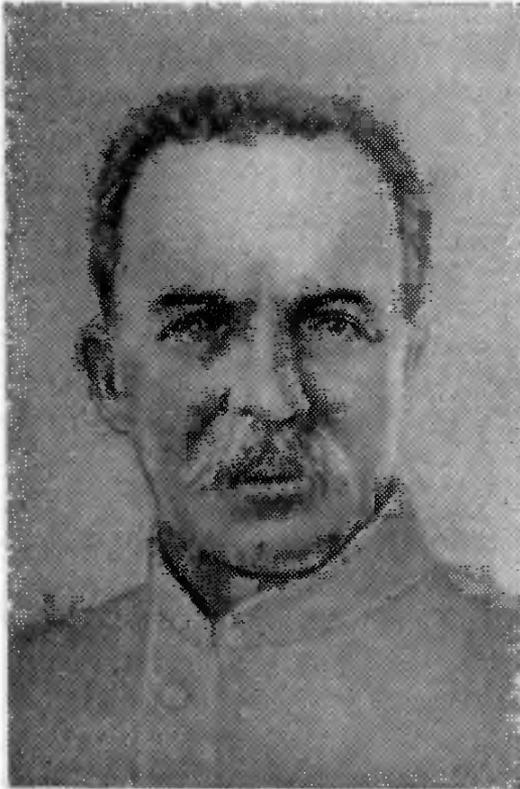


Поглотительной способностью почвы называется ее свойство обменно либо необменно поглощать различные твердые, жидкие и газообразные вещества или увеличивать их концентрацию у поверхности содержащихся в почве коллоидных частиц.

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

Поглотительная способность почвы обусловлена прежде всего наличием в ней почвенных коллоидов

**Гедройц
Константин
Каэтанович
(1872-1932)**



Выдающийся ученый, академик. Он показал значение коллоидов и обменных катионов в развитии свойств почв и питания растений.

К. К. Гедройцем разработаны многие методы химического анализа почв.

Основные его научные труды — «Химический анализ почвы», «Учение о поглотительной способности почв», «Солонцы, их происхождение».

К. К. Гедройцем дан глубокий анализ свойств почв, а также теоретическое обоснование мероприятий по известкованию и фосфоритованию почв, гипсованию солонцов, промывок солончаков и т. д.

Труды К. К. Гедройца были новым этапом в развитии почвоведения и послужили основой современных взглядов на физико-химическую сущность процессов почвообразования и способов повышения плодородия почв.

Гедройц
Константин Каэтанович
(1872-1932)



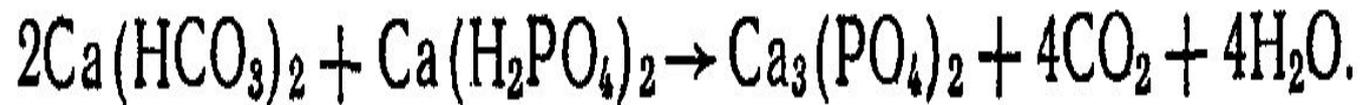
Виды поглотительной способности в почве

- 1. Механическая**
- 2. Физическая**
- 3. Физико-химическая**
- 4. Химическая**
- 5. Биологическая**

**Механическая
поглоотительная
способность – СВОЙСТВО
почвы задерживать в СВОИХ
порах частицы, взмученные в
фильтрующейсея через почву
воде**

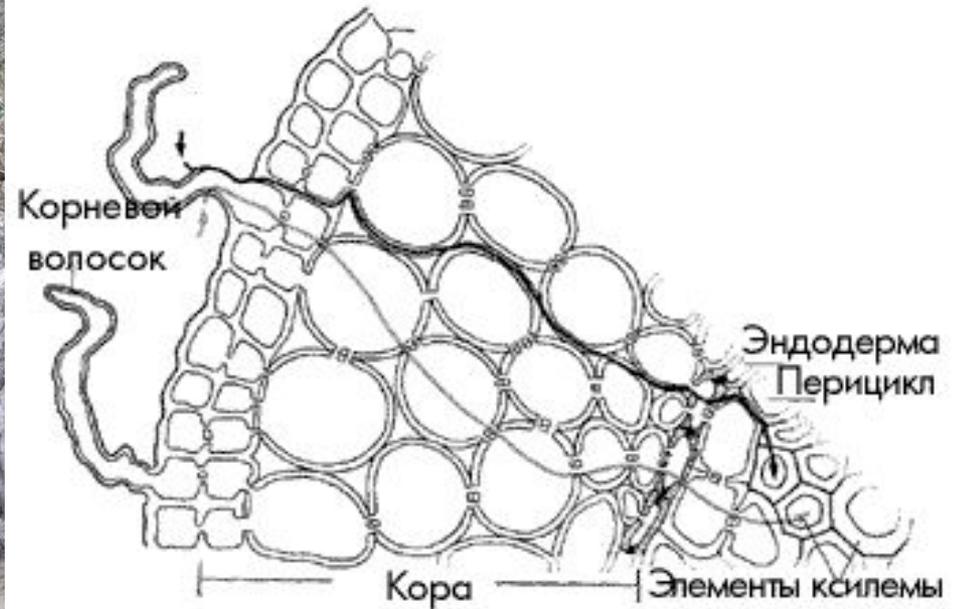
Физическая поглотительная способность – свойство почвы поглощать из раствора молекулы растворенных в почве электролитов, продукты расщепления солей слабых кислот и сильных оснований, коллоиды (при их коагуляции)

Химическая поглотительная способность – свойство почвы присоединять к своей твердой части вещества, полученные в результате химических реакций, протекающих в почвенном растворе с выпадением в осадок нерастворимых или трудно растворимых соединений



**Биологическая поглотительная
способность почвы обусловлена
наличием в ней микроорганизмов,
корней растений, поглощающих
элементы из раствора.
Отличительная особенность
биологического поглощения –
селективность**

