:**



Процесс обмена иона электролита с ионом сорбента проходит через **пять последовательных стадий:**

- 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.

# 1. Поглощительная способность почвы.

## 1.4. Сорбционные процессы в почвах.

Минералы, химические соединения	Ёмкость поглощения, мг-экв/100 г	Гидрофильность коллоидов	Знак заряда коллоида	Схематическая формула мицеллы	Физическое состояние в почве
Глинистые минералы группы каолинита	3-20	Гидрофобные	Ацидоид		Гели
Глинистые минералы группы монтмориллонита	80—120	Гидрофильные	Ацидоид		Легко обратимые гели
Гумусовые кислоты и их соли	200- 300	Гидрофильные	Ацидоид	$nR_{\text{гум}} \begin{cases} (\text{COOH}) \text{COO}^- \\ (\text{OH}) \dots \text{O}^- \end{cases}$	Легко обратимые гели, пленки на более крупных фракциях
Гидроксид алюминия	2—3	Гидрофобные	Ацидоид при $\text{pH} > 8,1$	$[(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}) \dots \text{Al}(\text{OH})_2\text{O}^-] \text{H}^+$	Трудно обратимые гели, пленки на более крупных фракциях
			Базоид при $\text{pH} < 8,1$	$[\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O} \dots \text{Al}(\text{OH})_2^+] \text{OH}^-$	
Гидроксид железа	2-3	Гидрофобные	Ацидоид при $\text{pH} > 7$	$[\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O} \dots \text{Fe}(\text{OH})_2\text{O}^-] \text{H}^+$	Трудно обратимые гели, пленки на более крупных фракциях
			Базоид при $\text{pH} < 7,1$	$[(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}) \dots \text{Fe}(\text{OH})_2^+] \text{OH}^-$	
Белковые вещества	Не определялось	Гидрофильные	Ацидоид при $\text{pH} > 7$	$[(R_{\text{бел}} - \text{COOH} \cdot \text{NH}_3) \dots \text{COO}^-] \text{H}^+$	Гели
			Базоид при $\text{pH} < 7$	$[(R_{\text{бел}} - \text{COOH} \cdot \text{NH}_2) \dots \text{NH}_3\text{H}^+] \text{Cl}^-$	
Гидроксид кремния	0	Гидрофильные	Ацидоид	$[(\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}) \dots \text{SiO}_3^-] 2\text{H}^+$	В щелочной среде золи

Рис. 7. Состав почвенного поглощающего комплекса

Источник: А.Е. Возбуцкая. Химия почв, 1968

# 1. Поглотительная способность почвы.

## 1.4. Сорбционные процессы в почвах.

---

Те катионы, которые входят в состав ППК и могут быть замещены катионами другого рода при взаимодействии с нейтральными растворами солей, называют **обменными катионами**; в качестве синонима употребляется термин **поглощённые катионы**. При характеристике ППК и обменных реакций часто используют термин **обменные основания** под которым понимают обменные катионы **Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> и Na<sup>+</sup>**, тогда как в число обменных катионов входят, кроме того, H<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup> и др.

**Сумма обменных катионов** – общее количество катионов, вытесняемых их незасоленной и бескарбонатной почвы нейтральным раствором соли.

# 1. Поглотительная способность почвы.

## 1.4. Сорбционные процессы в почвах.

Общее количество всех поглощенных (обменных) катионов, которые могут быть вытеснены из почвы, называется емкостью поглощения или **емкостью катионного обмена (ЕКО)** (понятие введено К. К. Гедройцем) и выражается в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы.

ЕКО зависит от содержания в почве коллоидной и предколлоидной фракций, строения их поверхностей, природы почвенного поглощающего комплекса, реакции среды.

ЕКО органической части почвы в 10-30 раз превышает ЕКО минеральной части почвы. При содержании гумуса около 5-6% на долю ЕКО органической части приходится 30-60% общей ЕКО.

