

Твердая оболочка земли -
литосфера состоит из
разнообразных природных
каменных тел, называемых
минералами и породами.

Минералом называется
относительно однородное по
составу тело, представляющее
собой продукт природных
физических и химических

Минерал – природное вещество, состоящее из одного элемента или из закономерного сочетания элементов, образующееся в результате природных процессов, протекающих в глубине земной коры или на поверхности.

Каждый минерал имеет определенное строение и обладает присущими ему физическими и химическими характеристиками.

В настоящее время известно более **2 500** минералов (не считая разновидностей).

Наука, изучающая минералы, называется **минералогией**.

В зависимости от *агрегатного состояния*, минералы подразделяются на:

- *твердые* (кварц),
- *жидкие* (ртуть),
- *газообразные* (метан)

Наибольшим распространением пользуются **твердые минералы**, среди которых, в свою очередь, преобладают минералы **с кристаллическим строением** (атомы в них расположены упорядоченно – большинство минералов), и гораздо реже встречаются **аморфные минералы** (с хаотичным расположением атомов – опал, обсидиан,).

Наука о строении кристаллических минералов называется **кристаллографией**.



Обсидиан –
вулканическое стекло



Опа



Среди минералов различают:

-главные породообразующие минералы,
слагающие основную массу породы
кварц, калиевые полевые
шпаты, плагиоклазы, нефелин, пироксены,
амфиболы, слюды, оливин и некоторые
другие.

- **второстепенные минералы,**
присутствующие в меньшем количестве, а
иногда и вовсе отсутствующие (кальцит,
магнетит, альбит и др.)

Наиболее распространённые минералы земной коры

Каждой генетической группе пород свойственны свои породообразующие минералы):

для **магматических пород** характерны:
кварц, полевые шпаты, слюды и др.

для **осадочных пород** характерны:
кальцит, доломит, глинистые минералы и др.

для **метаморфических пород**
характерны:
кварц, полевые

шпаты, хлориты, тиринксены

Минералы, богатые Si и Al
имеют светлую окраску.

Это полевые шпаты, кварц,
мусковит и другие.

Минералы, содержащие Mg и Fe
- темноокрашенные. Это
пироксены, амфиболы, биотит,
ОЛИВИН.

Минералы магматических пород разделяются по происхождению на первичные (магматические) и вторичные.

Первичные минералы образуются в результате кристаллизации из магматического расплава.

Вторичные минералы всегда образуются за счет первичных в последующие этапы выветривания горных пород.

Минералогический состав почв и ГМС почвообразующих пород

Первичные минералы
сосредоточены преимущественно в
механических элементах размером
>0,001 мм,
вторичные — в механических
элементах размером <0,001мм.
В большинстве почв первичные
минералы преобладают по весу над
вторичными

Первичные минералы – частицы >0,001 мм

Наиболее распространенными группами первичных минералов в породах и почвах являются кварц, полевые шпаты, амфиболы, пироксены и слюды. Эти немногие минералы составляют основную массу магматических пород.

Средний минералогический состав магматических пород следующий (по Ф. У. Кларку):

Минералы	Содержание (в %)	
• Полевые шпаты	59,5	
• Амфиболы и пироксены		16,8
• Кварц ,	12,0	
• Слюды	3,8	
• Прочие минералы	7,9	



**Полевой
шпат**



Кварц



Слюда
а



Амфиболы - группа породообразующих минералов подкласса ленточных силикатов.



Пироксены — обширная группа цепочечных силикатов.

