

# Химические свойства почвы

Почва наследует химический состав коры выветривания. Однако при влиянии на кору выветривания живого вещества химический состав ее существенно изменяется. Если представить себе почву в общем виде как систему атомов химических элементов, то эта система будет практически полностью состоять из атомов кислорода и кремния.

Поскольку основная масса почвы, за исключением гумуса и органических остатков, представлена минеральными частицами, *валовой химический состав почвы* в основном определяется составом и количественным соотношением формирующих ее минералов.

^ *Химические элементы в почве.* **Кремний** — определяется содержанием в почве кварца и в меньшей степени первичных и вторичных силикатов и алюмосиликатов. В ряде случаев присутствует и в больших количествах аморфный кремнезем в виде опала или халцедона, генезис и накопление которых в почве связаны с биогенными (опаловые фитолитарии, панцири диатомовых водорослей) или гидрогенными (окремнение) процессами. Валовое содержание  $\text{SiO}_2$  колеблется от 40 до 70 % в глинистых почвах и до 90 — 98 % в песчаных

**Алюминий** — обусловлен присутствием полевых шпатов, глинистых минералов и других богатых алюминием первичных минералов, например слюд, эпидотов, граната, корунда. В почве может содержаться и свободный глинозем в виде бёмита, гидраргилита в аморфной или кристаллической форме. Валовое содержание  $Al_2O_3$  в почвах обычно колеблется от 1 — 2 до 15 — 20 %, а в ферраллитных почвах тропиков и бокситах может превышать 40 %.

**Железо** — присутствует в почвах в составе первичных и вторичных минералов как компонент магнетита, гематита, глауконита, роговых обманок, биотита, хлоритов, глинистых минералов, минералов группы оксидов железа. Много в почвах и аморфных соединений железа (гетит, гидрогетит и др.). Валовое содержание  $Fe_2O_3$  колеблется в очень широких пределах — от 0,5— 1 % в кварцево-песчаных почвах и 3 — 5 % в почвах на лессах до 8—10 % на элювии плотных ферромагнезиальных пород и 20—50% в ферраллитных почвах и латеритах тропиков. Наблюдаются и железистые конкреции и слои.

**Кальций** — содержание CaO в бескарбонатных суглинистых почвах составляет 1 — 3 % и определяется присутствием глинистых минералов тонкодисперсных фракций, а также гумусом и органическими остатками, в связи с чем наблюдается тенденция к биогенному обогащению кальцием верхней части профиля. Кальций содержится также в обломках карбонатных пород.

В почвах сухостепной и аридной зон в процессе почвообразования идет накопление вторичного кальцита или гипса. Много кальция аккумулируется в почвах гидрогенным путем вплоть до образования известковых или гипсовых корок.

**Магний** — по содержанию близок к CaO, что обусловлено присутствием монтмориллонита, вермикулита, хлорида. В крупных фракциях магний сосредоточен в обломках доломитов, роговых обманок, пироксенах. В почвах аридной зоны много магния аккумулируется при засолении почв в виде хлоридов и сульфатов.

Ионы кальция, магния имеют большое значение, способствуя коагуляции почвенных коллоидов, поддерживают агрегатное состояние почв, противостоят распылению, улучшают физические свойства почв. Средний вынос с урожаем кальция колеблется от 30 кг (зерновые хлеба) до 120 кг (бобовые, свекла) на га.

**Калий** — содержание  $K_2O$  в почвах составляет 2—3 %. Он присутствует в тонкодисперсных фракциях, особенно в гидрослюдах, а также в составе первичных минералов — биотита, мусковита, калиевых полевых шпатов. Калий — чрезвычайно необходимый для растений элемент, обеспечивающий рост и развитие растений. Больше его в глинистых почвах, в песках мало (до 1 %), очень мало в торфяниках. Из всех зольных элементов на долю калия в растениях приходится самое большое количество - 4-5% от веса сухого вещества, а в листьях калиелюбивых растений (гречиха, подсолнечник, картофель) — 7-8%. Существует корреляция между содержанием калия и накоплением белка в семенах.

**Натрий** — содержание  $Na_2O$  в почвах составляет около 1 — 3 %, преимущественно в натрийсодержащих полевых шпатах. В аридных почвах натрий присутствует в основном в виде хлоридов. Дефицита натрия в почвах, как правило, не наблюдается, но его избыток обуславливает неблагоприятные физические свойства почв.

^ **Титан, марганец и сера** — присутствуют в почвах в ограниченном количестве.

- 
- **Углерод, азот, фосфор** — важнейшие органогены. Углерод сосредоточен главным образом в гумусе, а также в органических остатках и карбонатах. Азот также связан с гумусом и наряду с фосфором играет очень важную роль в плодородии почв. В почвах, как правило, наблюдается дефицит фосфора, его валовое количество незначительно и в основном его содержат гумус и органические остатки.