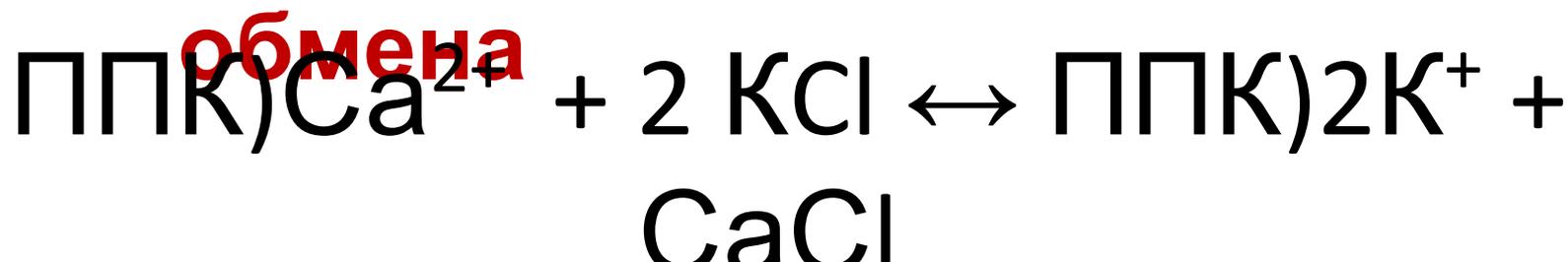
Биологическое поглощение



способность – свойство почвы обменивать некоторую часть содержащихся в ее твердой фазе катионов на **эквивалентное количество** катионов соприкасающегося с ней раствора

Обменная поглотительная способность почв обусловлена наличием в ней почвенного поглощающего комплекса. *Почвенный поглощающий комплекс* (ППК) — это совокупность минеральных, органических и органоминеральных соединений высокой степени дисперсности, нерастворимых в воде и способных поглощать и обменивать поглощенные ионы.

Схематическая реакция



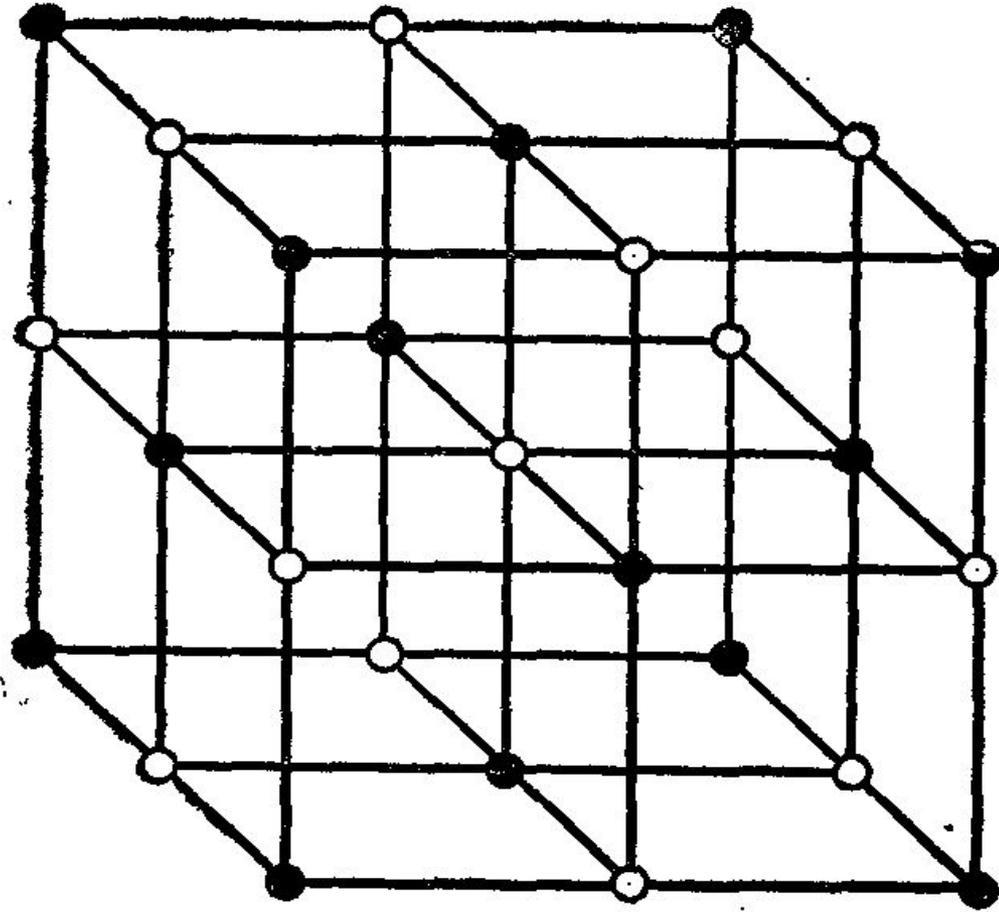
**Т а б л и ц а 31. Площадь поверхностей
граней кубиков (по К. К. Гедройцу)**

Длина ребра, см	Число кубиков	Общая поверхность граней, 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

Как видно из таблицы, при делении 1 см³ вещества таким образом, что каждое ребро нового кубика равно 0,0000001 см, общая поверхность всех кубиков составляет 60 000 000 см², или 0,6 га.

Ил – частицы меньше 0,001 мм

Почвенные коллоиды – частицы меньше 0,0001 мм.



Почвенные коллоиды – это совокупность элементарных почвенных частиц (минеральных, органических) имеющих определенные размеры и способных образовывать коллоидные растворы.

Составляют одну из фракций гранулометрических элементов почвы.

К коллоидам относят частицы имеющие размер:

меньше 0,0001 мм

Их количество в почвах различно:

от 1-2 до 30-40% к массе почвы

Способы образования коллоидов

1. **Конденсационное образование** – путем физического или химического соединения молекул или ионов
2. **Дисперсное образование** – за счет механического или химического раздробления более крупных частиц.