Первичные минералы

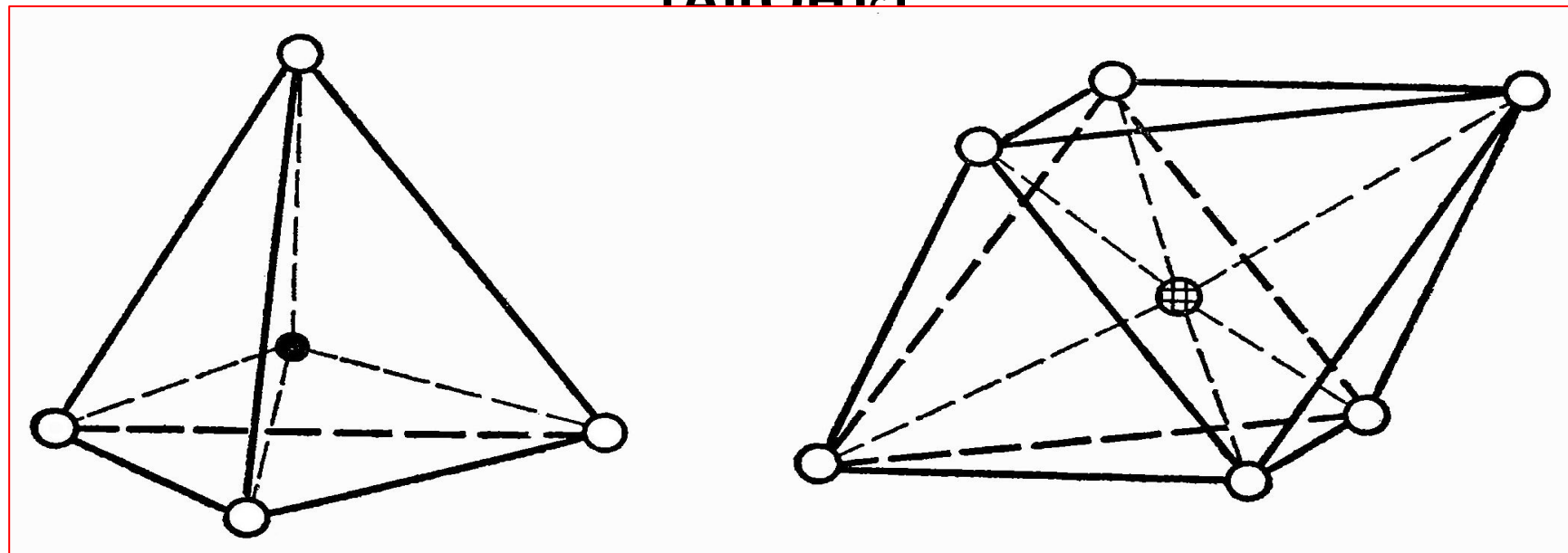
В рыхлых породах больше **кварца (SiO_2)**, как наиболее устойчивого к выветриванию минерала. Его содержание достигает 40-60%.

Второе место обычно занимают **полевые шпаты** – до 20%.

Кварц и полевые шпаты в основном сосредоточены в **песчаных и пылеватых частицах**.