- Главный путь поступления азота в почву – деятельность микроорганизмов и растений. Частично азот поступает в почву с атмосферными осадками, содержащих в небольшом количестве аммиак и окислы азота, при электрических разрядах. Аммиак поступает в почву при сжигании топлива, во время пожаров. Подсчитано, что с атмосферными осадками поступает от 3 до 16 кг азота на гектар.
- Но основное значение в обогащении почвы азотом имеют микроорганизмы. Они могут быть свободноживущими, например, *Clostridium*, открытый в 1893 году русским микробиологом С.Н. Виноградским, но больший интерес представляет *Azotobacter*, обнаруженный Бейеринком в 1901 году. Последний может полностью возместить вынос азота с урожаем при условии, что почвы не имеют повышенной кислотности. Большое значение имеют нитрифицирующие бактерии, которые окисляют аммиак до азотистой и азотной кислоты, повышая усвояемость соединений азота.
- Из симбиотических большое значение имеют клубеньковые бактерии, образующие клубеньки на корнях бобовых. Д.И.Прянишников подсчитал, что с одного га клевера в почву поступает 250 – 280 кг азота, а люцерны – 300 кг, при этом на образование надземных органов клевер использует 150 – 160 кг, а люцерна – 200 кг. при условии, что в почве достаточно фосфора и калия и благоприятные тепловой режим, режим влажности и кислотность.

- Известно несколько видов клубеньковых бактерий, специфичных для определенного рода бобовых культур, есть бактерии для клевера, люцерны, гороха, сои и др. Используются бактериальные удобрения, например, нитрагин, которым обрабатывают семена перед посевом .  

---

Можно самим приготовить бактериальное удобрение, получив порошок из корней растений, выращенных в питомниках.
- Основным источником азота являются органические вещества, находящиеся в почве, однако азот органических веществ не усваивается корнями растений. Под действием микроорганизмов идут сложные биохимические превращения, из них важнейшее значение имеют: аммонификация, нитрификация и денитрификация. В результате первых двух последовательно образуются аммиак, нитриты и нитраты, в результате денитрификации идет восстановление нитратов микроорганизмами до свободного азота, который теряется почвой, особенно при переизвестковании на избыточно увлажненных почвах.

- Запасы фосфора в пахотном слое от 3 до 7,5 т на га. В гумусовом слое его значительно больше. Фосфорное питание осуществляется за счет солей ортофосфорной кислоты, реже других кислот. Поглощается фосфор (действующее вещество) в виде окиси  $P_2O_5$ . Фосфаты находятся в виде органических (нуклеопротеиды, фитин, сахарофосфаты и др.) и минеральных соединений. Содержание органических соединений в зависимости от окультуренности почвы колеблется от 10 до 50 %. Они становятся доступными в результате биохимических реакций с помощью микроорганизмов. Минеральные соединения состоят из многих солей, основная форма – фторапатит  $Ca_5F(PO_4)_2$ . В почвах с кислой реакцией накапливаются фосфаты окислов



- Запасы фосфора в пахотном слое от 3 до 7,5 т на га. В гумусовом слое его значительно больше. Фосфорное питание осуществляется за счет солей ортофосфорной кислоты, реже других кислот. Поглощается фосфор (действующее вещество) в виде окиси  $P_2O_5$ . Фосфаты находятся в виде органических (нуклеопротеиды, фитин, сахарофосфаты и др.) и минеральных соединений. Содержание органических соединений в зависимости от окультуренности почвы колеблется от 10 до 50 %. Они становятся доступными в результате биохимических реакций с помощью микроорганизмов. Минеральные соединения состоят из многих солей, основная форма – фторапатит  $Ca_5F(PO_4)_2$ . В почвах с кислой реакцией накапливаются фосфаты окислов Fe и Al. Динамика фосфатов зависит от микробиологической деятельности, от обработки почвы, особенностей возделываемой культуры, химических и физико-химических показателей. Для обогащения почв соответствующими микроорганизмами используется бактериальное удобрение – фосфоробактерин, однако он эффективен только на почвах, богатых органикой.
- Разные виды растений по-разному усваивают фосфор: некоторые способны усваивать из малорастворимых соединений (фосфоритная мука) – люпин, горох, донник, другим же требуются более растворимые – злаки, лен, картофель, корнеплоды.

**Микроэлементы** — марганец, никель, кобальт, цинк, медь, свинец, литий и др. — присутствуют в почвах в небольших количествах. Однако дефицит или избыток любого из них негативно отражается на выращиваемых сельскохозяйственных культурах. Микроэлементы участвуют в таких жизненно важных процессах, как дыхание, фотосинтез, синтез белков, кроветворение и др.. Они входят в состав витаминов, гормонов, поэтому от них зависит течение многих реакций обмена веществ.

## Кислотность и щелочность почв

Попадая в почву, атмосферная влага начинает растворять минеральные и органические вещества, взаимодействовать с почвенными коллоидами, с живыми организмами почвы, почвенным воздухом и превращаться в раствор.

Почвенные растворы представляют собой подвижную систему; состав их изменяется по мере того, как они перемещаются из одного почвенного горизонта в другой. Концентрация и состав растворенных веществ обуславливают ту или иную реакцию почвенного раствора, которая определяется соотношением свободных ионов  $H^+$  и  $OH^-$  в почвенном растворе.