Состав коллоидов

Органические – клеточные оболочки, корневые окончания живых корешков растений, клетки микроорганизмов, ферменты, гумус

Органо-минеральные – гумус + глинистые комплексы

Минеральные – вторичные глинистые минералы, аморфные и кристаллические гидрооксиды алюминия, железа, кремния

Форма существования КОЛЛОИДОВ В ПОЧВЕ

Грубодисперсные суспензии – появляются в почвах периодически: после дождей, во время снеготаяния, паводков. Характеризуются неустойчивостью, легко и быстро осаждаются на стенках пор и трещин, на поверхности структурных отдельностей

Гидрозоли – существуют в такой форме сравнительно редко: при высоком содержании в почве капиллярной, гравитационной или грунтовой воды. Роль гидрозолей велика в формировании элювиальных и иллювиальных горизонтов

Гидрогели – основная форма существования почвенных коллоидов. При высоком содержании в почве гидрогелей горизонт приобретает облик аморфно-кристаллического геля: иллювиальные горизонты солонцов, солодей, слитые горизонты, корочки такыров

Свойства почвенных КОЛЛОИДОВ

Специфические свойства почвенных коллоидов в значительной степени передаются почвенной массе, формируя ее облик. Такими свойствами являются:

- Громадная внутренняя поверхность
- Наличие электрического заряда
- Способность адсорбировать газы, молекулы и ионы
- Способность к набуханию и сжатию в зависимости от влажности
- Изменение степени дисперсности
- Коагуляция и пептизация
- Обратимое и необратимое застудневание

Классификация коллоидных частиц

По знаку заряда

потенциалопределяющего слоя :

- **Ацидоиды** – отрицательно заряженные (глины, гумус, кремнезем)
- **Базоиды** – положительно заряженные (соединения Al и Fe)
- **Амфолитоиды** – переменный знак заряда в зависимости от условий

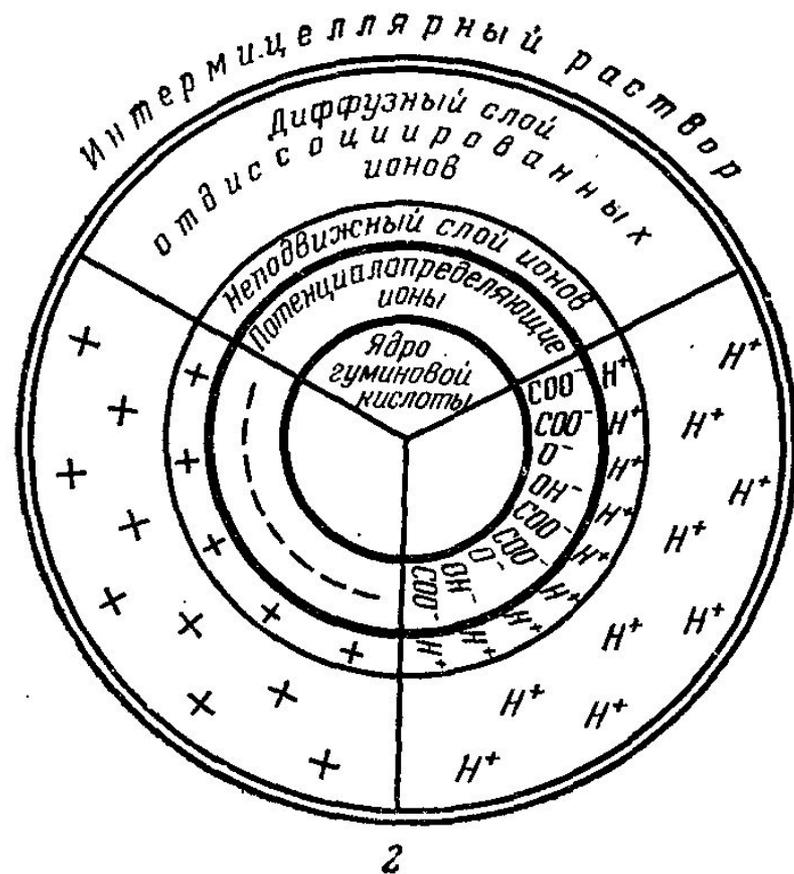
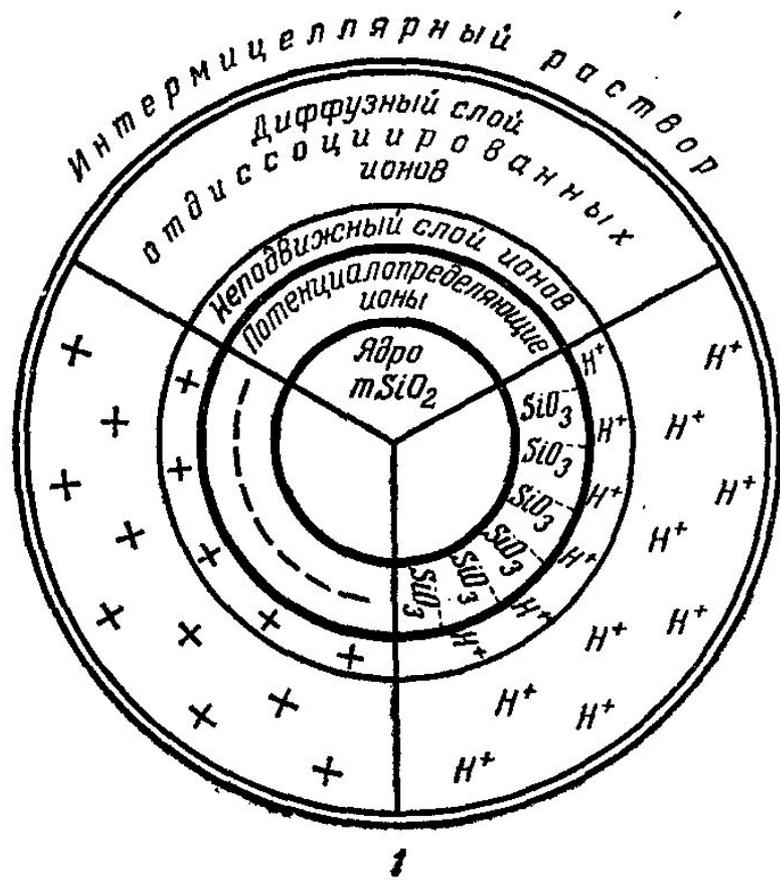


Рис. 14. Схема строения мицелл:

1 — кремнекислоты; 2 — гуминовой кислоты (по Н. И. Горбунову).