**Рис. 7. Емкость катионного обмена некоторых минералов**

Источник: Д.С. Орлов. Химия почв. 1985

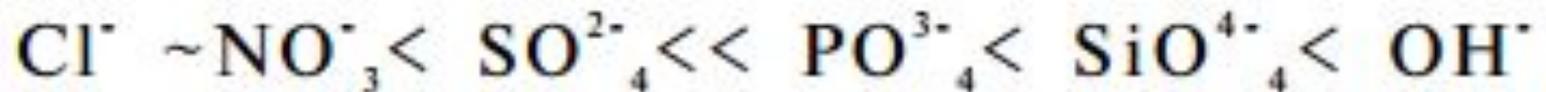
Минерал	ЕКО, мг-экв/100 г
Смектиты	50—120
Каолинит	2—15
Галлуазит	15—25
Иллит	20—40
Вермикулит	60—150
Хлорит	10—40
Мусковит	10—50
Аллофаны	50—100

# 1. Поглощительная способность почвы.

## 1.4. Сорбционные процессы в почвах.

---

**Сорбция анионов** зависит от заряда, строения и химических свойств почвенного поглощающего комплекса. По способности сорбироваться на почвенных частицах анионы располагаются в следующий ряд:



По мере увеличения в почвенном поглощающем комплексе содержания алюминия и железа, а также при понижении pH среды сорбция анионов возрастает. Так как анионы менее гидратированы, чем катионы, они характеризуются высокой селективностью поглощения.

## 2. Почвенный раствор.

### 2.1. Состав и концентрация почвенного раствора.

---

- катионы;
- анионы;
- растворенные газы: углекислый газ, кислород
- органические соединения (водорастворимые вещества: органические кислоты, сахара, аминокислоты, спирты и др.)
- органо-минеральные соединения
- минеральные вещества коллоидального характера (гидраты окиси железа и кремневой кислоты).

Количественный и качественный состав почвенного раствора для разных почв весьма различен. Так, в незасоленных почвах, к которым относится большинство типов почв, общее количество растворенных веществ очень невелико и выражается десятками долями грамма на литр раствора (г/л). В засоленных же почвах, наоборот, концентрация растворимых соединений в почвенном растворе очень высока и плотный остаток выражается десятками граммов на литр.

## 2. Почвенный раствор.

### 2.1. Анионы почвенного раствора.

---

1.  **$\text{HCO}_3^-$**  вместе с  **$\text{NO}_3^-$**  в незасоленных почвах основную массу анионов почвенного раствора (до 90%).

Количество  **$\text{HCO}_3^-$**  в почвенном растворе сильно варьирует в зависимости от интенсивности процессов окисления органического вещества и образования углекислоты. В карбонатных почвах или известкованных концентрация карбонатов постоянно сохраняет на большой высоте благодаря растворению карбонатов.

2.  **$\text{NO}_3^-$**  проявляется в почве в результате биологического процесса нитрификации (при разложении органических остатков освобождается аммиак, далее он окисляется до нитритов, а затем до нитратов).

3.  **$\text{NO}_2^-$**  анион азотистой кислоты (нитриты). В почвах встречается в заметных количествах редко, т.к. при благоприятных обстоятельствах быстро окисляется до нитратов -  **$\text{NO}_3^-$** . Накопление их возможно в неблагоприятной реакции среды (pH) или аэрации.

4.  **$\text{Cl}^-$**  в почве содержится незначительно благодаря хорошей растворимости и вымываемости его солей.

## 2. Почвенный раствор.

### 2.1. Анионы почвенного раствора.

---

5.  **$\text{SO}_4^{2-}$**  появляется в почвенном растворе благодаря растворению сульфатов (гипса). Кроме того, под влиянием серобактерий  $\text{H}_2\text{S}$ , образующийся при гниении органических остатков, окисляется до серной кислоты. В засоленных почвах количество хлоридов,  $\text{NO}_3^-$ -рбонатов, сульфатов достигает значительных величин.

