



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

---

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

АРХИТЕКТУРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ДИЗАЙНА АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЫ

Реферат по дисциплине  
**Методология проектирования**

**“Минералы группы монтмориллонита”**

Работу выполнила:  
студентка гр. ЛАБ-3  
Ключкина Д.А

Проверил:  
Торопкина М.А.

Санкт-Петербург  
2023

## **Оглавление**

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛИНИСТЫЕ МИНЕРАЛЫ	4
Значение глинистых минералов	5
Строение кристаллической решетки глинистых минералов	7
МИНЕРАЛЫ ГРУППЫ МОНТМОРИЛЛОНИТА	10
Происхождение	10
Строение кристаллической решетки	11
Сорбционные свойства	14
Влияние на свойства почв	16
Применение	18
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	19
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	20

## ВВЕДЕНИЕ

Минералы являются главной составной частью твердой фазы почв, так как на их долю приходится в среднем 95–98% ее массы. Этим определяется важность изучения свойств почв на минералогическом уровне.

Монтмориллонит — глинистый минерал, относящийся к подклассу слоистых силикатов.

Глинистые минералы — группа водных силикатов, слагающих основную массу глинистых отложений и большей части почв и определяющих их физико-химические, механические и др. свойства.

Глинистые минералы относятся к вторичным минералам.

Вторичные минералы - минеральные новообразования, возникшие в горной породе после ее формирования, в результате позднейших процессов, путем замещения первичных минералов или отложившиеся непосредственно из растворов в трещинах и пустотах пород.

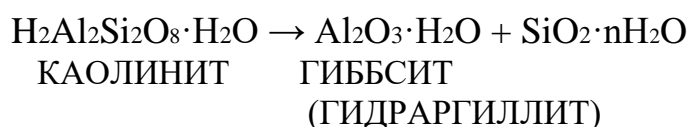
Глинистые минералы являются продуктами выветривания. хотя пути их образования в природе не ограничиваются процессом выветривания, о чём будет сказано ниже.

## ГЛИНИСТЫЕ МИНЕРАЛЫ

В соответствии с данными Ф.В. Чухрова, существует следующая взаимосвязь между исходными магматическими и метаморфическими породами и характерными минералами кор выветривания.

Исходные породы	Конечные минералы
Гранит	Каолинит
Гранит, умеренный вынос оснований	Каолинит и монтмориллонит
Мусковито-полевошпатово-биотитовые гнейсы	Монтмориллонит, гидрослюды
Биотитовые гнейсы	Нонтронит, гидрослюды
Мусковитовые гнейсы	Гидрослюды, каолинит
Диориты	Хлориты, гидрослюды, каолинит, гидрогетит
Габбро	Каолинит по полевым шпатам, нонтронит по пироксенам

Глинистые минералы термодинамически достаточно устойчивы, но в условиях жаркого, влажного тропического климата они подвержены дальнейшему выветриванию (процесс латеритизации) с накоплением оксидов и гидроксидов Fe, Al, Ti и др.

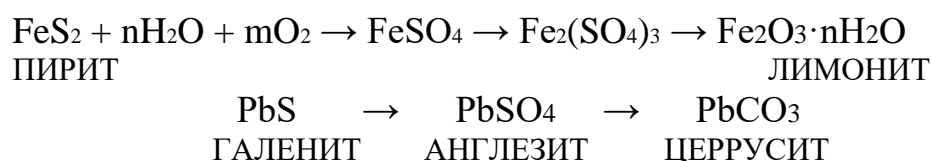


Латеритные коры выветривания могут иметь мощность до нескольких десятков метров. Согласно современным представлениям (Градусов Б.П., 2000), утверждение о том, что источником активного тонкодисперсного материала почв является процесс выветривания магматических пород, справедливо лишь отчасти. В действительности же глинистое вещество формировалось в огромных количествах ещё раньше постмагматическими гидротермальными процессами, а также процессами

диагенетических и катагенетических изменений осадочных толщ. Значение эндогенного материала в почвообразующей толще на заключительном этапе кайнозоя увеличивается. Это обусловлено высоким стоянием континентального блока, аридизацией суши, ледовым литогенезом плейстоцена, усилившим мобилизацию древних, в том числе гидротермальных образований.

