

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

КУРС ЛЕКЦИЙ

для студентов специальности:

1-51 01 01 Геология и разведка месторождений полезных ископаемых

Разработан доц. Н.В. Ковальчик

Лекция 8

ПОЧВЕННЫЕ КОЛЛОИДЫ И ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ.

ПОЧВЕННЫЕ КОЛЛОИДЫ

Почвенные коллоиды – совокупность мелких почвенных частиц размером менее 0,1 мкм ($d < 0,0001 \text{ мм}$) с большой общей удельной поверхностью.

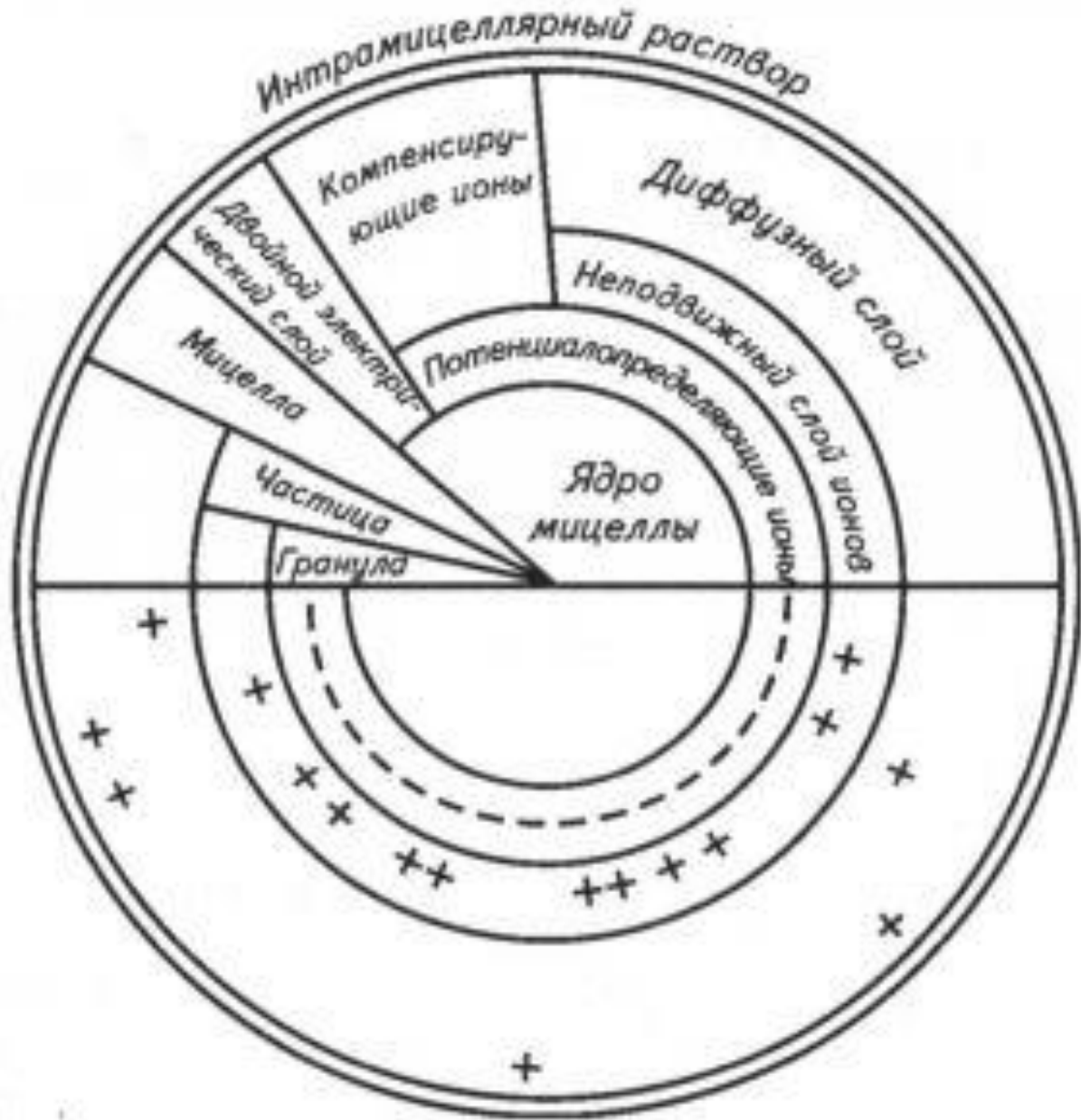
По происхождению различают минеральные, органические и органо-минеральные почвенные коллоиды.