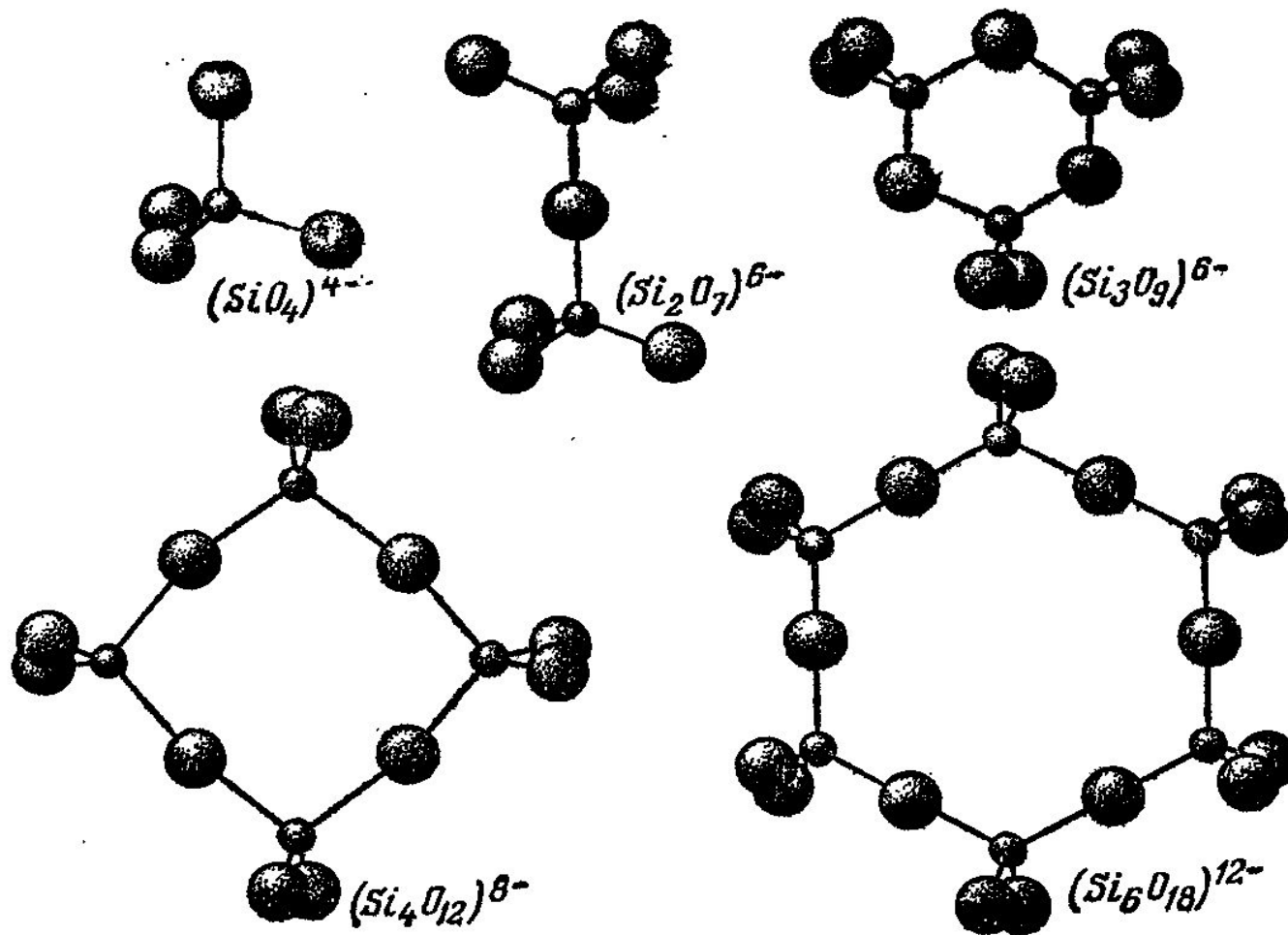
Первичные минералы обладают **структурами ионного типа**, образованными противоположно заряженными ионами. Ионы расположены в виде геометрически правильной пространственной решетки, называемой кристаллической.

Кремнекислородный тетраэдр (слева) $[\text{SiO}_4]$ и алюмогидроксильный октаэдр (справа)