Кроме указанных глобальных процессов, имеют место более частные случаи экзогенного минералообразования. Приведём некоторые из них.

Химическое выветривание сульфидов.



Образование минералов в болотах.

Характерные минералы – сидерит  $\text{FeCO}_3$ , лимонит  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , вивианит  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ .

Биохимическое минералообразование

Минерализация гуано в условиях жаркого сухого климата привела к образованию месторождения чилийской селитры  $\text{NaNO}_3$ .

### Значение глинистых минералов

Глинистые минералы (коллоидно-дисперсные вторичные алюмосиликаты) имеют размер кристаллов менее 0,0001 – 0,0002 мм.

Поэтому они изучаются специальными методами: термическим, рентгеновского фазового анализа, электронно-микроскопическим.

Содержание этих минералов колеблется от нескольких процентов в песчаных, супесчаных почвах до 20-40% в тяжелосуглинистых, глинистых. Роль глинистых минералов в почвах заключается в следующем:

1. Они обуславливают современную динамику, эволюцию и саморегулируемость почв как важнейшего компонента биосферы. Процессы образования, трансформации, перемещения, разрушения глинистых минералов участвуют в формировании почвенного профиля. Их изучение необходимо при решении генетических проблем почвоведения.
2. Наряду с гумусом, определяют физико-химическую поглотительную способность почв и условия минерального питания растений.
3. Обуславливают выполнение почвой глобальных экологических функций – биоэнергетической («запасают» солнечную энергию в 28 кристаллических решётках), контактно-регуляторной, гидрологической, газовой, санитарной ит.д.
4. От количества и состава глинистых минералов зависят воднофизические и физико-механические свойства почв – их водоудерживающая способность, липкость, пластичность, способность к структурообразованию, удельное сопротивление обработке и т.д.
5. Глинистые минералы оказывают влияние на почвенные микроорганизмы, так как многие представители микробиоты способны сорбироваться на поверхности глинистых минералов, а продукты их жизнедеятельности вступают с минералами в химические реакции.
6. Содержание и состав глинистых минералов оказывают воздействие на происходящие в почве процессы гумификации и минерализации растительных остатков и на состав и свойства образующихся в почве органических соединений, которые сорбируются на глинистых кристаллах образуя глинисто-гумусовые комплексы.
7. Глинистые минералы обладают большой химической активностью. На поверхности глинистых кристаллов находятся ионы кислорода и

(или) гидроксильные группы, легко дающие водородные связи. Большинство глинистых минералов имеют отрицательный заряд кристаллической решётки, который нейтрализуется положительно заряженными частицами – катионами.

Вокруг находящихся на поверхности глинистых кристаллитов катионов формируется сильное электрическое поле, что способствует проявлению каталитических свойств глинистых минералов. Существует гипотеза, которая связывает образование на Земле нефтяных залежей с каталитическими функциями глинистых минералов, способствующих превращению органических остатков в нефтепродукты. Существует также гипотеза, что глинистые минералы могли играть определённую роль в возникновении жизни на Земле, способствуя превращению аминокислот в протеины.

### Строение кристаллической решетки глинистых минералов

Глинистые минералы имеют, в основном, кристаллическую решётку слоистого типа, за исключением палыгорскита (цепочечный минерал). Их кристаллическую структуру можно представить как закономерное сочетание двух типов координационных многогранников – тетраэдров и октаэдров (рис. 10, 11).