Минеральные (80-90 %):

глинистые минералы (каолинит, монтмориллонит и др.) - *кристаллы*, оксиды и гидроксиды Si, Fe, Al, Mn - *аморфные*.

Органические (5-10 %): вещества гумусового и белкового происхождения - *аморфные*.

Органо-минеральные (около 5 %): вещества взаимодействия глинистых минералов и полуторных оксидов с гумусовыми частицами.



Мицелла – коллоидная частица, образованная скоплением ионов и молекул, находящаяся в состоянии устойчивого равновесия со средой благодаря электрическим зарядам.

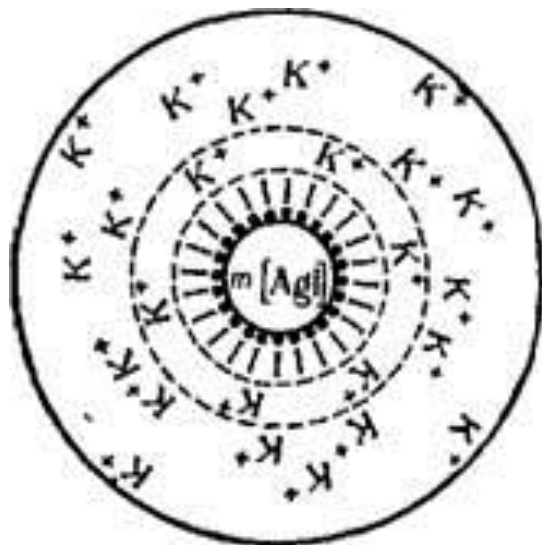
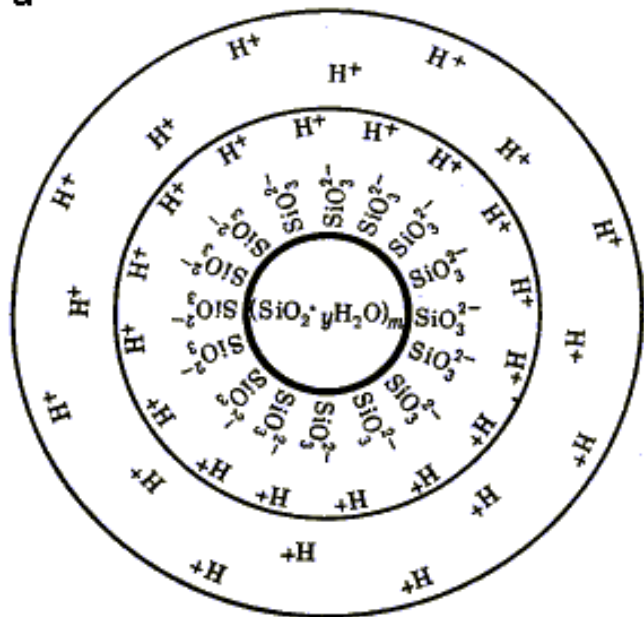
Мицелла = ядро + внутренний слой (потенциалопределяющий) + внешний слой (компенсирующий: неподвижный и диффузный).

Гранула – часть мицеллы, состоящая из ядра и потенциалопределяющего слоя.