Концентрация свободных ионов  $H^+$  выражается  $pH$  — отрицательным логарифмом концентрации {активности} водородных ионов.  $pH$  чистой воды равен 7, что свидетельствует о нейтральной реакции. При увеличении концентрации водородных ионов значения  $pH$  понижаются, а при уменьшении концентрации — повышаются. Значения  $pH$  ниже 7 указывают на кислую реакцию почвенного раствора, а выше 7 — на его щелочную реакцию.

Величина рН характеризует так называемую актуальную кислотность, или щелочность, почвы. Актуальной кислотностью называется кислотность почвенного раствора. Выделяют также потенциальную кислотность, характерную для твердой фазы почвы. Она имеет сложную природу. Ее носители — обменные катионы  $H^+$  и  $Al^{3+}$  почвенных коллоидов. В зависимости от характера вытеснения различают две формы потенциальной кислотности — обменную и гидролитическую.

*Обменная* кислотность проявляется при обработке почвы раствором нейтральной соли. В результате реакции обмена часть катионов нейтральной соли поглощается твердой фазой почвы, а взамен ее в растворе появляется эквивалентное количество ионов водорода и алюминия, находившихся в адсорбированном состоянии.

При обработке почвы раствором нейтральной соли вытесняются не все поглощенные ионы водорода. Более полное вытеснение ионов водорода возможно при обработке почвы раствором щелочной соли сильного основания и слабой кислоты. При этом кислотность называется *гидролитической* и она выше обменной.

## ***Почему важна кислотность почвы.***

Чрезмерно высокий (выше 9) или низкий (ниже 4) рН почвы токсичен для корней растений. В пределах этих значений рН определяет поведение отдельных питательных веществ, осаждение их или превращение в неусваиваемые растениями формы. В кислых почвах (рН 4.0-5.5) железо, алюминий и марганец находятся в формах, доступных растениям, а их концентрация достигает токсического уровня. При этом затруднено поступление в растения фосфора, калия, серы, кальция, магния, молибдена. На кислой почве может наблюдаться повышенный выпад растений без внешних причин - вымочка, гибель от мороза, развитие болезней и вредителей. В щелочных (рН 7.5-8.5) почвах также нарушается нормальное поглощение элементов: железо, марганец, фосфор, медь, цинк, бор и большинство микроэлементов становятся менее доступными растениям. Оптимальным считается рН 6.5 - слабокислая реакция почвы. Это не ведет к недостатку фосфора и микроэлементов, большинство основных питательных веществ доступны растениям, т.е. находится в почвенном растворе. Такая почвенная реакция благоприятна для развития полезных почвенных микроорганизмов, обогащающих почву азотом. Хотя отдельные виды растений приспособились к существованию в кислой или наоборот в щелочной среде,

- 
- Действие повышенной кислотности может проявляться прямо или косвенно. Прямое действие – нарушение проницаемости мембран, изменение кислотности содержимого клетки, ухудшение поступления питательных элементов и усвоения их растением.
  - Косвенное – нарушение структуры почвы, усиление токсичного действия отдельных элементов, например, алюминия, марганца, железа, подавление активности микрофлоры. Повышенная кислотность способствует накоплению нитратов в растении.

- Однако большинство растений хорошо развиваются при нейтральной или слабокислой реакции почвы (диапазон рН 6.0-7.0).

Следует учитывать, что многие из овощей - салат, капуста кочанная и цветная, свекла, огурцы, лук, спаржа а также клевер и люцерна - при рН ниже 6.0 развиваются хуже, чем при реакции, близкой к нейтральной. Такую же кислотность предпочитает большинство цветов.

В многолетней практике лабораторных исследований почв приняты следующие значения рН для определения степени кислотности или щелочности почвы: 3,0 — 4,5 — сильнокислые; 4,6—5,0 — кислые; 5,1 — 5,5 — слабокислые; 5,6—6,0 — близкие к нейтральным; 6,1 — 7,0 — нейтральные; 7,1 — 7,5 — слабощелочные; 7,6— 8,5 — щелочные; 8,6 и выше — сильнощелочные.

Чтобы точно определить свойства почвы на участке, надо ее образец послать на лабораторный анализ. Ориентировочно выяснить это мы можем и сами, полив комок сухой земли уксусом (щелочная земля будет вскипать) или промыв образец почвы дистиллированной водой и опустив в нее затем лакмусовую бумажку (при кислой реакции бумажка покраснеет, а при щелочной — посинеет). В природных условиях сделать вывод о кислотности почвы можно по некоторым типичным растениям. Например, на кислых почвах обычно растут хвощ, пикульник, мята, лютик, подорожник и т. п., на нейтральных — мать-и-мачеха, дикая редька; о щелочной реакции почвы нам сообщат такие растения-индикаторы, как ромашка, белый стелющийся клевер, горчица.