Коллоиды с двойственной природой называются **амфолитоидами**. В условиях кислой реакции в растворе находится много ионов водорода и мало гидроксил-ионов, отчего подавляется диссоциация водорода. Например, гидроокись алюминия ведет себя как основание и диссоциация идет по уравнению:



В условиях щелочной реакции в растворе проявляется высокая концентрация гидроксил-ионов, что приводит к подавлению диссоциации OH^- -ионов. В этих условиях амфолитоид ведет себя как кислота и диссоциация идет по уравнению:



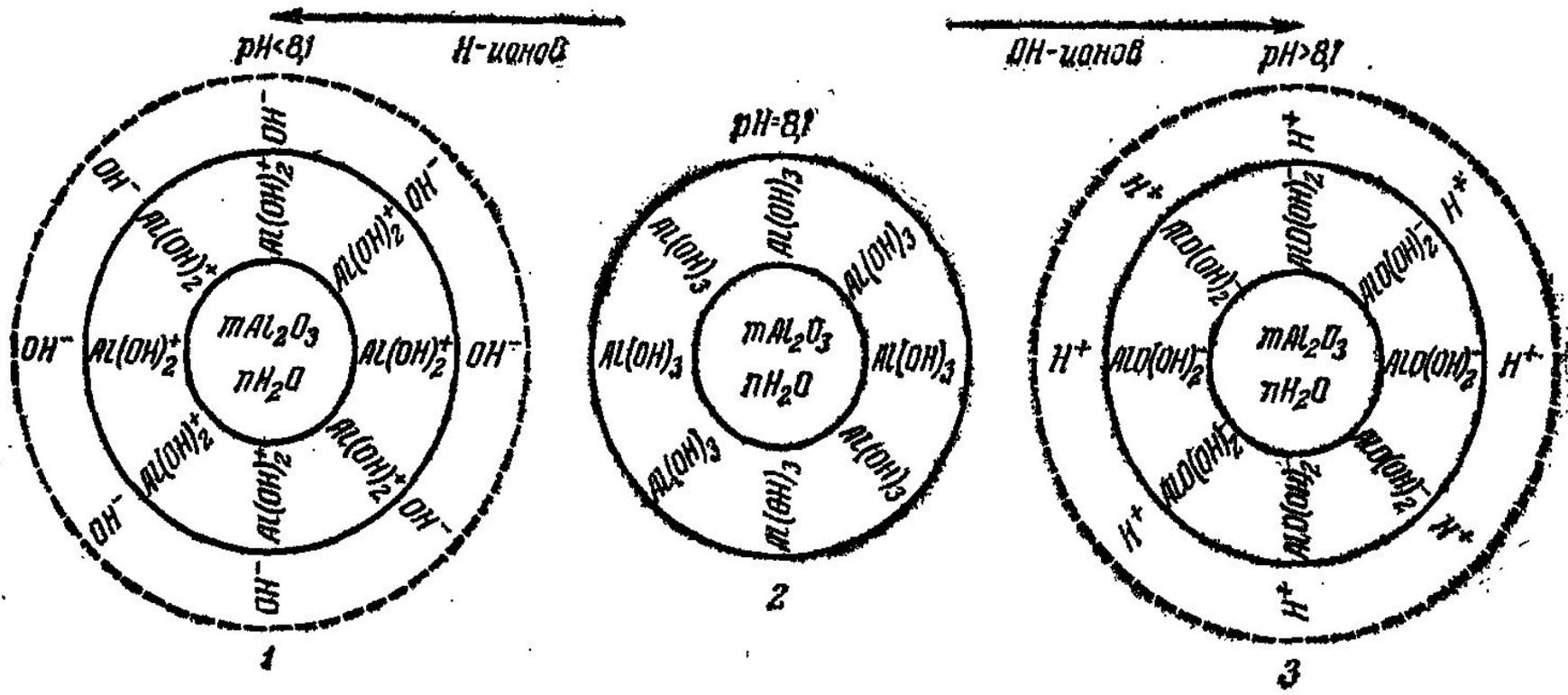


Рис. 15. Поведение амфотерного коллоида в зависимости от реакции среды:

1 — коллоид электроположителен, содержит обменные анионы; 2 — коллоид электронейтрален; 3 — коллоид электроотрицателен, содержит обменные катионы (по Н. П. Ремезову).

Коагуляция коллоидов

Почвенные коллоиды могут изменять степень дисперсности в результате склеивания и агрегирования коллоидных частиц с выпадением в виде хлопьевидного осадка и отделения дисперсной фазы от дисперсной среды.

Этот процесс называется коагуляция.

Причины коагуляции:

- Изменение температуры, например, замерзание почвы в холодный период
- Прохождение золь по капиллярам, особенно при уменьшении диаметра капилляра, например, при изменении по профилю почвы гранулометрического состава
- Введение в раствор новых электролитов или изменение их концентрации.

Главный коагулятор в почвенных условиях – катион кальция

- Введение в раствор золь другого золь, противоположно заряженного
- Пропускание электрического тока
- Изменение степени влажности, например, при высыхании почвы, почвенные коллоиды коагулируют, при увлажнении, часть из них снова переходит в состояние золь. Такая коагуляция чаще всего имеет обратимый характер.

Тиксотропия коллоидов – особый вид коагуляции

Явление, при котором масса геля не отделяется от дисперсной среды, а образует студень, способный возвращаться в состояние золя при механическом воздействии.

Широко распространено в почвах
зоны вечной мерзлоты



Проявление тиксотропии в выкопанном разрезе.

Пептизация коллоидов

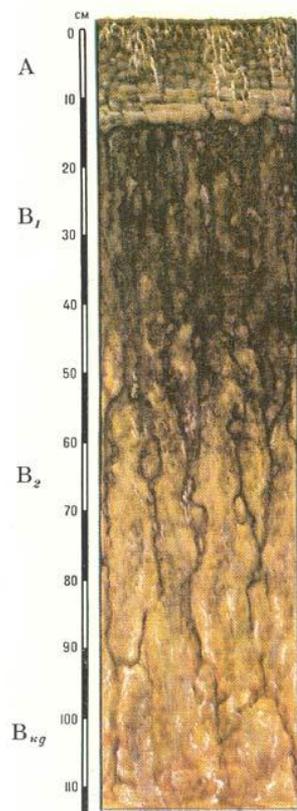
Почвенные коллоиды в определенных условиях могут увеличивать степень дисперсности частиц, и из состояния геля переходить в состояние подвижного золя. Такой процесс называется пептизация.