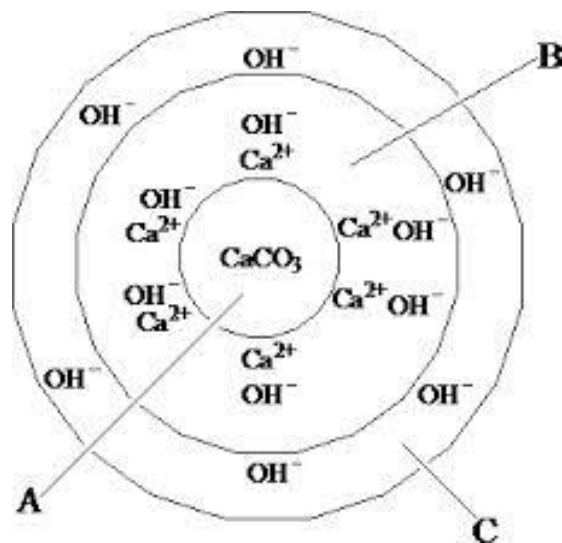
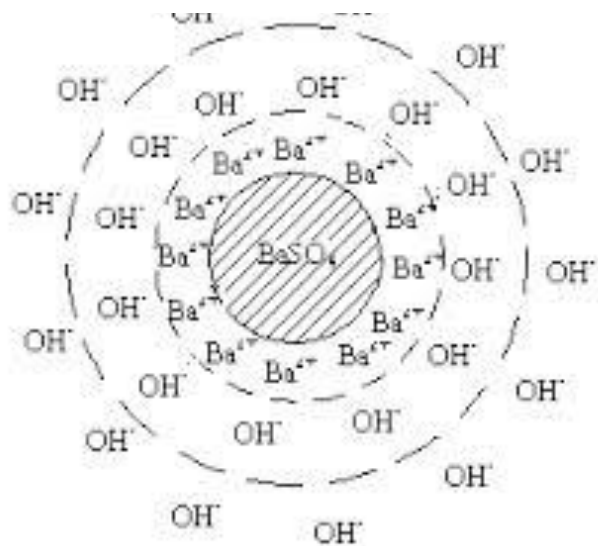
Между гранулой и окружающим раствором возникает термодинамический потенциал, под влиянием которого из раствора притягиваются ионы противоположного знака.