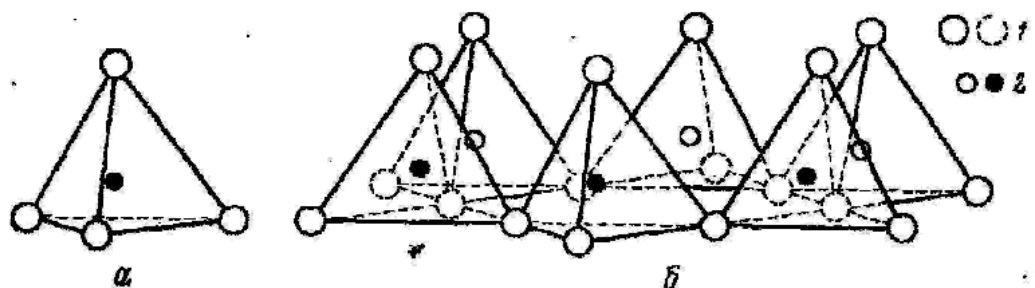


Рис. 10 Схематическое изображение кремнекислородного тетраэдра (а) и сетки тетраэдров, расположенных по гексагональному мотиву (б) 1 - кислород; 2— кремний

Тетраэдр представляет собой четырёхгранник, имеющий 4 вершины, формула  $[\text{SiO}_4]^{4-}$

В вершинах тетраэдра располагаются ионы кислорода, в центре ион кремния.

Грани тетраэдра по своей форме близки к равносторонним треугольникам. Сочленяясь в пространстве через общие вершины, тетраэдры образуют двумерную гексагональную тетраэдрическую сетку (слой). Она называется гексагональной, поскольку пустоты этой сетки имеют довольно правильную форму шестиугольников.

Вторым «кирпичиком», который входит в кристаллические решётки глинистых минералов, является октаэдр-восьмигранник, имеющий 6 вершин. Грани октаэдра также аналогичны равностороннему треугольнику (рис. 11- 12).

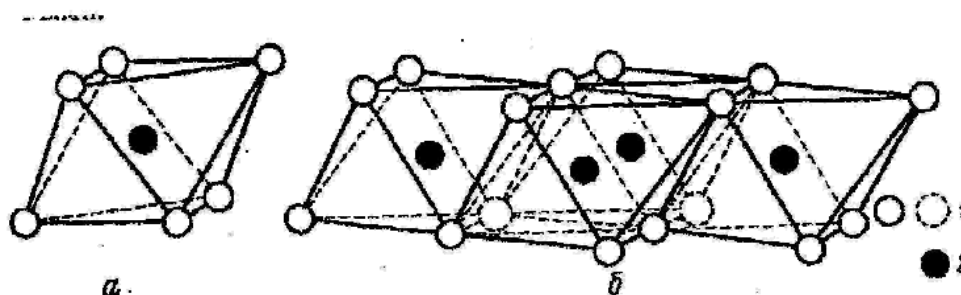


Рис. 11 Схематическое изображение отдельного октаэдра (а) и октаэдрической сетки (б) 1 — гидроксилы; 2 — алюминий, магний и т. д.

В вершинах октаэдра находятся гидроксильные группы ОН<sub>и</sub> (или) ионы кислорода, в центре различные катионы. Чаще всего это Al, и тогда октаэдры называются гиббситовыми (гидраргиллитовыми) и имеют формулу  $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$ . Если в центре располагается катион магния, октаэдры бруситового типа, формула  $[\text{Mg}(\text{OH})_6]^{4-}$ . а б



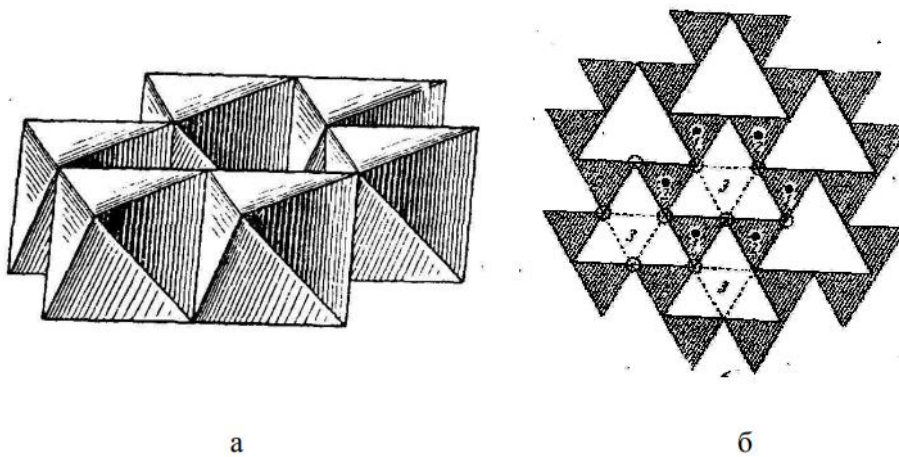


Рис. 12 Гексагональное кольцо из октаэдров (а) и октаэдрическая сетка (б) (проекция на плоскость). Чёрные кружки — атомы алюминия, белые ОН