Пептизация коллоидов происходит:

- При увеличении заряда коллоидных частиц
- При уменьшении концентрации легкорастворимых солей ниже порога коагуляции
- После замены сильнокоагулирующих поглощенных 2-х и 3-х валентных катионов (Ca, Mg, Fe, Al) на пептизирующие одновалентные катионы (Na, NH₄, K, Li)
- В результате увеличения щелочности среды

Результат пептизации и коагуляции почвенных коллоидов

**Формирование
солонцового профиля**



Поверхность такыра



Основные закономерности обменной сорбции катионов

1) эквивалентность обмена между поглощенными катионами почвы и катионами взаимодействующего раствора. Термодинамическая константа полностью обратимого (равновесного) обмена двух одинаково заряженных катионов А и В должна быть равна 1:

$$K_{A/B} = \frac{a_{A \text{ погл}} a_{B \text{ раст}}}{a_{A \text{ раст}} a_{B \text{ погл}}} = 1, \quad (36)$$

где a_A и a_B — активности катионов в поглощенном состоянии и в равновесном окружающем растворе;

2) в ряду разновалентных ионов энергия поглощения возрастает с увеличением валентности иона: $\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{Cs}^+ \ll \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+} \ll \text{Al}^{3+} < \text{Fe}^{3+}$. Под энергией поглощения понимается относительное количество поглощения катионов почвами при одинаковой их концентрации в растворе;

3) энергия поглощения определяется радиусом негидратированного иона: чем меньше радиус, тем слабее связывается ион. Это объясняется большей плотностью заряда, а следовательно, и большей гидратированностью иона (табл. 33). Гидратационные оболочки изменяют свойства ионов: уменьшают их чувствительность к электростатическому притяжению, изменяют соотношение между размерами ионов;

4) внутри рядов ионов одной валентности энергия поглощения возрастает с увеличением атомной массы, атомного номера.

В соответствии с указанными общими закономерностями имеются следующие ряды поглощения ионов: одновалентные: ${}^7\text{Li} < {}^{23}\text{Na} < {}^{18}(\text{NH}_4) < {}^{39}\text{K} < {}^{89}\text{Rb}$; двухвалентные: ${}^{27}\text{Mg} < {}^{40}\text{Ca} < {}^{59}\text{Co} < {}^{112}\text{Cd}$; трехвалентные: ${}^{27}\text{Al} < {}^{56}\text{Fe}$.

Основываясь на общих законах ионообменной сорбции, **М.Б. Минкин** выделяет **пять последовательных стадий** осуществления реакции обмена катионов раствора на катионы ППК:

- 1) перемещение вытесняющего иона из объема раствора к поверхности ППК;
- 2) перемещение вытесняющего иона внутри твердой фазы ППК к точке обмена;
- 3) химическая реакция обмена катионов;
- 4) перемещение вытесненного иона внутри твердой фазы от точки обмена к поверхности ППК;
- 5) перемещение вытесненного иона от

Обменными катионами
называются входящие в состав
ППК катионы, которые при
взаимодействии с растворами
нейтральных солей могут быть
заменены другими катионами.
Синоним – поглощенные
катионы

Обменные основания – обменные катионы **Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+** .

Почвы, содержащие в ППК только обменные основания, называются **почвами насыщенными основаниями**.

Почвы, содержащие в ППК кроме оснований катионы H^+ или Al^{3+} называются **ненасыщенными основаниями или кислыми**

Почвы и отдельные горизонты их существенно отличаются по количеству поглощенных катионов. Поглотительную способность почв характеризуют суммой поглощенных оснований и емкостью поглощения. Суммой поглощенных оснований (S) называют общее количество поглощенных оснований — Ca, Mg, Na, K, NH_4 . Суммарное количество способных к обмену поглощенных катионов называется емкостью поглощения почвы (E). Как сумма поглощенных оснований, так и емкость поглощения выражаются в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы.

Строение кристаллической решетки и емкость поглощения катионов глинистых минералов (по Н. П. Ремезову, 1957)

Минерал	Тип решетки	Выраженность изоморфного замещения	Емкость поглощения в м.-эquiv. на 100 г почвы
Каолинит	1:1	Нет	5—10
Мусковит	2:1	Замещение есть	20—40
Монтмориллонит	2:1	Замещение выражено	Около 100

Величину емкости катионного обмена (ЕКО) выражают в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы (**мг-экв./ на 100 г почвы**) или ее фракции.

Согласно правилам Международной системы единиц (СИ) величину ЕКО выражают в **сМ (р⁺)кг⁻** (сантимоли положительных зарядов в 1 кг почвы).

Эти единицы численно совпадают

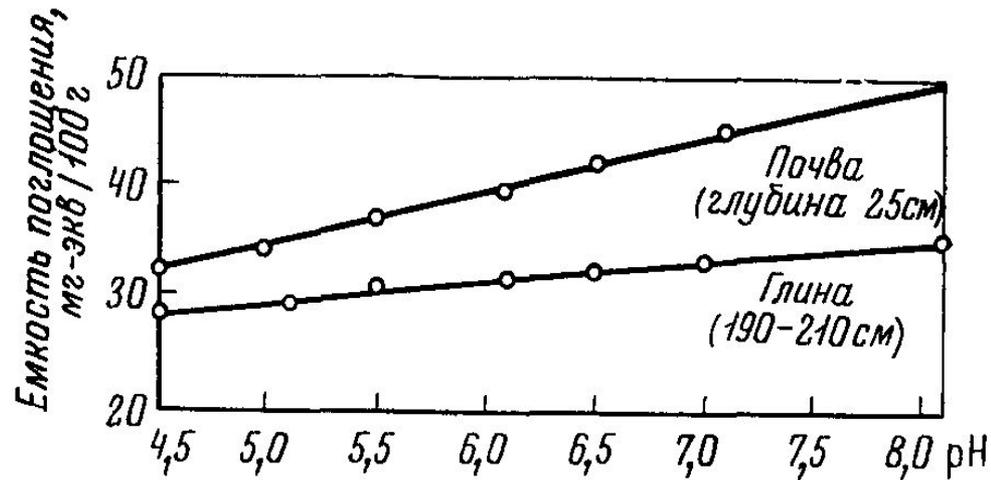


Рис. 77. Изменение емкости поглощения почв в зависимости от рН раствора (данные В. Н. Филипповой)