ПОЧВЕННЫЕ КОЛЛОИДЫ

а

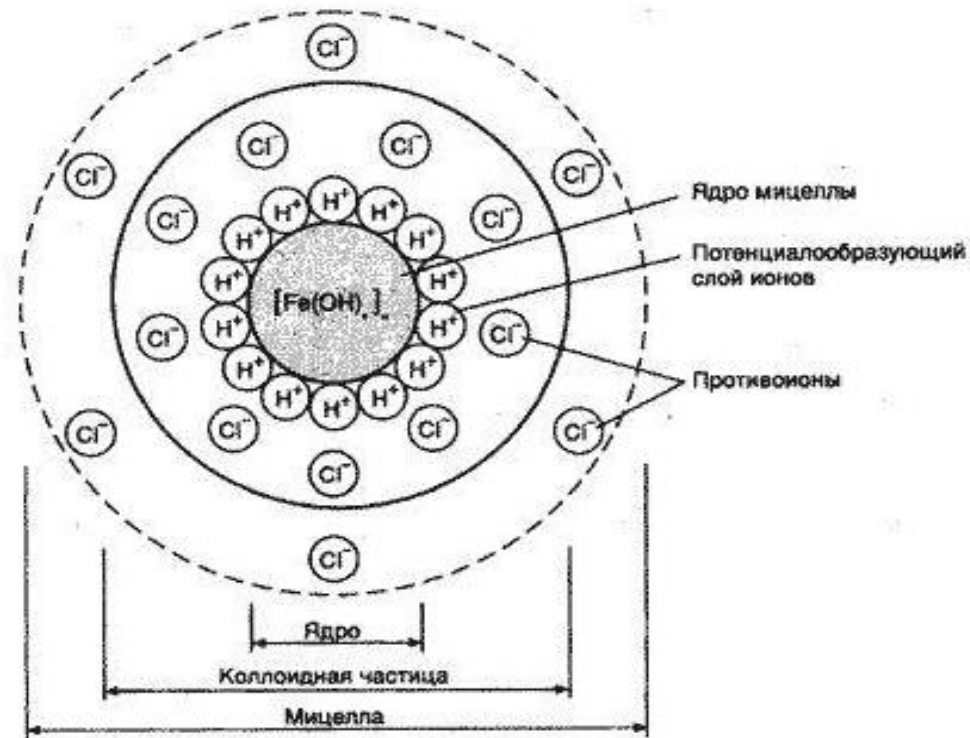


Ацидоиды — коллоиды, имеющие в потенциалопределяющем слое отрицательный заряд:
глинистые минералы, гидроксиды Mn, аморфные формы SiO₂, гумус, органо-минеральные коллоиды



Базоиды — коллоиды, имеющие в потенциалопределяющем слое положительный заряд:
гидроксиды железа и алюминия.

Строение мицеллы коллоидного раствора гидроксида железа (III)



ПОЧВЕННЫЕ КОЛЛОИДЫ

Амфолитоиды — коллоиды, изменяющие заряд в потенциалопределяющем слое при разных кислотно-щелочных условиях среды:
белковые органические вещества.

Поскольку почвенные частицы - коллоиды имеют заряд, они способны притягивать дипольные молекулы воды из окружающего раствора, образуя **гидратные пленки**.

Толщина этих пленок зависит от величины заряда и состава поглощенных катионов.

СВОЙСТВА КОЛЛОИДОВ

Гидрофильные коллоиды – коллоиды, способные прочно удерживать молекулы воды: кремнекислота, глинистые минералы (особенно монтмориллонит), коллоиды, насыщенные K, Na, Li.

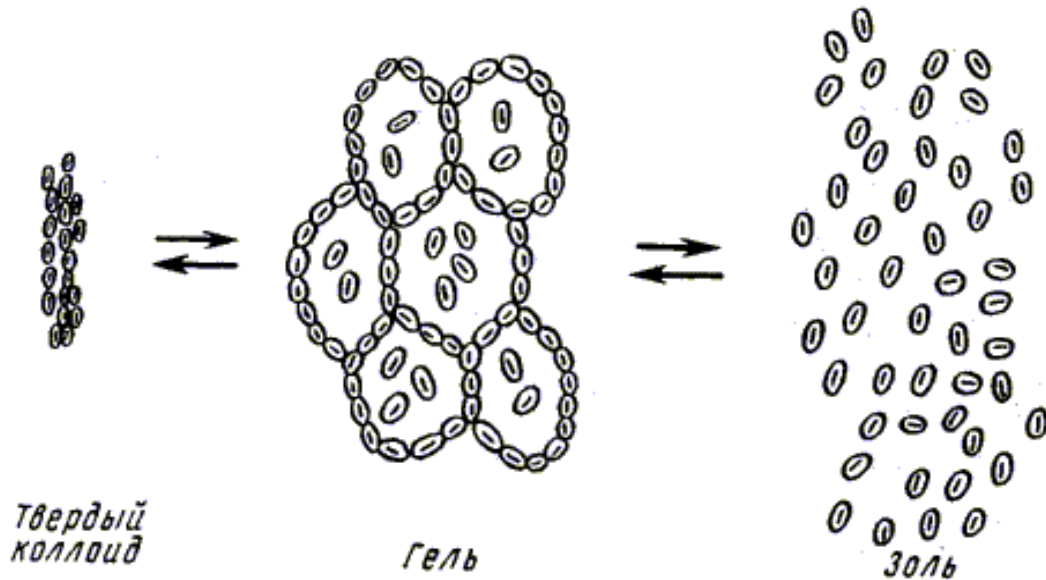
Гидрофобные коллоиды – коллоиды, которые слабо удерживают молекулы воды: гидроксиды железа и алюминия, органические коллоиды (особенно частицы торфа).