Повышенную кислотность можно снизить, внося в почву известь, а повышенную щелочность — добавляя кислые удобрения: суперфосфат, сульфаты и т. п. Разные виды почв обладают также и различной способностью удерживать постоянство химической реакции. Можно сказать, что большая часть почв имеет склонность к постепенному окислению. При этом песчаные почвы, в отличие от глинистых, постоянство химических свойств удерживают с трудом. В них следует вносить известь небольшими порциями, но зато часто, в то время как тяжелые обладают большей буферной способностью.







# Поглотительная способность почвы

---

Большую роль в питании растений и в превращении внесенных в почву удобрений играет ее поглотительная способность. *Под поглотительной способностью понимается способность почвы поглощать различные вещества из раствора, проходящего через нее, и удерживать их.* Основы современных представлений о поглотительной способности почвы были заложены работами академика К. К. Гедройца. Основную часть ППК составляют почвенные коллоиды. По К.К. Гедройцу, выделяют 5 видов поглотительной способности почвы: механическую, физическую, физико-химическую, химическую и биологическую

**Биологическая поглотительная способность** связана с жизнедеятельностью растений и почвенных микроорганизмов, которые избирательно поглощают из почвы необходимые элементы минерального питания, переводят их в органическую форму и предохраняют тем самым от выщелачивания. После отмирания корней, растительных остатков и тел микроорганизмов происходят их разложение и постепенная гумификация. Минерализация и последующее использование растениями ранее закрепленного в почве в органической форме азота, фосфора и серы протекают довольно медленными темпами.

*Биологическая поглотительная способность* почвы обусловлена присутствием в ней животных и растительных организмов. В процессе своего жизненного цикла растения и животные накапливают некоторые химические элементы, необходимые для нормальной жизнедеятельности организмов. После отмирания последних, накопленные элементы частично задерживаются в почве. Таким образом, почва постепенно обогащается определенными элементами, например углеродом, азотом, фосфором и пр., а также некоторыми микроэлементами.

---

□ .

^ **Механическая поглотительная способность** – это свойство почвы, как всякого пористого тела, задерживать в своей толще твердые частицы крупнее, чем система пор. Это могут быть взвешенные в поверхностных водах частицы глины и песка, детрит и т. п. Механическая поглотительная способность зависит от гранулометрического состава почвы, ее пористости, сложения. Благодаря механической поглотительной способности почвы и грунтов обеспечивается чистота грунтовых вод, происходит заиление каналов.

---

**Физическая поглотительная способность** — это положительная или отрицательная адсорбция частицами почвы целых молекул растворенных веществ. Положительная физическая адсорбция почвой растворимых минеральных солей неизвестна. Отрицательная адсорбция наблюдается при взаимодействии почвы с растворами хлоридов и нитратов, что обуславливает высокую подвижность их в почве и возможность вымывания из ее верхнего слоя при повышенной влажности. Это имеет положительное значение для  $\text{Cl}^-$  иона (избыток которого вреден для некоторых растений), но для нитратов оно нежелательно.

---

*Физическая (молекулярно-сорбционная) поглотительная способность* представляет изменение концентрации молекул растворенного вещества на поверхности твердых частиц почвы. Это свойство почвы обуславливается притяжением отдельных молекул к поверхности твердых почвенных частиц в результате проявления так называемой поверхностной энергии. Интенсивность проявления поверхностной энергии зависит от величины поверхности почвенных частиц и, следовательно, обязана присутствию в почве тонкодисперсных частиц. Эти частицы могут притягивать молекулы газов (водяной пар > NH<sub>3</sub> > CO<sub>2</sub> > O<sub>2</sub> > N<sub>2</sub>), молекулы жидких веществ. В частности, наличие пленочной влаги вокруг почвенных частиц обусловлено поверхностными силами. Наконец, в результате поверхностной энергии почвенными частицами поглощаются недиссоциированные на ионы молекулы веществ, находящихся в виде молекулярного раствора.

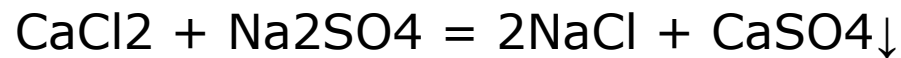
**Физико-химическая (ионно-сорбционная) поглотительная способность** заключается в способности почвы сорбировать ионы в результате обменных и необменных процессов. Наиболее важную роль в ионном почвенном обмене играют катионы. Физико-химическое поглощение имеет ряд закономерностей.

- 1) Обменно поглощаются преимущественно катионы, так как поглощающий комплекс заряжен в основном отрицательно.
- 2) Обмен катионов происходит в строго эквивалентном количестве.
- 3) Энергия обменного поглощения различных катионов зависит от валентности, а при одной и той же валентности - от атомной массы.
- 4) Интенсивность поглощения зависит от концентрации раствора, а при одинаковой концентрации - от количества раствора.