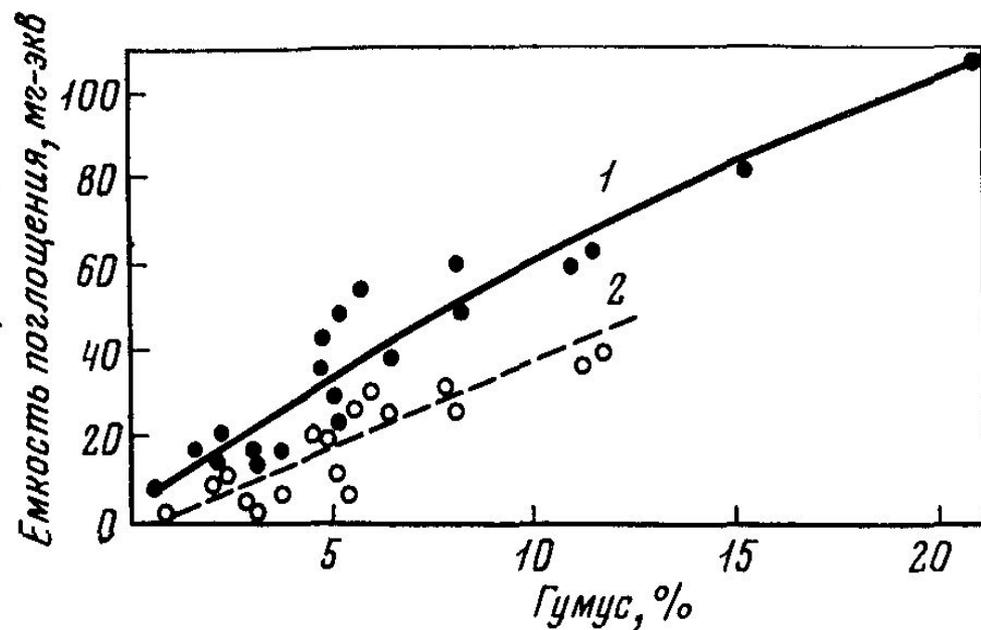


Рис. 78. Зависимость поглотительной способности различных типов почв от содержания гумуса (данные Н. И. Горбунова и других авторов)

Поглотительная способность:
 1 — общая;
 2 — органической части

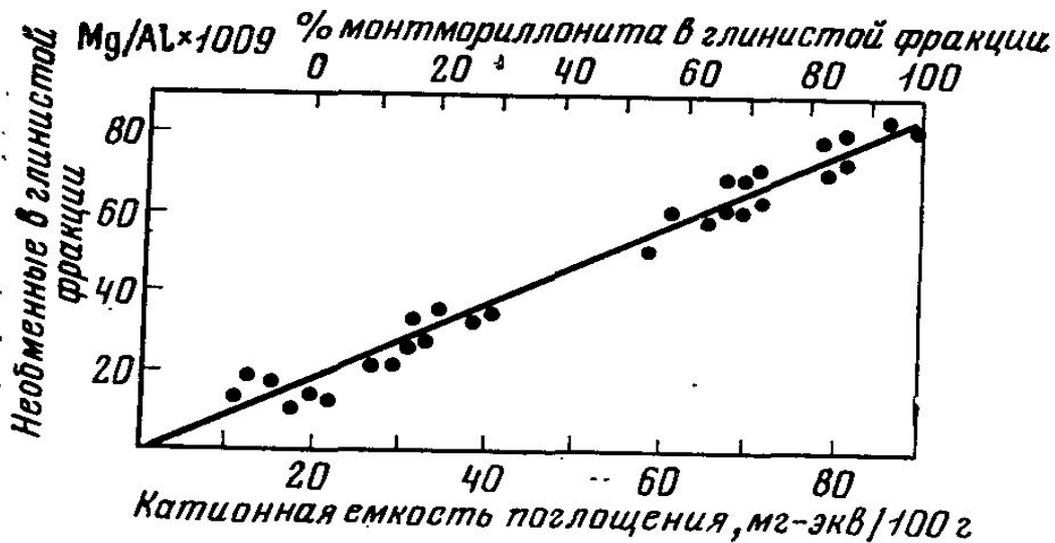


Рис. 79. Содержание монтмориллонита в глинистой фракции и емкость поглощения некоторых почв (Hardan, 1950)

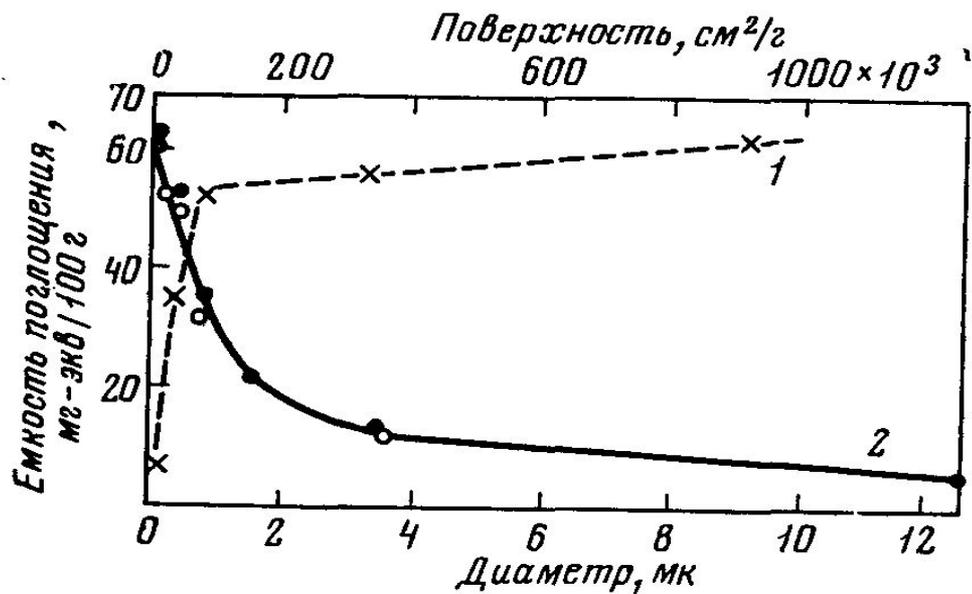


Рис. 80. Соотношение размеров частиц общей поверхности частиц и емкости поглощения (Бавер, 1956)

1 — поверхность;
2 — диаметр частиц

Влияние измельчения минералов на содержание обменных оснований

Минерал	Емкость поглощения, мг-экв/100 г		Минерал	Емкость поглощения, мг-экв/100 г	
	до растирания или размалывания	после длительного растирания или размалывания		до растирания или размалывания	после длительного растирания или размалывания
Мусковит	10,5	76,0	Монтмориллонит	126,0	238,0
Биотит	3,0	72,5	Бентонит Са	106,0	328,0
Биотит	22,0	173,0	Коллоид из почвы	65,0	203,0
Каолинит	8,0	70,4			