Гидрофильные коллоиды способны сильно набухать и оставаться устойчивыми в коллоидном растворе. Гидрофобные набухают незначительно, сворачиваются и выпадают в осадок.

СВОЙСТВА КОЛЛОИДОВ

Золь – взвешенный коллоидный раствор с предельно высокой дисперсностью.

Гель – аморфный студнеобразный или твердый осадок с жидкой или газообразной дисперсионной средой.



Коагуляция – переход коллоида из состояния золя в гель.

Пептизация – переход коллоида из состояния геля в золь.

Катионы увеличивают коагулирующую способность в ряду:
 $\text{Li}^+ < \text{Na}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{K}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{H}^+ < \text{Ca}^{2+} < \text{Ba}^{2+} < \text{Al}^{3+} < \text{Fe}^{3+}$

Поглотительная способность почвы

– это способность почвы обменно или необменно поглощать твердые, жидкие и газообразные вещества или увеличивать их концентрацию у поверхности содержащихся в почве частиц.

Механическая поглотительная способность – это свойство почв, как всякого пористого тела, задерживать поступающие с водным или воздушным потоком твердые частицы, размеры которых превышают размеры почвенных пор. Механическое поглощение зависит от гранулометрического состава и сложения почвы. Так, глинистые и суглинистые почвы способны поглощать даже тонкодисперсные частицы, а песчаные, имеющие крупнопористое сложение, поглощают взвешенные частицы значительно хуже.

Поглотительная способность почвы

Биологическое поглощение – обусловлено жизнедеятельностью растений и микроорганизмов почвы, которые поглощают из нее необходимые элементы и переводят их в органические соединения. В таком виде элементы питания не вымываются из почвы.

Особенностью этого вида поглотительной способности является *избирательность* – растения и микроорганизмы поглощают необходимые вещества в соответствии со своими потребностями. Благодаря этой избирательности почва обогащается биологически ценными элементами, которые извлекаются из глубоких слоев, а после отмирания живых организмов накапливаются в верхних горизонтах и используются следующими поколениями организмов.

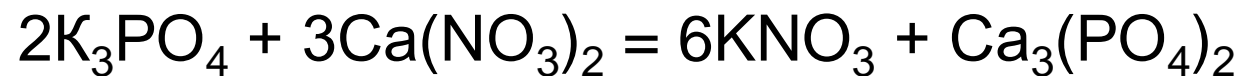
Поглотительная способность почвы

Химическая поглотительная способность – обусловлена закреплением в почве труднорастворимых соединений, выпадающих из раствора в осадок, в результате химических реакций обмена.

При взаимодействии с катионами **кальция, алюминия, железа** и других элементов растворимые в воде **сульфаты, карбонаты, фосфаты** образуют нерастворимые соединения. В таком виде вещества закрепляются и не вымываются из почвы.

Таким же образом могут закрепляться в почве и удобрения.

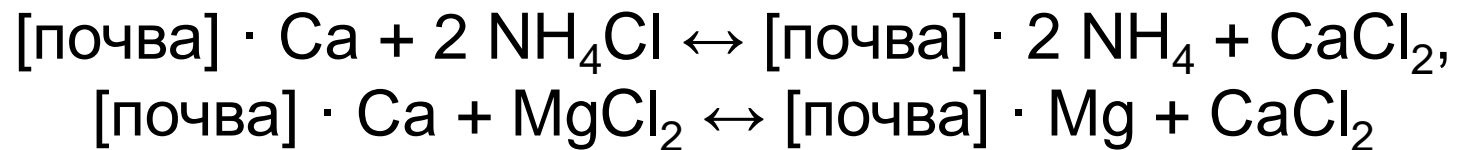
Например, при внесении в почву фосфорного удобрения в результате взаимодействия аниона фосфорной кислоты с катионом кальция выпадает в осадок **ортофосфат кальция**:



Поглотительная способность почвы

Физическая поглотительная способность (молекулярно-сорбционная) – обусловлена притяжением отдельных молекул к поверхности твердых почвенных частиц - на поверхности коллоидов адсорбируются вещества из раствора или газы, причем изменяется только концентрация веществ, но качественный состав не изменяется.