Октаэдры, сочленяясь в пространстве через две общие вершины, т.е. через общие рёбра, также дают двумерную структуру – гексагональную октаэдрическую сетку.

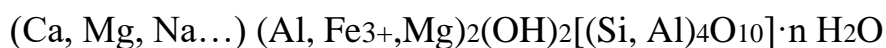
## МИНЕРАЛЫ ГРУППЫ МОНТМОРИЛЛОНИТА

Монтмориллонит - глинистый минерал, относящийся к подклассу слоистых силикатов, основной компонент бентонита. Этот минерал обладает способностью к сильному набуханию благодаря своему строению и имеет ярко выраженные сорбционные свойства.

Молекулярное отношение  $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 = 4$ .  
(оксид кремния 4) (оксид алюминия)

Минералы этой группы имеют название (синоним) – смектиты, техническое название – бентонитовые глины.

Обобщенная кристаллохимическая формула:



Виды минералов:

Монтмориллонит – основной минерал группы

Нонтронит – разновидность монтмориллонита, обогащенная железом, содержание которого достигает 20% массы минерала.

Бейделлит – обогащенная алюминием разновидность.

Сапонит – магниевая разновидность

Соконит – цинковая разновидность

Волконскоит – хромовая разновидность

Гекторит - литиевая разновидность

Происхождение

В составе тонкодисперсных фракций почв и почвообразующих пород минералы монтмориллонитовой группы могут образоваться различными путями.

Часть этих минералов имеет постмагматическое происхождение, связанное с метаморфическим и гидротермальным преобразованием осадочных и изверженных пород, особенно основного состава.

Минералы этой группы могут также образоваться в процессе почвообразования.

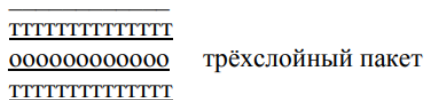
Экспериментально установлено образование бейделлита в горизонте А2 альфегумусовых подзолов за счет трансформационных изменений триоктаэдрических слюд (*прозрачный слоистый минерал*) в условиях кислой реакции и высокого содержания фульвокислого гумуса.

Собственно монтмориллониты, по мнению ряда авторов, могут образоваться в почвах синтетическим путем, то есть осаждаться из почвенного раствора, обогащенного Si (кремния) и Mg (магния), в условиях нейтральной или слабощелочной среды и затрудненного дренажа (*удаление воды с поверхности земли либо подземных вод*), так как именно в такой обстановке некоторым исследователям удалось синтезировать монтмориллонит в условиях лабораторного опыта.

### Строение кристаллической решетки

Минералы группы монтмориллонита относятся к трехслойным минералам 2:1.

трёхслойными – пакет состоит из одного октаэдрического и двух тетраэдрических слоёв, минералы типа 2:1.



В их кристаллической решетке присутствуют две тетраэдрические сетки (*форма объемного треугольника*), обращенные вершинами друг к другу, между которыми находится октаэдрический слой (*объемный ромб*).