6. **Фосфат-ионы ( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ )** не встречаются в почвенном растворе высокой концентрации, т.к.они мало растворимы (минеральные фосфат-ионы связаны с Ca, Fe, Al; органические фосфат-ионы связаны с гумусом) и поглощаются почвой (физико-химическое поглощение). Содержание фосфат-ионов минеральных и органических в почвенном растворе приблизительно одинаковое. Максимальное их содержание – в гор. А (рис. Наша методичка). Для растений главным источником фосфора является  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Фосфат-ион  $\text{PO}_4^{3-}$  в питании растений практически не участвует.

## 2. Почвенный раствор.

### 2.2. Катионы почвенного раствора.

---

Катионы находятся в почвенном растворе в виде солей (силикатов, карбонатов, сульфатов и др.). Катионы находятся в поглощенном состоянии на поверхности коллоидных частиц.

- 1.  $\text{Ca}^{2+}$**  считается катионом хранителем плодородия в связи с его многогранной значимостью. Он присутствует во всех без исключения почвах, но в разных количествах и в разных соотношениях с другими катионами. Оптимум его содержания – 80-90% от ЕКО. Это величина характерна для черноземов. Присутствие кальция в таких количествах обеспечивает 99,9%-ную коагуляцию коллоидных систем, а, следовательно, создается необходимая предпосылка для высокого структурообразования при активной деятельности корневых систем травянистой растительности и достаточного содержания гумусовых веществ.
- 2.  $\text{Mg}^{2+}$**  – магний всегда сопровождает кальций. Типичное соотношение  $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+} = 5:1$ . В таких количествах его действие аналогично действию кальция. Экологическая дисгармония почвенной среды может возникать в щелочных почвах при повышении количества магния в ППК за счет снижения содержания  $\text{Ca}^{2+}$ , т.е. при изменении соотношения  $\text{Ca}:\text{Mg}$  в сторону магния. В этом случае сам магний вызывает повышение щелочности в связи с присутствием в почвенной среде карбонатов и бикарбонатов магния. Присутствие магния в ППК поддерживает свойства солонцеватости почв и даже приводит в отдельных случаях к образованию особых почв – магниевых солонцов. При высоком содержании обменного магния возрастает растворимость гумусовых веществ и ухудшается структура почвы, снижается водопроницаемость, что отрицательно сказывается на водном режиме. При повышенном содержании обменного магния усиливается отрицательное действие обменного натрия при невысоком содержании последнего в почве.

## 2. Почвенный раствор.

### 2.2. Катионы почвенного раствора.

---

3. **Na<sup>+</sup>** – натрий в количествах менее 3% от ЕКО – необходимый компонент оптимального для биоценозов функционирования почвенной системы. В этом случае натрий обеспечивает дисперсность коллоидов на уровне около 0,1%, что важно для подвижности, динамичности и первоочередной резервности для минерализации гумусовых веществ и обеспечения почвенных растворов биологически необходимыми компонентами. Однако следует признать, что эта роль натрия в почвоведении и агрохимии изучена недостаточно. Натрий как обменный катион является активным пептизатором коллоидов при концентрации его в почвенном растворе ниже порога коагуляции. При этом в состоянии золя переходят все коллоидные системы, почва приобретает свойства солонцеватости, становясь текучей, вязкой, бесструктурной. В растворах появляются щелочные соли, рН может достигать 9,5-10,0. Образуются особые соли – солонцы.

4. **K<sup>+</sup>** – в питании растений – основной источник доступного калия. Избыток калия может вызвать солонцеватость почв.

## 2. Почвенный раствор.

### 2.2. Катионы почвенного раствора.

---

5.  $\text{NH}_4^+$  – ион аммония: единственная возможная аккумуляция доступного растениям азота. Поглощается коллоидами в процессе аммонификации. Легко используется корневыми системами растений. Не накапливается в количествах, превышающих 3% от ЕКО. Физическая и физико-химическая значимость не изучена. Повышенное содержание свидетельствует о недостатке азота.