Физико-химическая, или обменная поглотительная способность (ионно-сорбционная) – способность почвы обменивать ионы, находящиеся на поверхности коллоидных частиц, на эквивалентное количество ионов раствора, взаимодействующего с твердой фазой почвы.



Почвенно-поглощающий комплекс (ППК)

– это совокупность органических, минеральных и органоминеральных компонентов твердой фазы почвы, способных к обмену ионами.

Поскольку большая часть почвенных коллоидов имеет отрицательный заряд, то из раствора поглощаются в основном катионы. Обмен катионов почвенного раствора на катионы, находящиеся в твердой фазе почвы, происходит эквивалентно.

В состав поглощенных катионов входят катионы **кальция, магния, водорода, калия, натрия, аммония, железа и алюминия**. Энергия поглощения катионов зависит от валентности. Сильнее поглощаются двухвалентные катионы (Ca^{2+} , Mg^{2+}), слабее — одновалентные (Na^+ , NH_4^+ , K^+). Ион **водорода** составляет исключение, его энергия поглощения во много раз превосходит энергию поглощения даже двухвалентных катионов.

Почвенно-поглощающий комплекс (ППК)

Емкость катионного обмена почв (ЕКО) – максимальное количество катионов, способное удерживаться твердой фазой почвы и обмениваться на катионы раствора (*мг-экв на 100 г почвы*).

ЕКО зависит от типа почвы, минералогического, гранулометрического состава, количества гумуса и реакции среды. Чем больше в почве глинистых минералов и гумуса, чем ближе к нейтральной реакция почвы, тем больше ЕКО.

Величина ЕКО:

песчаные почвы — 1...5 мг • экв/100 г почвы,
супесчаные — 7...8 мг • экв/100 г почвы,
суглинистые — до 15...18 мг • экв/100 г почвы,
глинистые — 25...30 мг • экв/100 г почвы и выше.

В верхнем горизонте черноземов она достигает 50 – 60 мг•экв/100 г, так как здесь много гуминовых кислот.

Степень насыщенности основаниями

Общее содержание всех обменных катионов (K, Ca, Mg и др.), кроме H^+ и Al^{3+} , называют **суммой обменных оснований (S)**.

В зависимости от наличия поглощенного H^+ и Al^{3+} почвы подразделяют на **насыщенные и ненасыщенные основаниями**.

Степень насыщенности основаниями (V, %) отражает соотношение ионов H^+ и Al^{3+} , с одной стороны, и всех других катионов, которые находятся в ППК.

Сумма ионов H^+ и Al^{3+} измеряется величиной **гидролитической кислотности (H_r)**

Степень насыщенности основаниями рассчитывается по формуле:

$$V = S / (H_r + S) \cdot 100 \%$$

Соотношение H_r и S в разных почвах не одинаково. Например, в кислых почвах в ППК преобладает H_r , а в нейтральных – S.

В нейтральных и щелочных почвах *степень насыщенности основаниями* составляет 100 %. В сильнокислых почвах $V < 50 \%$, в слабокислых около 80 %.

Степень насыщенности основаниями

Почвы, насыщенные Ca^{2+} и Mg^{2+} , имеют нейтральную реакцию, благоприятные водные свойства, эти катионы способствуют сохранению коллоидов (в том числе и органических), закрепляют гумус, увеличивая плодородие. К таким почвам относятся *черноземы, пойменные дерновые и дерново-карбонатные*.

В почвах к северу от черноземов, кроме кальция и магния, в ППК присутствуют катионы H^+ и Al^{3+} . Эти катионы обуславливают кислую реакцию среды, коллоиды находятся в состоянии непрочного геля, разрушаются и вымываются. Почвы обладают менее благоприятным водно-воздушным режимом, имеют невысокое естественное плодородие. К таким почвам относятся *подзолистые, дерново-подзолистые, красноземы и др.*

В почвах к югу от черноземов в ППК присутствует значительное количество Na^+ . Такие почвы имеют щелочную реакцию, плохие физические свойства, бесструктурные, коллоиды очень неустойчивые, легко пептизируются и вымываются. Типичным представителем являются *солонцы*.

КИСЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ

$$pH = - \lg [H^+]$$

Отличают **реакцию почвенного раствора и твердой фазы.**

Соответственно существуют виды кислотности почв:

- Активная, или актуальная,
- Потенциальная, в том числе обменная и гидролитическая.

Актуальная кислотность почвенного раствора вызывается, главным образом, растворимыми органическими кислотами. Подкисляет раствор также углекислота, которая образуется при растворении CO₂ в воде.

Повышают актуальную кислотность соли алюминия, железа, которые в растворе расщепляются с образованием кислоты:



Если почва насыщена основаниями, то актуальная кислотность практически отсутствует.

КИСЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ

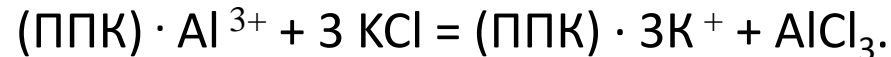
Кислотность твердой фазы почвы называется *потенциальной*. Она зависит от наличия ионов H^+ и Al^{3+} в обменно-поглощенном состоянии в ППК. Они подкисляют почвенный раствор в результате обменных реакций между поглотительным комплексом и почвенным раствором.

По способу определения потенциальной кислотности отличают две ее формы – *обменную* и *гидролитическую*.

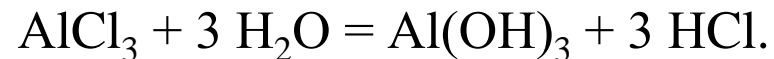
Обменная кислотность обусловлена водородными ионами, которые могут быть вытеснены из ППК растворами нейтральных солей (NaCl, KCl):



Если в почве присутствуют ионы алюминия, то он также вытесняется в раствор нейтральной солью:



В воде хлористый алюминий расщепляется с образованием кислоты:



Обменная кислотность определяется с помощью 1н раствора KCl и обозначается pH_{KCl} . Для кислых почв интервал pH_{KCl} колеблется в пределах от 3 (иногда от 2,5) до 6.

Гидролитическую кислотность (H_r) представляют ионы H^+ , которые вытесняются гидролитически щелочными солями, например уксуснокислый кальций (CH_3COONa).

Гидролитическая кислотность (H_r) выражается в мили-эквивалентах на 100 г почвы (м • экв./100 г почвы, или сантимоль на 1 кг почвы (смоль+/кг)).

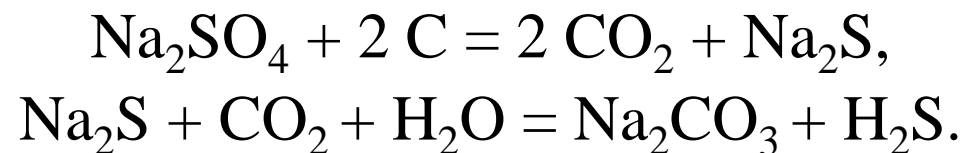
Гидролитическая кислотность всегда больше **обменной** и **актуальной**.

ЩЕЛОЧНОСТЬ ПОЧВЫ

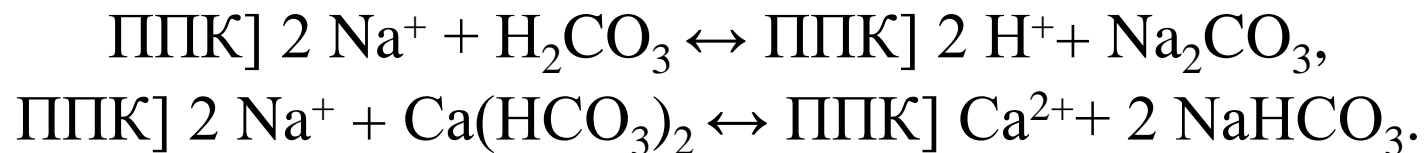
Актуальная щелочность обусловлена наличием в почвенном растворе щелочных солей (*карбонатов и гидрокарбонатов Na, K, гидрокарбонатов Ca, Mg*), при диссоциации которых образуется в значительных количествах ион (ОН⁻):