Сочленение тетраэдрической и октаэдрической сеток осуществляется через общие вершины тетраэдров и октаэдров, в которых находится кислород (рис. 14)

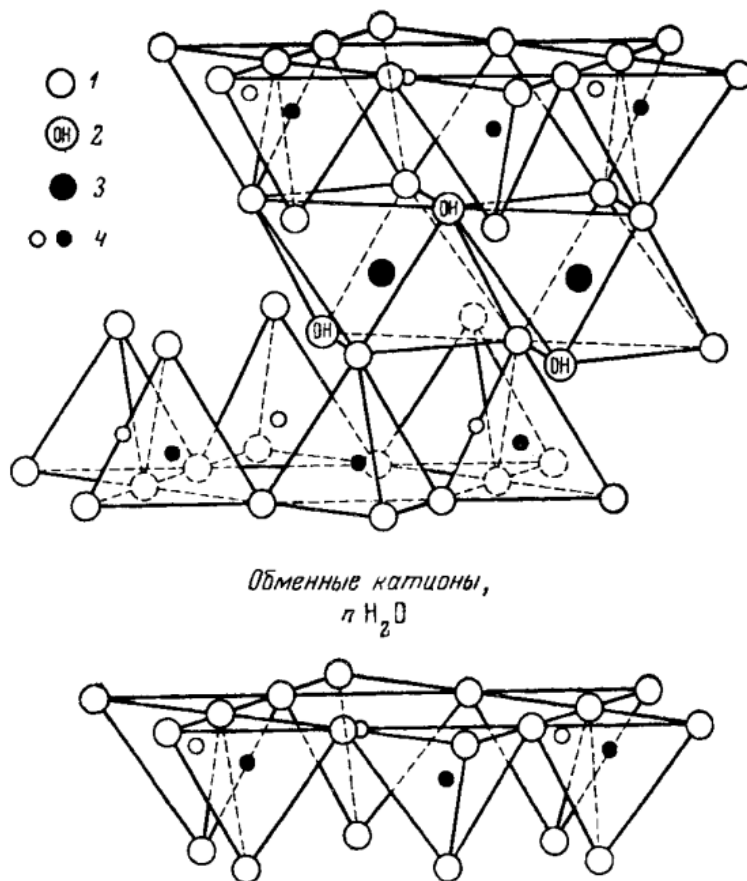


Рис. 14 Схематическое изображение структуры монтмориллонита 1 – кислород; 2 – гидроксилы; 3 – алюминий, железо, магний; 4 – кремний, иногда алюминий

Преобладают диоктаэдрические монтмориллониты.

Триоктаэдрические монтмориллониты неустойчивы и в составе тонкодисперсных фракций (менее 5 мкм) почв встречаются сравнительно редко.

В кристаллической формуле монтмориллонита на первом месте стоят катионы, которые находятся в межпакетных пространствах и нейтрализуют отрицательный заряд трехслойного пакета (соединения тетраэдрических и октаэдрических слоев (сеток) в пакеты), возникающий благодаря гетеровалентному изоморфизму (свойство элементов замещать друг друга в структуре кристалла. Гетеровалент. изоморф. - в кристаллической решётке замещаются ионы разной валентности) в тетраэдрических и (или) октаэдрических позициях. Состав

межпакетных катионов может изменяться в зависимости от состава окружающего раствора.

На втором месте в формуле стоят катионы, расположенные в октаэдрах, на третьем месте – гидроксильные группы, расположенные в вершинах 40 октаэдрической сетки, через которые не происходит соединения с тетраэдрическим слоем. В квадратных скобках заключено выражение, соответствующее составу тетраэдрической сетки. На последнем месте в формуле стоит выражение  $n\text{H}_2\text{O}$ , которое обозначает неопределенное количество молекул воды, находящееся в межпакетных промежутках в виде гидратных оболочек межпакетных катионов.

Все минералы монтмориллонитовой группы объединяет одно важное свойство – низкая величина заряда за счет невысокой степени изоморфного замещения ионов в тетраэдрических или октаэдрических позициях. Величина заряда варьирует в пределах 0,2 – 0,6 единиц на элементарную ячейку.

Низкий заряд приводит к слабому электростатическому взаимодействию между отрицательно заряженными пакетами и межпакетными катионами.

Особенно слабое электростатическое взаимодействие свойственно собственно монтмориллонитам, так как в них заряд слоя локализован в октаэдрической сетке, расположенной дальше от межпакетных катионов, чем сетка тетраэдров, и сила электростатического взаимодействия по закону Кулона

*(Модуль силы взаимодействия двух точечных зарядов в вакууме прямо пропорционален произведению модулей этих зарядов и обратно пропорционален квадрату расстояния*

*между ними.*  $F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$  ) убывает пропорционально расстоянию между

одноименно заряженными частицами.