Емкость катионного обмена различных почв

Почва	ЕКО, мг-экв на 100 г почвы
Дерново-подзолистая песчаная	3-6
Дерново-подзолистая среднесуглинистая	10-20
Дерново-подзолистая глинистая	15-25
Серая лесная среднесуглинистая	15-30
Чернозем типичный тяжелосуглинистый	30-70
Чернозем южный среднесуглинистый	20-50
Светло-каштановая среднесуглинистая	20-40
Серозем типичный среднесуглинистый	8-20
Краснозем среднесуглинистый	13-25

Состав обменных катионов и емкость поглощения в почвах СССР
(в м.-экв. на 100 г почвы)

Почва, автор	Глубина взятия образца, в см	Гумус, в %	Обменные катионы				Емкость поглоще- ния	Степень насыщен- ности ос- нованиями, в %
			каль- ций	маг- ний	водо- род*	нат- рий		
Дерново-подзолистая легкосуглинистая (И. С. Станиславичуте и А. И. Шведас, 1962)	0—10	1,7	2,0	0,3	3,3	Нет	5,6	41
	10—20	1,6	1,7	0,4	3,3	»	5,4	39
	80—90	0,3	5,8	1,4	2,8	»	10,0	72
	120—130	Не опр.	4,9	0,8	1,7	»	7,4	77
Серая лесная среднесу- глинистая (П. Г. Аде- рихин и Е. П. Тихо- ва, 1963)	0—10	3,9	19,4	3,1	6,4	Нет	28,9	78
	20—30	3,2	17,9	2,9	6,1	»	26,9	77
	40—50	2,1	15,0	2,2	4,6	»	21,8	79
	80—90	0,7	9,6	2,5	2,3	»	14,4	84
Чернозем типичный гли- нистый (П. Г. Адери- хин и Е. П. Тихова, 1963)	0—10	9,6	46,0	9,1	3,0	Нет	58,1	95
	20—30	7,6	44,4	7,5	2,0	»	53,9	96
	60—70	4,1	36,7	7,0	0,8	»	44,5	98
	80—90	3,1	36,4	7,0	Нет	»	43,4	100
Солонец черноземный среднестолбчатый тя- желосуглинистый (Н. И. Усов, 1948)	2—8	4,6	12,8	4,4	Нет	2,9	20,1	100
	10—16	2,8	14,1	11,2	»	10,4	35,7	100
	74—80	0,2	20,2	6,5	»	7,6	34,3	100
	100—106	Не опр.	21,4	7,1	»	6,4	34,9	100
Светло-каштановая со- лощеватая (Н. И. Усов, 1948)	0—15	2,6	24,8	4,8	Нет	1,4	31,0	100
	22—32	1,9	21,3	8,2	»	1,5	31,0	100
	72—82	0,7	14,0	8,9	»	5,8	28,7	100
	110—120	Не опр.	15,0	9,6	»	3,2	27,8	100
Краснозем суглинистый (И. Д. Гамкредидзе, 1955)	3—6	3,0	1,3	0,7	26,3	Нет	28,3	7
	17—25	Не опр.	1,2	1,2	44,8	»	47,2	5
	60—70	»	1,5	1,1	32,0	»	34,6	8
	120—130	»	1,5	1,1	26,1	»	28,7	9

Состав обменных катионов в различных почвах

Почвы	Обменные катионы
Дерново-подзолистые	H, Al, подчиненное значение Ca, Mg
Серые лесные	Ca, Mg, подчиненное значение H, K
Черноземы	Ca, Mg, в незначительном количестве K, Na, H, NH ₄
Каштановые почвы	Ca, Mg, подчиненное значение имеют K, Na
Солонцы	Ca, Mg, Na
Красноземы	H, Al, подчиненное значение Ca, Mg, появляется Fe

Степень насыщенности почв основаниями — это количество обменных оснований (обычно $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$), выраженные в процентах от емкости поглощения

$$V = \frac{S}{E} 100 = \frac{S}{S + H} \cdot 100, \quad (40)$$

где V — степень насыщенности основаниями, %, S — сумма обменных оснований, мг-экв/100 г, E — емкость поглощения, мг-экв/100 г, H — гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г

Расчет дозы извести
рассчитывается по следующей
формуле:

$$P_{CaCO_3} \text{ т/га} = N_z * 5 * h * d, \text{ где}$$

P – доза извести, т/га

N_z - гидролитическая кислотность,
мг-экв/100 г почвы

h – мощность почвенного слоя, м

d – плотность почвенного слоя г/м³

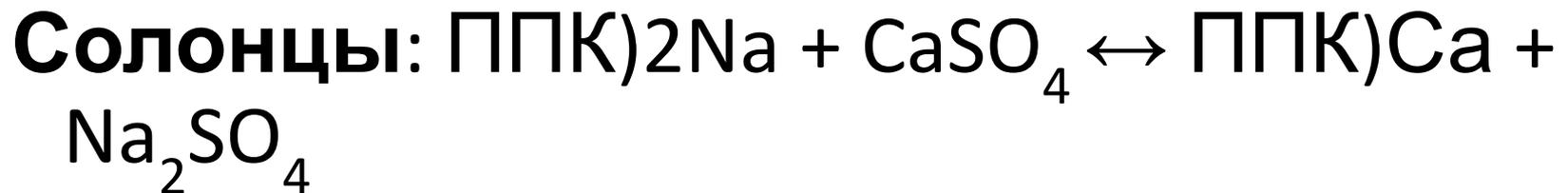
Если степень насыщенности:

- < 50%, то почва сильно нуждается в известковании;**
- 50-70%, то почва средне нуждается в известковании;**
- 70-80%, то почва слабо нуждается в известковании;**
- > 80%, то почва не нуждается в известковании**