Широко распространен и биологический путь образования соды из нейтральной соли в анаэробных условиях в результате деятельности *сульфатредуцирующих бактерий*, которые в присутствии органического вещества восстанавливают сернокислые соли натрия до сульфида, который затем превращается в соду:



Потенциальная щелочность обусловлена *поглощенным натрием*, который может выходить в раствор при взаимодействии с угольной кислотой или карбонатами:



ЩЕЛОЧНОСТЬ ПОЧВЫ

В результате образуется **сода**, которая подщелачивает почвенный раствор.

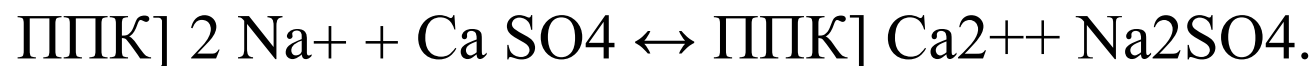
Щелочность почв оценивается по показателю рН почвенного раствора.

Выделяют реакцию среды:

- *слабощелочную* – рН = 7,2 – 7,5;
- *щелочную* – рН = 7,6 – 8,5;
- *сильнощелочную* – рН > 8,5.

Высокая щелочность ухудшает водные свойства почвы и усиливает пептизацию коллоидов, что обуславливает низкое плодородие почвы, снижает доступность многих элементов.

Для устранения щелочности применяют также химическую мелиорацию – *гипсование* (внесение гипса, нитратов кальция или материалов, содержащих гипс, серную кислоту, сульфат железа, серу), в результате которой происходят замещение обменного натрия на кальций и нейтрализация свободной соды:



Образующиеся растворимые соли натрия удаляют путем промывки почв.

Чтобы избавиться от повышенной кислотности почв, применяют вид химической мелиорации - *известкование* (внесение известковых удобрений – мел, доломитовая мука, известняк). По нуждаемости в известковании почвы разделяют на:

- сильно нуждающиеся – рН < 4,5;
- средне нуждающиеся – рН 4,5 – 5,0;
- слабо нуждающиеся – рН 5,1 – 5,5;
- не нуждающиеся – рН > 5,5.

При известковании кислых почв катионы кальция или магния замещают катион водорода и нейтрализуют его:



Известкуют почвы для улучшения их свойств и получения более высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

БУФЕРНОСТЬ ПОЧВЫ

Буферность – это способность почвы противостоять изменению реакции почвенного раствора при воздействии кислот, щелочей или их солей.

Почвы с высокой степенью насыщенности основаниями обладают высокой буферностью к подкислению.

Чем тяжелее гранулометрический состав почв, тем больше надо внести в почву извести, чтобы нейтрализовать кислотность, преодолевая высокую буферность.

Дозы извести в зависимости от основных факторов буферности почв (рН и гранулометрического состава)

| Гранулометрический состав почв | рН _{KCL} | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----------|
| | 4,5 | 4,6 | 4,8 | 5,0 | 5,2 | 5,4 – 5,5 |
| Песчаные | 2,5 | 2,1 | 1,6 | 1,3 | 1,0 | 0,7 – 0,5 |
| Супесчаные | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,5 | 1,2 – 1,0 |
| Легкосуглинистые | 4,5 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 2,0 |
| Среднесуглинистые | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 4,0 | 3,5 | 3,0 |
| Тяжелосуглинистые | 7,0 | 6,5 | 6,0 | 5,5 | 5,0 | 4,5 |
| Глинистые | 8,0 | 7,5 | 7,0 | 6,5 | 6,0 | 5,5 |