В результате слабой электростатической связи между пакетами через межпакетные катионы кристаллическая решетка большинства минералов монтмориллонитовой группы представляет собой простое

неупорядоченное наложение друг на друга трехслойных пакетов, между которыми находятся гидратированные катионы (*есть водная оболочка - связано с молекулами воды*).

В циклах увлажнения – высыхания, а также при насыщении различными катионами и при взаимодействии с некоторыми органическими соединениями, параметр кристаллической решетки монтмориллонитов может увеличиваться или уменьшаться в пределах от 12,4 – 14 до 17 Å .

Поэтому минералы монтмориллонитовой группы относятся к минералам с лабильной решеткой (лабильным глинистым минералам) (*лабильный=подвижный*).

### Сорбционные свойства

Минералы монтмориллонитовой группы способны к межпакетной сорбции (*поглощение твёрдым телом либо жидкостью различных веществ из окружающей среды*) различных веществ – катионов, молекул воды, многих органических соединений, то есть в минералах этой группы реакции обмена, поглощения и десорбции (*удаление из жидкостей или твердых тел веществ, поглощенных при адсорбции (поглощение поверхностью вещ-ва) или абсорбции (поглощение всей массой вещ-ва)*) веществ могут происходить не только на внешних, но и на внутренних поверхностях кристаллов (рис. 15).

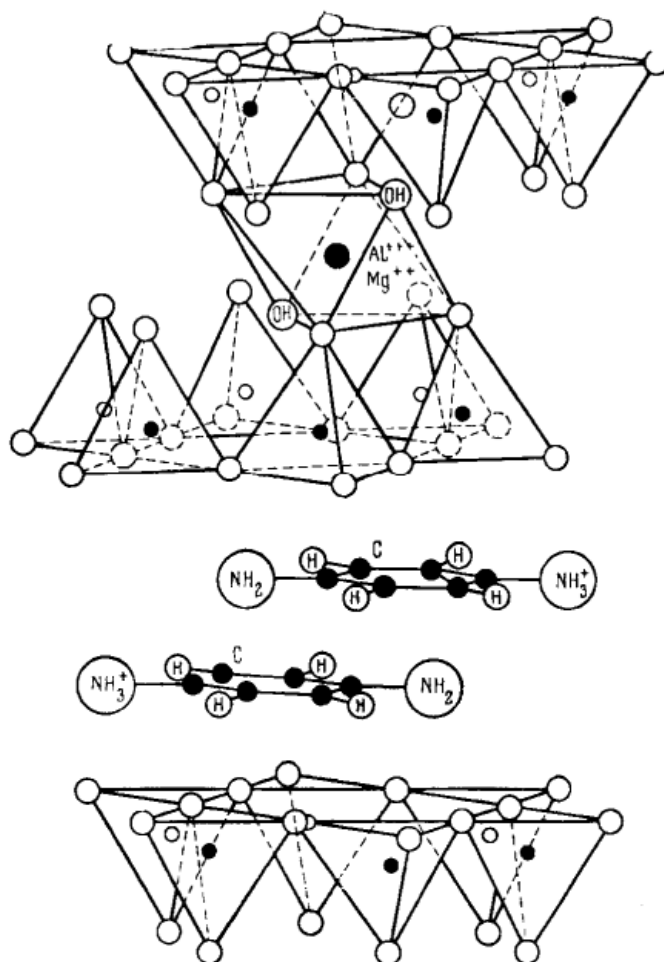


Рис. 15 Схематическое изображение положения органических катионов между слоями монтмориллонита

За счет наличия внутренней поверхности и высокой степени дисперсности (величина, показывающая какое число частиц можно уложить вплотную в одном кубическом метре) монтмориллонитовые минералы характеризуются огромной удельной поверхностью порядка 600-800 м<sup>2</sup>/г и высокой емкостью катионного обмена – 80-150 мг-экв/100 г почвы.