6.  $\text{H}^+$  – обменный водород – источник почвенной кислотности. Его присутствие фиксируется всегда в бескарбонатных почвах, т.е. в почвах, не содержащих  $\text{CaCO}_3$ . В нейтральных почвах при рН от 6,5 до 7,2 водород присутствует в ППК в количествах менее 5% от ЕКО. В этих условиях обменный водород экологически нейтрален. В количествах более 5% от ЕКО начинают проявляться кислотные свойства почв. При этом кислотные свойства проявляются сильнее при повышении количества  $\text{H}^+$  в коллоидно-поглощенном состоянии. Максимум кислотности почвенной среды наступает когда среди обменных катионов водорода становится более 40-50%, рН почвы при этом становится кислой и сильнокислой (рН 3-5). Максимальное количество водорода в ППК может достигать 80% от ЕКО.

## 2. Почвенный раствор.

### 2.2. Катионы почвенного раствора.

---

7. **Al<sup>3+</sup>** – алюминий в обменном состоянии – интенсивный коагулятор коллоидов. Является объектом пристального внимания в кислых почвах. При переходе в почвенный раствор образует гидролитически кислые соли, способствующие повышенной пептизации **Al<sup>3+</sup>** в почвенной среде, поэтому учитывается при определении кислотности почв, наравне с ионом водорода. Алюминий изучается как физиологически токсичный катион.

8. **Fe<sup>3+</sup>** – интенсивный коагулятор коллоидов, как и алюминий во влажных тропических почвах. Участвует в создании структурных микроагрегатов

## 2. Почвенный раствор.

### 2.2. Катионы почвенного раствора.

---

Содержание обменных катионов в почве выражается как в абсолютных величинах (мг. экв/100 г почвы), так и в относительных (% от емкости обмена).



Подзолистые –  $\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{NH}_4^+, \text{H}^+, \text{Al}^{3+}$

Серые лесные –  **$\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$** ,  $\text{K}^+, \text{NH}_4^+, \text{H}^+$

Чернозем обыкновенный, южный –  **$\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$** ,  $\text{K}^+, \text{NH}_4^+, \text{Na}^+$

Чернозем выщелоченный, оподзоленный –  **$\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$** ,  $\text{K}^+, \text{NH}_4^+, \text{H}^+$

Солонец –  **$\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Na}^+$**

Каштановые –  **$\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Na}^+$** ,  $\text{K}^+$

## 2. Почвенный раствор.

### 2.3. Свойства почвенного раствора

---

- Осмотическое давление почвенного раствора
- Реакция среды
- Буферность почвенного раствора
- Окислительно-восстановительный потенциал.

Осмотическое давление

## 2. Почвенный раствор.

### 2.3. Свойства почвенного раствора

---

Реакция почвы обусловлена наличием и соотношением в почвенном растворе **водородных ( $H^+$ )** и **гидроксильных ( $OH^-$ ) ионов** и характеризуется **pH** — отрицательным логарифмом активности водородных ионов в растворе.

**Реакция почвы зависит от совокупного действия ряда факторов:**

- химического и минералогического состава минеральной части почвы,
- наличия свободных солей, содержания и качества органического вещества,
- состава почвенного воздуха,
- влажности почвы,
- жизнедеятельности организмов.

## 2. Почвенный раствор.

### 2.3. Свойства почвенного раствора

---

**Важнейшим регулятором реакции почвы являются находящиеся в ней соли.** Нейтральные, кислые, щелочные соли, переходя из твердой фазы в раствор при увлажнении и обратно при иссушении, оказывают соответствующее влияние на характер реакции почвенного раствора.

**1. Атмосферные осадки**

**2. Угольная кислота**

**3. Сульфиды.** При окислении сульфидов может образоваться серная кислота, которая вызывает сильное подкисление почв (при осушении мангровых или маршевых почв их pH может упасть с 7—8 до 2—3).