---

**Химическая поглотительная способность** - образование труднорастворимых химических соединений при взаимодействии отдельных компонентов почвенного раствора. Например, при взаимодействии фосфат-ионов с кальцием образуется слаборастворимый фосфат кальция. Возникновение новообразований гипса в почве протекает следующим образом:



Кроме того, химическая поглотительная способность почв связана с комплексообразовательной сорбцией, адгезионным взаимодействием (склеиванием), в которых активно участвуют гумусовые соединения. В результате образуются устойчивые органоминеральные соединения. Так в почве могут накапливаться устойчивые соединения тяжелых металлов.

**Химическая поглотительная способность** связана с образованием нерастворимых и труднорастворимых в воде соединений в результате химических реакций между отдельными растворимыми солями в почве (ионами в почвенном растворе).

Особую роль химическое поглощение играет в превращении фосфора в почве. При внесении водорастворимых фосфорных удобрений — суперфосфата, содержащего фосфор в виде монокальцийфосфата  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , аммофоса  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  и др.- в почвах происходит интенсивное химическое связывание фосфора. В кислых почвах (в подзолистых и красноземах), содержащих много полуторных окислов, химическое поглощение фосфора идет с образованием труднорастворимых фосфатов железа и алюминия. В почвах, насыщенных основаниями и содержащих бикарбонат кальция в почвенном растворе (черноземы, сероземы), химическое связывание фосфора происходит в результате образования слаборастворимых фосфатов кальция.

Химическое поглощение (фиксация) фосфора обуславливает слабую подвижность его в почве и снижает доступность растениям этого элемента из внесенных в почву легкорастворимых форм удобрений. По способности к фиксации фосфора почвы располагаются в следующем порядке: красноземы, дерново-подзолистые, черноземы.

# Вопросы к теме:

---

- Что такое поглотительная способность почв?
- Виды поглотительной способности почвы
- Что означает биологическая поглотительная способность?
- Какие признаки характеризуют механическую поглотительную способность?
- Какая разница между физической и физико-химической поглотительной способностью?
- Что характеризует химическую поглотительную способность

# Почвенный поглощающий комплекс

Поверхность частиц глины, ила или органического вещества несет отрицательный заряд и может притягивать к себе положительные ионы (т.е. катионы) водорода ( $H^+$ ), кальция ( $Ca^+$ ), магния ( $Mg^+$ ), калия ( $K^+$ ), натрия ( $Na^+$ ) и др. **Сумма мельчайших коллоидных частиц почвы, определяющих ее способность удерживать питательные вещества - поглотительную способность - называется почвенным поглощающим комплексом (катионной емкостью почвы). Или совокупность почвенных частиц, обладающих свойствами коллоидов, принято называть коллоидным комплексом почвы или (по предложению академика К.К. Гедройца) почвенным поглощающим комплексом -ППК**

Почвенный Поглощающий Комплекс (ППК) - совокупность нерастворимых в воде мелкодисперсных минеральных, органических и органоминеральных соединений почвы, образовавшихся в процессе ее формирования и частично унаследованных от материнской породы. Почвенный поглощающий комплекс, особенно его коллоидная фракция (диаметр частиц менее 0,1 мкм), определяет поглотительную способность почвы.

## Почвенные коллоиды

Почву необходимо рассматривать как систему, состоящую из трех фаз (или частей) — твердой, жидкой и газообразной. Все три фазы почвы находятся в постоянном взаимодействии, между ними непрерывно протекают реакции обмена и поглощения. Наибольшей подвижностью и изменчивостью обладают газообразная и жидкая фазы, по сравнению с ними твердая фаза инертна, но и она содержит активную часть — почвенные коллоиды.

К коллоидам принято относить все измельченные вещества, размер частиц которых колеблется от 0,2 до 0,001 мкм (коллоидные частицы – мицеллы), так и предколлоидная фракция (0,2 – 1,0 мкм). Тонкодисперсные частицы коллоидов обладают большой удельной поверхностной энергией. Большой запас свободной поверхностной энергии обуславливает такие важные свойства коллоидов, как их высокую поверхность, достигающей 10—50 м<sup>2</sup> и более на 1 г вещества, и свободной адсорбционную способность (поглощение), стремление к агрегации частиц и др.

В явлениях обмена и поглощения в почве решающая роль принадлежит коллоидам.

Почвенный поглощающий комплекс — высокодисперсная минеральная и органическая часть почвы, обуславливающая ее поглотительную и обменную способность.