*ЕКО - общее количество катионов одного рода, удерживаемых почвой в обменном состоянии при стандартных условиях и способных к обмену на катионы взаимодействующего с почвой раствора.*

Значительная часть ЕКО (емкость катион. обмена) монтмориллонитов обусловлена изоморфным замещением в решетке и поэтому не зависит от рН, но на боковых границах монтмориллонитовых частиц присутствуют гидроксильные группы, которые могут быть источником зависящих от рН ЕКО (емкости катионного обмена) и кислотности.

## Влияние на свойства почв

### Положительные свойства

1. Характеризуется высокими значениями ЕКО удельной поверхности.
2. В обменной форме в этих минералах могут присутствовать многие необходимые для растений макро- и микроэлементы.
3. Высокая буферность почв богатых монтмориллонитом по отношению к элементам питания в катионной форме
4. Почвы имеют высокую буферность к воздействию кислых осадков.
5. В условиях кислой реакции возможно проникновение недиссоциированных молекул фульвокислот в межпакетные промежутки минералов образованием внутрисферного комплекса

### Положительные свойства

- 1) При прочих равных условиях почвы с высоким содержанием монтмориллонита характеризуется высокими значениями ЕКО (*емкости катионного обмена, Катионообменная емкость (КЭК)-это мера того, сколько катионов может удерживаться на поверхности частиц почвы.*) удельной поверхности.
- 2) В обменной форме в этих минералах могут присутствовать многие необходимые для растений макро- и микроэлементы. В процессе выветривания и разрушения кристаллических решеток эти элементы освобождаются и могут быть использованы растениями.
- 3) При внесении удобрений в катионной форме в почвы, богатые монтмориллонитом, часть элементов питания поглощается этим минералом в обменной форме. По мере потребления биотой элементов питания из почвенного раствора их запасы в растворе пополняются за счет обменных форм. Поэтому минералы монтмориллонитовой группы могут обеспечить высокую буферность почвы (*Буферность почвы - способность почвы противостоять изменению ее реакции (рН)*) по отношению к  $K^+$  и другим элементам питания в катионной форме.
- 4) Почвы имеют высокую буферность к воздействию кислых осадков.



5) По мнению ряда исследователей, в условиях кислой реакции возможно проникновение целых недиссоциированных молекул (диссоциация - распад сложных химических соединений на составляющие компоненты и/или элементы) фульвокислот в межпакетные промежутки минералов монтмориллонитовой группы с образованием внутрисферного комплекса, что служит одним из факторов водопрочности макроструктуры (водопрочность - на учете количества расплывшихся почвенных агрегатов в стоячей воде в определенные интервалы времени; макроструктура - строение металлов и сплавов, что видно невооруженным глазом или при небольших увеличениях с помощью лупы).

При этом молекулы фульвокислот вытесняют молекулы воды из гидратных оболочек межпакетных катионов.

Наиболее распространенными типами связей при таком взаимодействии являются мостиковые связи через молекулы воды или катионы и водородные связи, развивающиеся между Н и О карбоксильных групп и фенольных гидроксильных групп гумусовых кислот, с одной стороны, и О и Н, находящимися на базальных гранях и на боковых сколах глинистых кристаллитов, с другой стороны. Не исключено также участие Ван-дер-Ваальсовских связей (Силы Ван-дер-Ваальса — силы межмолекулярного взаимодействия с энергией 10—20 кДж/моль.).

#### Отрицательные свойства

1. Набухание монтмориллонита при увлажнении возрастает в 1,5 – 2,5 раза. Поверхность почв покрыта трещинами в сухое время года, а во влажные периоды почвенный материал «сплывает» в сплошную вязкую бесструктурную массу.
2. Высокое содержание монтмориллонита при тяжёлом гранулометрическом составе является одним из факторов, способствующих развитию слитогенеза в почвах.
3. Почвы обладают плохими технологическими свойствами – высокой липкостью, пластичностью, удельным сопротивлением обработке.