**4. Гуминовые и фульвокислоты** кислоты, ненасыщенные катионами (pH может снижаться до 3—3,5).

**5. Свободные органические кислоты** (уксусная, щавелевая, лимонная и др.)

## 2. Почвенный раствор.

### 2.3. Свойства почвенного раствора

---

**Различают следующие виды кислотности почвы:**

- Актуальная кислотность
- Потенциальная (обменная, гидролитическая) кислотность

**Актуальная кислотность почвы** обусловлена наличием водородных ионов (протонов) в почвенном растворе, активность которых зависит от свойств (ионной силы) раствора, влияющих на коэффициент активности иона. Актуальная кислотность почвы измеряется при взаимодействии почвы с дистиллированной водой [водный pH,  $pH_{H_2O}$ ] при разбавлении 1:2,5 либо в пасте. Иногда pH почвы измеряют непосредственно в почве при естественной влажности, но для этого она должна быть достаточно увлажненной и гомогенной для обеспечения надежного контакта с измерительным электродом. Можно актуальную кислотность почвы измерять и колориметрически или путем титрования.

## 2. Почвенный раствор.

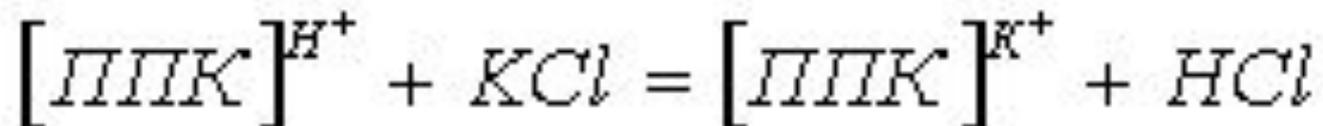
### 2.3. Свойства почвенного раствора

---

**Потенциальная кислотность** — способность почвы при взаимодействии с растворами солей проявлять себя как слабая кислота.

**Обменная кислотность почвы** – кислотность почвы, обусловленная наличием ионов  $H^+$  или  $Al^{3+}$  в поглощенном состоянии. Обменная кислотность названа так потому, что она обнаруживается в результате обмена поглощенных коллоидами ионов  $H^+$  или  $Al^{3+}$  на катионы солевого раствора, которым обрабатывается почва. Поэтому, в отличие от актуальной, обменная кислотность является как бы скрытой, или связанной.

Ионы  $H^+$  находятся в неподвижном и в диффузном слоях почвенной коллоидной мицеллы и прочно связаны с коллоидными частицами. Если привести почву во взаимодействие с раствором нейтральной соли, например с хлоридом калия, то произойдет вытеснение ионов водорода в раствор; при этом образуется соляная кислота, а эквивалентное количество калия поглотится коллоидами:



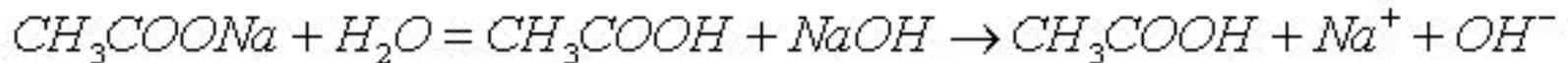
## 2. Почвенный раствор.

### 2.3. Свойства почвенного раствора

---

В кислых почвах обменная кислотность всегда меньше гидролитической и как бы является её частью. Обменная кислотность может частично увеличивать актуальную кислотность.

**Гидролитической кислотностью** называют ту часть почвенной кислотности, которая определяется при помощи 1,0 нормального раствора  $\text{CH}_3\text{COONa}$  (ацетат натрия) с рН 8,2...8,4. Эту кислотность называют гидролитической на том основании, что  $\text{CH}_3\text{COONa}$  является гидролитически щелочной солью, т.е. солью, обладающей способностью в водных растворах гидролитически расщепляться на слабую кислоту и сильное основание, которое сообщает раствору щелочную реакцию:



Щелочная реакция раствора этой соли и является главной причиной более полного вытеснения поглощенного водорода из почвы. Количество образующейся уксусной кислоты, определяемое титрованием, характеризует гидролитическую кислотность.

## **2. Почвенный раствор.**

### **2.3. Свойства почвенного раствора**

---

Гидролитическая кислотность сама по себе (при отсутствии обменной кислотности) не вредна для растений. Её традиционно учитывают при решении вопросов известкования почв.