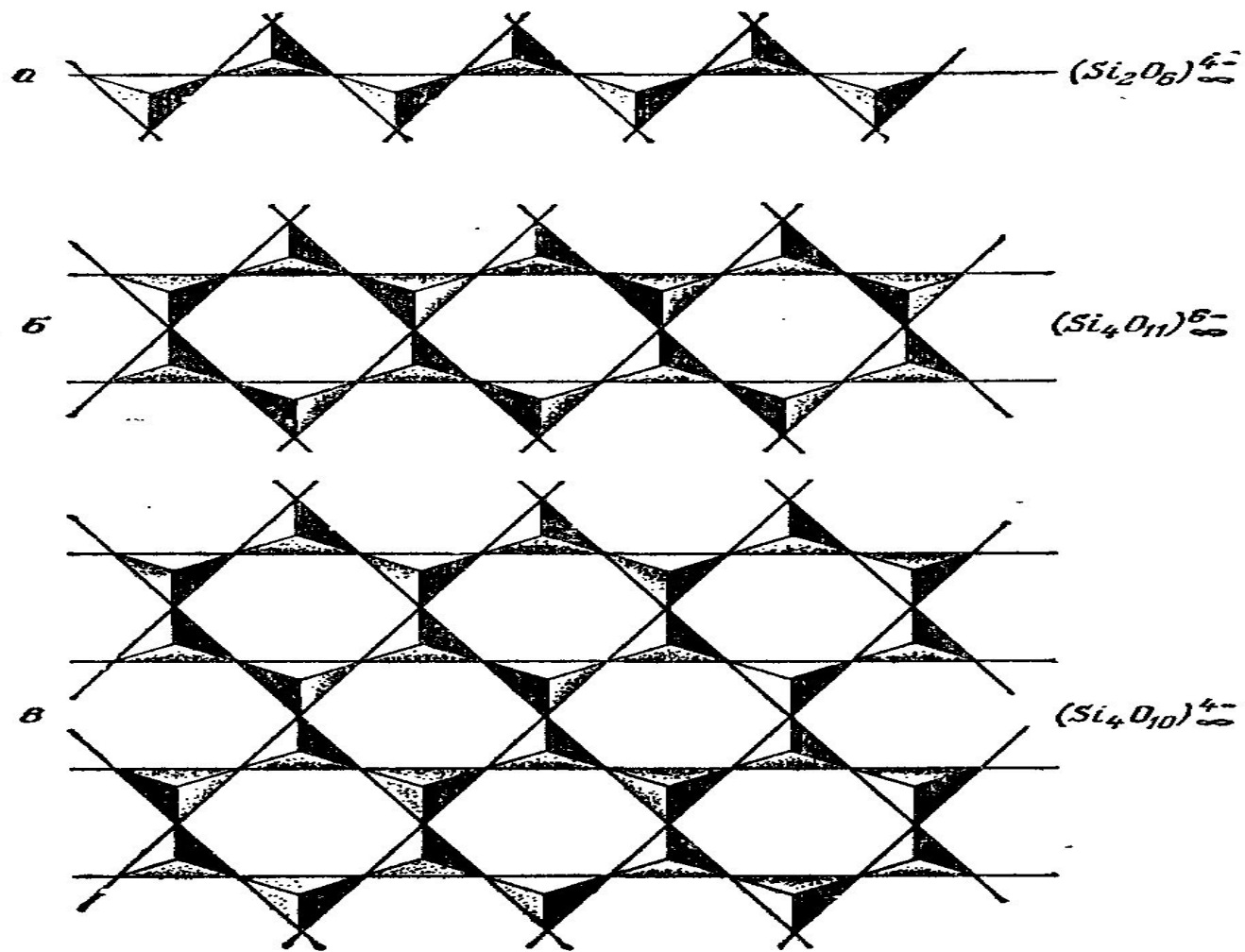


Координационное число – число ионов противоположного знака, окружающих данный ион

Главным элементом структуры является кремнекислородный тетраэдр $[\text{SiO}_4]$. Соединяясь между собой через кислородные ионы тетраэдры образуют разные типы структур: островные, цепные, ленточные, листоватые (слоистые), каркасные.