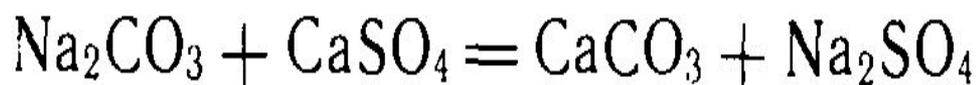
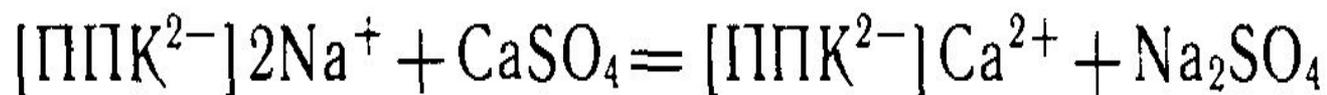
УДОБРЕНИЯ	% CaCO ₃
МОЛОТЫЙ ИЗВЕСТНЯК	75 — 100
МОЛОТЫЕ ДОЛОМИТЫ	75 — 100
ДОЛОМИТОВАЯ МУКА	95 — 100
МЕРГЕЛЬ	25 — 75
ТОРФОТУФЫ	10 — 15
БЕЛИТОВАЯ МУКА	80 — 90
КОСТНАЯ МУКА	68
ТОРФЯНАЯ ЗОЛА	10 — 50
ИЗВЕСТКОВЫЙ ТУФ	75 — 96
ОЗЁРНАЯ ИЗВЕСТИЬ	70 — 96
ЗОЛА ДРЕВЕСИНЫ	20 — 60
ГАЗОВАЯ ИЗВЕСТИЬ	100
МАРТЕНОВСКИЙ ШЛАК	90
ДОМЕННЫЙ ШЛАК	85
ЦЕМЕНТНАЯ ПЫЛЬ	80
СЛАНЦЕВАЯ ЗОЛА	65 — 80

Гипсование почв

Для мелиорации щелочных солонцовых и засоленных почв используют прием – гипсование почв

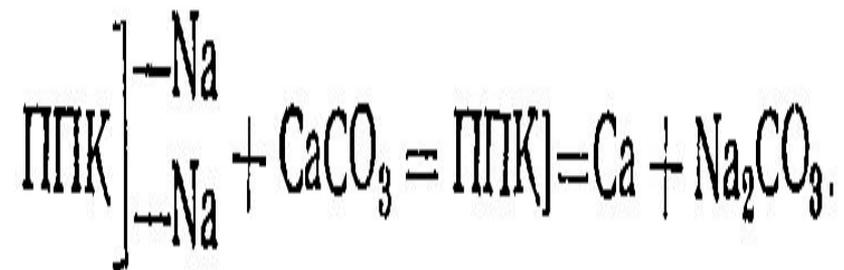


Для химической мелиорации щелочных содово-засоленных почв необходимы замещение обменного натрия на кальций и нейтрализация свободной соды:



Химическая мелиорация щелочных почв производится путем внесения гипса, нитратов кальция или материалов, содержащих гипс, серную кислоту, сульфат железа, пиритовые огарки или серу. Сера, окисляясь до серной кислоты, взаимодействует с карбонатом кальция почв, образуя сернокислый кальций, который действует на соду и поглощенный натрий. Мелиорация злостных содовых солончаков производится методом кислования серной кислотой с последующими промывками при искусственном дренаже.

Известкование щелочных почв недопустимо, так как при этом произойдет увеличение щелочности вследствие вытеснения обменного натрия и дополнительного образования свободной соды по схеме



Расчет дозы гипса, необходимой для мелиорации солонцов, проводится по следующей формуле:

$$P \text{ т/га} = 0,086 * (Na - 0,05 \text{ ЕКО})h * d$$

P – доза гипса т/га

0,086 – перевод мг/эquiv гипса ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$) в г

М.В. Гипса= 172,18 мг-эquiv гипса=

172,18/2=86,09мг или 0,086 г

ЕКО – емкость катионного обмена

h – мощность почвенного слоя, см

d – плотность солонцового горизонта

Необменное поглощение катионов

- Необменное поглощение катионов – фиксация - обусловлена неосинтезом глинистых минералов за счет вхождения их в кристаллическую решетку минерала, а также фиксацией в межпакетных пространствах минералов, образованием прочных органо-минеральных соединений

Почему в почве ацидоидов больше?

1. За счет разорванных связей на сколах минералов
2. За счет изоморфных замещений в минералах

[SiO₄] – общий заряд равен -4. Если идет изоморфное замещение Si (+4) → Al (+3), то

[AlO₄] – общий заряд равен -5

3. За счет адсорбции анионов на поверхности твердых частиц
4. Функциональные группы органического

Кислородсодержащие функциональные группы ГК

- карбоксильные группы – R-COON,
- спиртовые – R-CH₂-OH
- фенольные – -C₆H₅OH
- альдегидные (R-CHO)

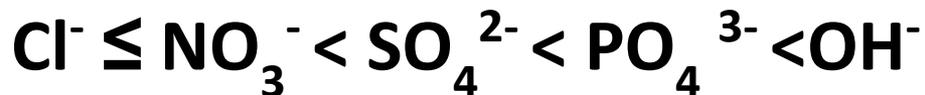
Поглощение анионов

Поглощение анионов обусловлено:

1. наличием положительного заряда коллоидных частиц гидрооксидов алюминия и железа,
2. наличием положительных зарядов на внешних краях ультраобломков кристаллических решеток глинистых минералов,
3. Наличием аминогруппы в составе полипептидов и гуминовых кислот –
$$\text{R-CONH}_2$$

Адсорбция анионов в почве зависит:

- От особенностей самих анионов. Ряд по возрастающей способности анионов к поглощению:



- От состава почвенных коллоидов: чем больше в составе почвенных коллоидов полуторных окислов, тем выше способность почвы к поглощению анионов
- От реакции среды: **подщелачивание повышает отрицательный потенциал почвы, подкисление – положительный.** Поэтому кислая среда способствует большей сорбции

Роль поглотительной способности

- Участие в создании физических свойств (агрегированность)
- От состава обменных катионов зависит поглощение органических веществ твердой частью почвы, образование органо-минеральных соединений
- Реакции обмена катионов влияют на pH почвенного раствора и его солевой состав
- Обменные катионы – один из непосредственных источников минерального питания растений
- Состав обменных катионов – один из важнейших показателей при диагностике и классификации почв
- Состав обменных катионов учитывается при составлении проектов мелиорации засоленных почв
- Законы катионного обмена являются теоретической основой для некоторых видов химической мелиорации: известкования кислых почв и гипсования солонцов