#### Отрицательные свойства

1. Набухание монтмориллонита при увлажнении возрастает в 1,5 – 2,5 раза. Поэтому почвы с преобладанием монтмориллонита в

тонкодисперсной 44 фракции, особенно в присутствии натрия в почвенном поглощающем комплексе и при низком содержании агрегирующих компонентов обладают очень неблагоприятными водно–физическими свойствами. Поверхность почв покрыта трещинами в сухое время года, а во влажные периоды почвенный материал «сплывается» в сплошную вязкую бесструктурную массу.

2. Высокое содержание монтмориллонита при тяжёлом гранулометрическом составе является одним из факторов, способствующих развитию слитогенеза в почвах.
3. Почвы обладают плохими технологическими свойствами – высокой липкостью, пластичностью, удельным сопротивлением обработке.

### Применение

Благодаря своим высоким адсорбционным свойствам, монтмориллонит используется в нефтяной, текстильной, бумажной и мыловаренной промышленности как активный компонент отбеливающих и сукновальных глин. В связи с этим долгое время бентонитовые глины именовались сукновальными.

Также модифицированный монтмориллонит (*модификация состоит в замене межслоевых катионов на заряженные органические молекулы, которые имеют отрицательную энергию взаимодействия как с самим монтмориллонитом, так и с полимерной матрицей*) используется в:

- нефтегазовая промышленность (в очистке и крекинге нефти)
- пищевая промышленность (в масложировой, винодельческой и других применяется в качестве адсорбента)
- косметическая и фармакологическая промышленность (гипс в травматологии, стоматологии, ортопедии)
- строительная отрасль (герметики, лаки, краски, латексы)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении можно сделать вывод, что минерал монтмориллонит - это глинистый минерал, бледного белого цвета, имеет трехслойный пакет строения: две тетраэдрические сетки обращенные вершинами друг к другу и октаэдрический слой между ними. Связь между пакетами слаба, и в него легко могут попадать молекулы воды, из-за чего минерал при смачивании сильно набухает. *Наличие изоморфных замещений, огромная удельная поверхность (до 600—800 м<sup>2</sup>/г) и легкость проникновения ионов в межпакетное пространство обуславливает значительную ёмкость катионного обмена (80—150 ммоль экв/100 г).*

Это и является главной особенностью минерала - способность к адсорбции различных ионов (в основном, катионов), а также к ионному обмену.

Монтмориллонит является типичным продуктом выветривания алюмосиликатов. Он является одним из главных минералов во многих почвах, основным компонентом бентонита (образуется при выветривании вулканических пород — туфов и пеплов), обнаруживается во многих осадочных породах.

Применяется в нефтегазовой, текстильной, пищевой, строительной, бумажной, фармакологической и косметической отраслях промышленности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Группа монтмориллонита [Электронный ресурс] - : Режим доступа: <http://iznedr.ru/books/item/f00/s00/z0000019/st140.shtml>
2. Определение монтмориллонита [Электронный ресурс] - : Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BB%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%82>
3. Кристаллическая структура монтмориллонита [Электронный ресурс] - : Режим доступа: <https://catalogmineralov.ru/mineral/montmorillonite.html>
4. Нонтронит [Электронный ресурс] - : Режим доступа: <https://webmineral.ru/minerals/item.php?id=21227>
5. Слоистые глинистые минералы с двухслойными и трехслойными пакетами: группа каолинита и группа монтмориллонита [Электронный ресурс] - : Режим доступа: <https://studfile.net/preview/9434113/page:4/>
6. Глинистые минералы каолинит, гидрослюда, монтмориллонит, глауконит и их характерные оптические свойства. [Электронный ресурс] - : Режим доступа: [https://studopedia.ru/8\\_96756\\_glinistie-minerali-kaolinit-gidroslyuda-montmorillonit-glaukonit-i-ih-harakternie-opticheskie-svoystva.html](https://studopedia.ru/8_96756_glinistie-minerali-kaolinit-gidroslyuda-montmorillonit-glaukonit-i-ih-harakternie-opticheskie-svoystva.html)
7. Слоистые силикаты [Электронный ресурс] - : Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7266981/page:5/>