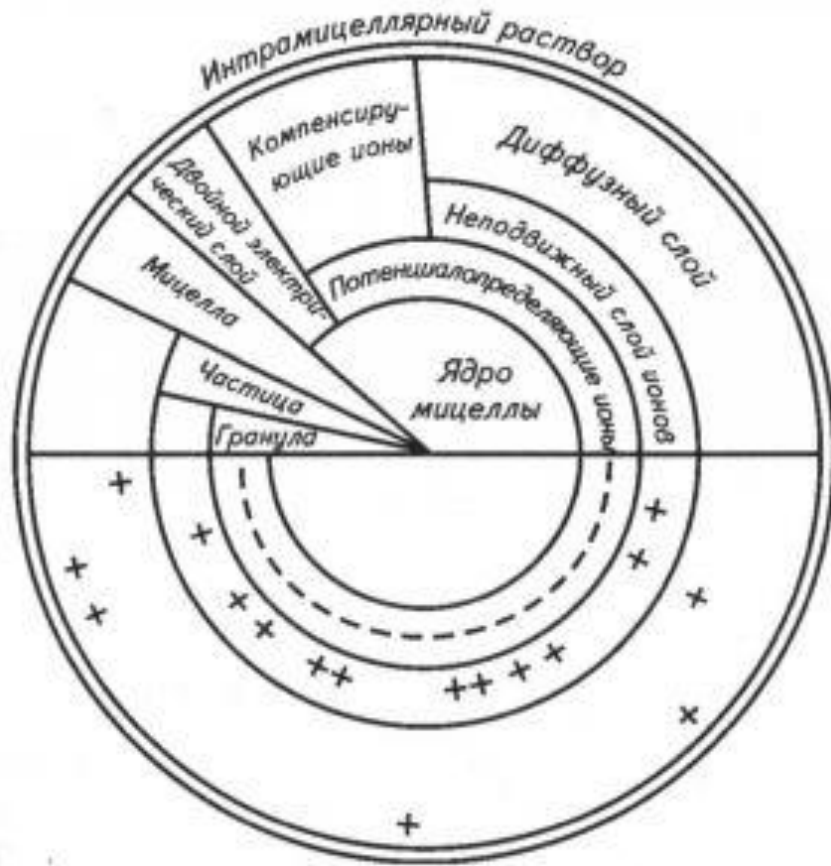
По составу коллоиды почвы подразделяются на три группы: минеральные, органические и органо-минеральные. В почве преобладают минеральные коллоиды, преимущественно из групп глинистых минералов, гидроокислов и окислов.

Органические коллоиды состоят из гумусовых веществ, поэтому верхние слои почвы содержат больше органических коллоидов, чем нижние. Органо-минеральные коллоиды представлены комплексными соединениями гумусовых веществ с минеральными.

Содержание коллоидов зависит от механического состава почвы и содержания гумуса. Наиболее богаты коллоидами глинистые и суглинистые почвы с высоким содержанием гумуса. Почвы песчаные, супесчаные, обедненные илистой фракцией и гумусом, содержат незначительное количество коллоидов.

Коллоиды могут находиться в двух состояниях: коллоидного раствора — золя и коллоидного хлопьевидного осадка — геля. В том случае, когда твердые коллоидные частицы почвы распределены в большом объеме воды и отделены одна от другой, они находятся в состоянии золя. Подобное состояние объясняется двумя причинами: наличием электрического заряда у коллоидных частиц и водной оболочки вокруг них.

- Образованию геля способствует обезвоживание коллоидных частиц при высушивании и промораживании почвы и нейтрализация заряда при добавлении в почву электролитов. Процесс соединения (слипания) коллоидных частиц называется коагуляцией. Процесс, противоположный коагуляции, называется пептизацией (переход геля в золь), он возможен для коллоидов, хорошо набухающих в воде (гидрофильных). В почве наблюдается переход части коллоидов из одного состояния в другое, но состояние коллоидов в виде геля — наиболее постоянное. Лишь во влажной почве небольшая часть коллоидов находится в состоянии золя.



- **Строение коллоидной мицеллы.** В ППК единицу коллоида представляет коллоидная мицелла. В ней различают три составные части, или слоя: 1) ядро мицеллы; 2) потенциалопределяющий слой — слой, определяющий заряд коллоидной частицы; 3) слой компенсирующих ионов — внешний слой ионов, нейтрализующих заряд. Слой компенсирующих ионов подразделяется на два слоя: слой неподвижных ионов и подвижный слой диффузных ионов. Ядро, потенциалопределяющий слой и слой компенсирующих неподвижных ионов составляют коллоидную частицу. Между ней и окружающим раствором возникает электрокинетический потенциал (свободная поверхностная энергия), под влиянием которого находится подвижный слой компенсирующих ионов — диффузный слой. Он располагается на некотором расстоянии от слоя потенциалопределяющих ионов. Таким образом, коллоидная частица имеет заряд, коллоидная мицелла электронейтральна и окружена водной оболочкой.



**Обменные катионы.** Это катионы, поглощенные высокодисперсной частью почвы, способны к обмену. *Максимальное количество обменных катионов, которые могут быть поглощены почвой из солевого раствора, называют емкостью поглощения катионов почвой.* Эту величину выражают в мг\*экв на 100 г почвы. Величина емкости поглощения зависит от содержания коллоидов, а следовательно, от механического состава почвы и содержания гумуса. Большой емкостью поглощения обладают суглинистые и глинистые черноземы, солонцы, луговые и болотные почвы. Емкость поглощения в этих почвах достигает 50—60 мг-экв и более на 100 г почвы. В состав обменных катионов отрицательно заряженных коллоидов почвы входят  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{H}^{+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ . В ППК дерново-подзолистых почв, красноземов и желтоземов входят катионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{H}^{+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , в черноземных почвах в поглощенном состоянии находится  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ ; в почвах засушливых областей — каштановых, солонцах — состав поглощенных катионов представлен  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ .