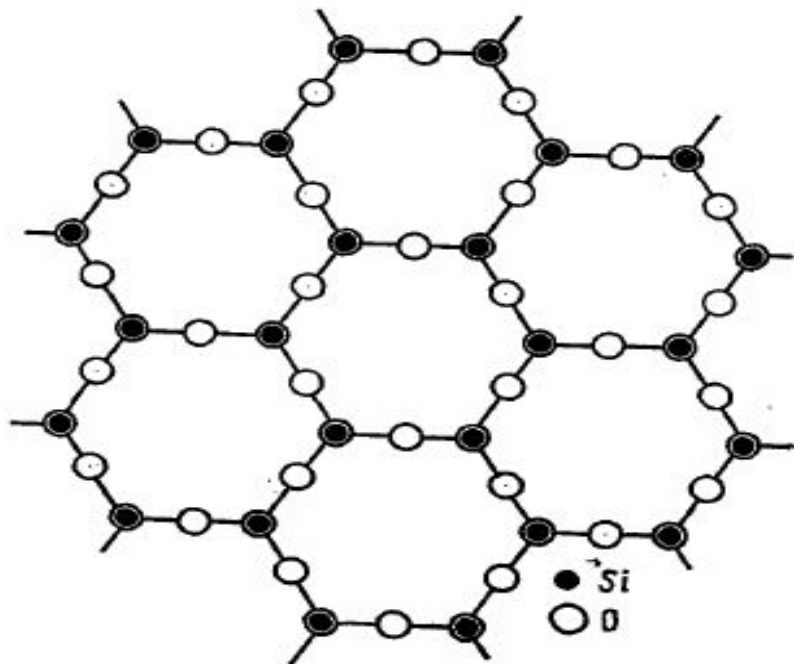


Островные кремнекислородные радикалы –
представлены в оливине



а — цепные (в пироксенах); б — ленточные (в амфиболах); в — листоватые (в слюдах)

Гексагональная сетка (лист) кремне-кислородных тетраэдров в слюдах



[SiO₄] – общий заряд равен
-4

[SiO₄] – общий заряд равен -4.

Если идет изоморфное замещение Si (+4) Al (+3), то

[AlO₄] – общий заряд равен -5

Отрицательный заряд компенсируется ионом K (+)