Поглощенный  $K^+$  встречается во всех типах почв, но в малых количествах.

В зависимости от состава обменных катионов академик К. К. Гедройц все почвы подразделил на насыщенные основаниями и ненасыщенные.

К почвам, насыщенным основаниями, относятся почвы, ППК которых содержит одни поглощенные основания:  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ; к ненасыщенным — почвы, ППК которых не полностью насыщен основаниями, в нем содержатся ионы  $H^+$  и  $Al^{3+}$ .

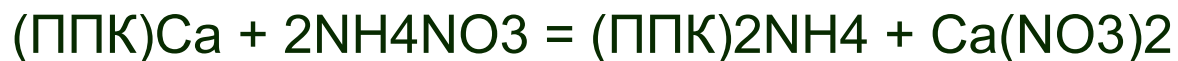
Насыщенность основаниями у почв различных типов неодинакова. Она будет близка к полной (100%) у черноземных и каштановых и неполной (30—60%) у почв ненасыщенных — дерново-подзолистых, красноземов и желтоземов и др. Степенью насыщенности почв основаниями (V) называется отношение суммы поглощенных оснований (S) к емкости поглощения катионов (E), выраженное в процентах

$$V = S/E * 100$$

▣ **Влияние обменных катионов на свойства почв и произрастание растений.** Наиболее благоприятными свойствами обладают почвы, насыщенные основаниями, например черноземы, в которых ППК насыщен  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . В таких почвах образуется водопрочная структура, органические и минеральные коллоиды сохраняются и накапливаются, что способствует увеличению емкости поглощения катионов. Эти почвы имеют нейтральную или слабощелочную реакцию. Почвы, насыщенные основаниями, но в ППК которых наряду с  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  много  $\text{Na}^{+}$  (в солонцеватых почвах и солонцах), характеризуется неблагоприятными свойствами. Наличие натрия приводит к пептизации коллоидов, агрономически ценная структура не образуется, а ранее созданная разрушается. При этом ухудшаются физические свойства, водный и воздушный режимы почвы; во влажном состоянии она становится вязкой, а при высыхании образует плотную массу, трудно поддающуюся обработке. Реакция у этих почв щелочная.

Почвы, ненасыщенные основаниями (подзолистые, дерново-подзолистые, болотные и др.), содержат в ППК  $H^+$  и  $Al^{3+}$ .. Ионы  $H^+$  постепенно разрушают минералы почвенного поглощающего комплекса, поэтому почва обедняется коллоидами, уменьшается емкость поглощения катионов, ухудшается структура. В таких почвах создается неблагоприятный водно-воздушный режим, суглинистые почвы заплывают, образуя корку на поверхности. Кроме того, почвы обладают кислой реакцией.

Реакция обмена катионов обратима, так как поглощенный почвой катион может быть снова вытеснен в раствор: ~~(ППК)Ca + 2KCl = (ППК)2K + CaCl<sub>2</sub>~~



В зависимости от концентрации раствора, его объема и природы обменивающихся катионов между катионами раствора и катионами почвенного поглощающего комплекса устанавливается некоторое подвижное равновесие. При изменении состава почвенного раствора это равновесие смещается, в результате одни катионы переходят из раствора в поглощенное состояние, а другие — из поглощенного состояния в почвенный раствор. При внесении минеральных удобрений, например KCl, концентрация почвенного раствора повышается, катионы удобрения вступают в обменную реакцию с катионами почвенного поглощающего комплекса и поглощаются почвой

Емкость поглощения и состав поглощенных катионов отличаются у разных почв. Разные почвы содержат неодинаковое количество способных к обмену поглощенных катионов. *Общее содержание в почве всех обменно-поглощенных катионов называется емкостью поглощения*. Она обозначается буквой Т и выражается в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы. Например, если в 100 г почвы в поглощенном состоянии содержится 200 мг  $\text{Ca}^{2+}$ , 24 мг  $\text{Mg}^{2+}$  и 9 мг  $\text{NH}_4^+$ , то емкость поглощения этой почвы будет равна;

$$200:20 + 24:12 + 9:18 = 12,5 \text{ мэкв на } 100 \text{ г.}$$

(где 20—эквивалентная масса кальция, 12 — магния, 18 — аммония).

Величина емкости поглощения характеризует поглотительную способность почв. Она зависит от механического и минералогического состава почвы и содержания в ней органического вещества. Почвы с малым количеством коллоидной фракции (песчаные и супесчаные) имеют невысокую емкость поглощения. Чем больше в почве минеральных и органических коллоидных частиц, тем выше ее поглотительная способность. У глинистых и суглинистых почв емкость поглощения больше, чем у песчаных и супесчаных. Более богатые органическим веществом черноземные почвы отличаются значительно более высокой емкостью поглощения (30—60 мэкв на 100 г), чем подзолистые почвы и сероземы (10—15 мэкв на 100 г).

Таким образом, поглощение и закрепление катионов зависит не только от характера ионов, но и от свойств самой почвы.

Разные типы почв отличаются величиной емкости поглощения и имеют определенный состав поглощенных катионов. Величина емкости поглощения почв определяется минеральным составом высокодисперсной части пород, на которых сформированы эти почвы, и содержанием в них гумуса. Как правило, глинистые тяжелые почвы имеют большую емкость поглощения, чем песчаные. Состав поглощенных катионов влияет на ряд важных свойств почвы. Скорость всасывания воды, прочность структуры почв и некоторые другие показатели последовательно уменьшаются при преобладании кальция, магния, калия и натрия. Оценочной характеристикой содержания в ППК катионов служит показатель суммы поглощенных оснований ( $S$ ), который выражается в ммоль/100 г почвы.

Почвы обладают обменной поглотительной способностью не только в отношении катионов, но и в отношении анионов, среди которых наиболее активно поглощаются анионы фосфорной кислоты ( $H_2PO_4$ ,  $H(PO_4)_2$ ,  $(PO_4)_3$ ).

Играя важнейшую роль в формировании почвы и почвенного плодородия, поглотительная способность почв имеет большое экологическое значение. Она определяет важнейшее свойство – *буферность почвы* – устойчивость к неблагоприятным воздействиям, в том числе химическому, биологическому загрязнению. Благодаря поглотительной способности почвы регулируют реакцию среды (при кислотных или щелочных воздействиях), снижают токсическое действие тяжелых металлов, предотвращают загрязнение грунтовых вод. Эта способность почв широко используется в биологической очистке сточных вод (сооружение полей орошения и фильтрации), для рекультивации отвалов токсичных горных пород и отходов и т.п.



Коллоиды в почве находятся главным образом в форме гелей, в которых частицы сцепляются между собой и образуют пространственную структурную сетку, в ячейках которой удерживается вода. Во влажной почве небольшое количество коллоидов может находиться в состоянии золя (частицы разделены водной фазой). Раздельное существование коллоидных частиц в состоянии золя связано с наличием электрокинетического потенциала и водной (гидратационной) оболочки на поверхности частиц. Одноименно заряженные частицы отталкиваются друг от друга, могут долго находиться в суспензии, не образуя осадка.

При падении электрокинетического потенциала и уменьшении заряда частиц разноименно заряженные коллоиды, сталкиваясь друг с другом при хаотическом движении, склеиваются, увеличиваются в размерах и выпадают в осадок. Процесс соединения коллоидных частиц и образования геля из золя называется *коагуляцией*, дальнейшее осаждение — *седиментацией*. Переход коллоида из состояния геля в состояние золя называется *пептизацией*. Коллоиды, которые могут легко переходить из золя в гель и обратно, называются обратимыми. В почве много коллоидов, трудно переходящих в состояние золя и составляющих группу необратимых коллоидов.

Реакция почвы также влияет на состояние коллоидов. Кислая реакция способствует растворению некоторых коллоидов, например гидроксида алюминия; щелочная реакция стимулирует выпадение в осадок коллоидов полуторных оксидов и переход в состояние золя органических и некоторых минеральных коллоидов.

Часть коллоидов в почве находится в свободном состоянии, часть образует пленки на поверхности более крупных гранулометрических фракций путем *адгезии*, под которой понимается слипание (склеивание) поверхностей каких-либо веществ различного химического состава, соприкасающихся друг с другом.

Таким образом, поглотительная способность почвы — одно из ее важнейших свойств, в значительной степени определяющее плодородие почвы и характер процессов почвообразования. Она обеспечивает и регулирует питательный режим почвы, способствует накоплению многих элементов минерального питания растений, регулирует реакцию почвы, ее водно-физические свойства.

На свойства почвы и условия произрастания растений большое влияние оказывает состав обменных катионов. Так, у почв, насыщенных кальцием, реакция близка к нейтральной; коллоиды находятся в состоянии необратимых гелей и не подвергаются пептизации при избытке влаги; почвы хорошо оструктурены, обладают благоприятными физическими свойствами. Черноземы являются примером таких почв.

Почвы, у которых в составе обменных катионов в значительном количестве ионы натрия, имеют щелочную реакцию, отрицательно влияющую на состояние коллоидов и рост растений. Насыщенные натрием коллоиды легко пептизируются; содержащие их почвы плохо оструктурены, имеют неблагоприятные водно-физические свойства: повышенную плотность, плохую водопроницаемость, слабую водоотдачу, низкую доступность почвенной влаги (солонцы, солонцеватые почвы).

При наличии в почвенном поглощающем комплексе в составе обменных катионов значительного количества ионов  $H^+$  и  $Al^+$  коллоиды легко разрушаются в результате кислотного гидролиза, почвы плохо оструктурены.

# Вопросы к теме

---

- Что называется ППК?
- Что такое почвенные коллоиды?
- Какими свойствами обладают почвенные коллоиды?
- Классификация почвенных коллоидов и их состояние
- Что такое коагуляция и пептизация?
- Строение коллоидной частицы
- Емкость поглощения катионов
- Классификация почв в зависимости от состава обменных катионов
- Что такое буферность почвы?