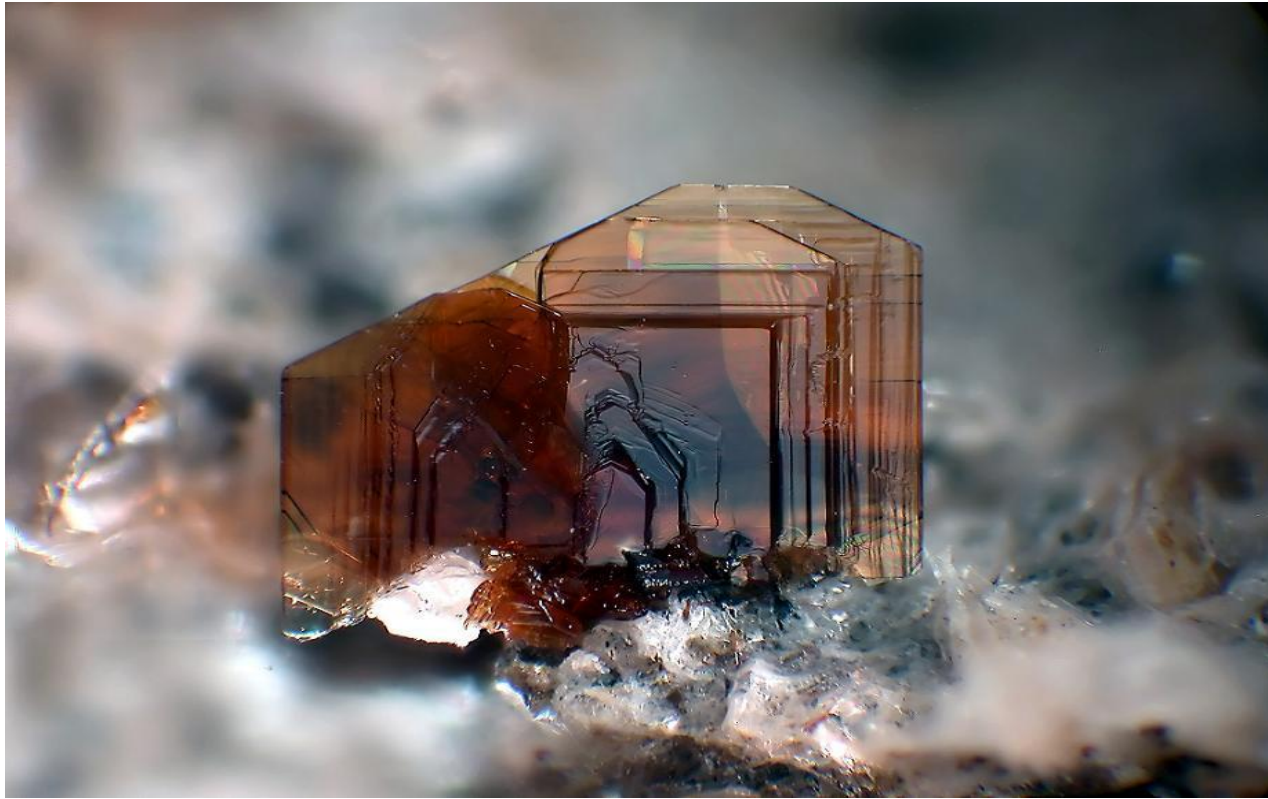
Изоморфизм

Под изоморфизмом понимают способность элементов заменять друг друга в химических соединениях родственного состава (например, Mg^{2+}) другими (например, Fe^{2+}).

Два вещества могут заменять друг друга в том случае, если они обладают аналогичной химической формулой и соответственные ионы обоих веществ имеют одинаковые по знаку заряды, а размер ионов и степень поляризации их близки. Так, ионный радиус Mg^{2+} – $0,75 \cdot 10^{-10}$ м, Fe^{2+} – $0,79 \cdot 10^{-10}$ м, Fe^{3+} – $0,67 \cdot 10^{-10}$ м, Al^{3+} – $0,57 \cdot 10^{-10}$ м.



Мусковит (англ. muscovite, от Muscovy - Московия - старинного название России , откуда большие листы этого минерала под названием "московское стекло" вывозились на Запад), породообразующий минерал из группы слюд подкласса слоистых силикатов.



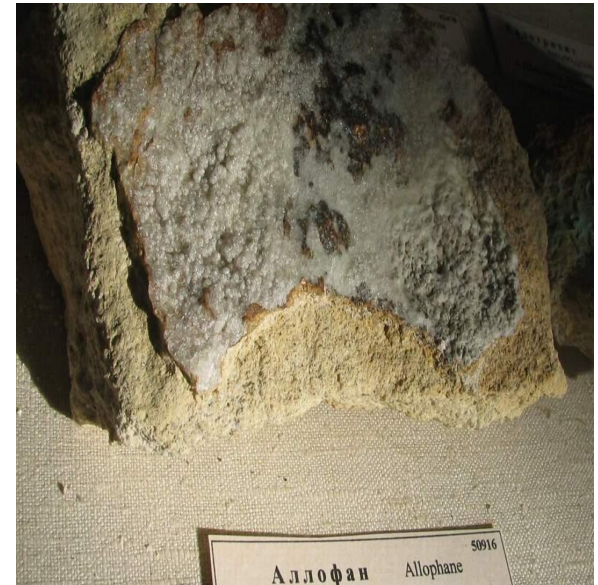
Био́тит — минерал, представляет собой калий-алюминий-магний-железосодержащую слюду. Широко распространен и составляет 2,5 — 3 % земной коры

Значение первичных минералов состоит прежде всего в том, что они:

- 1. Являются источником образования вторичных минералов.**
- 2. Составляют скелет почвы,**
- 3. От их количества и величины зависит гранулометрический состав (ГМС), а следовательно, все водно-физические и физико-механические свойства, емкость поглощения катионов.**
- 4. Являются резервным источником зольных элементов (в том числе и микроэлементов) питания растений.**

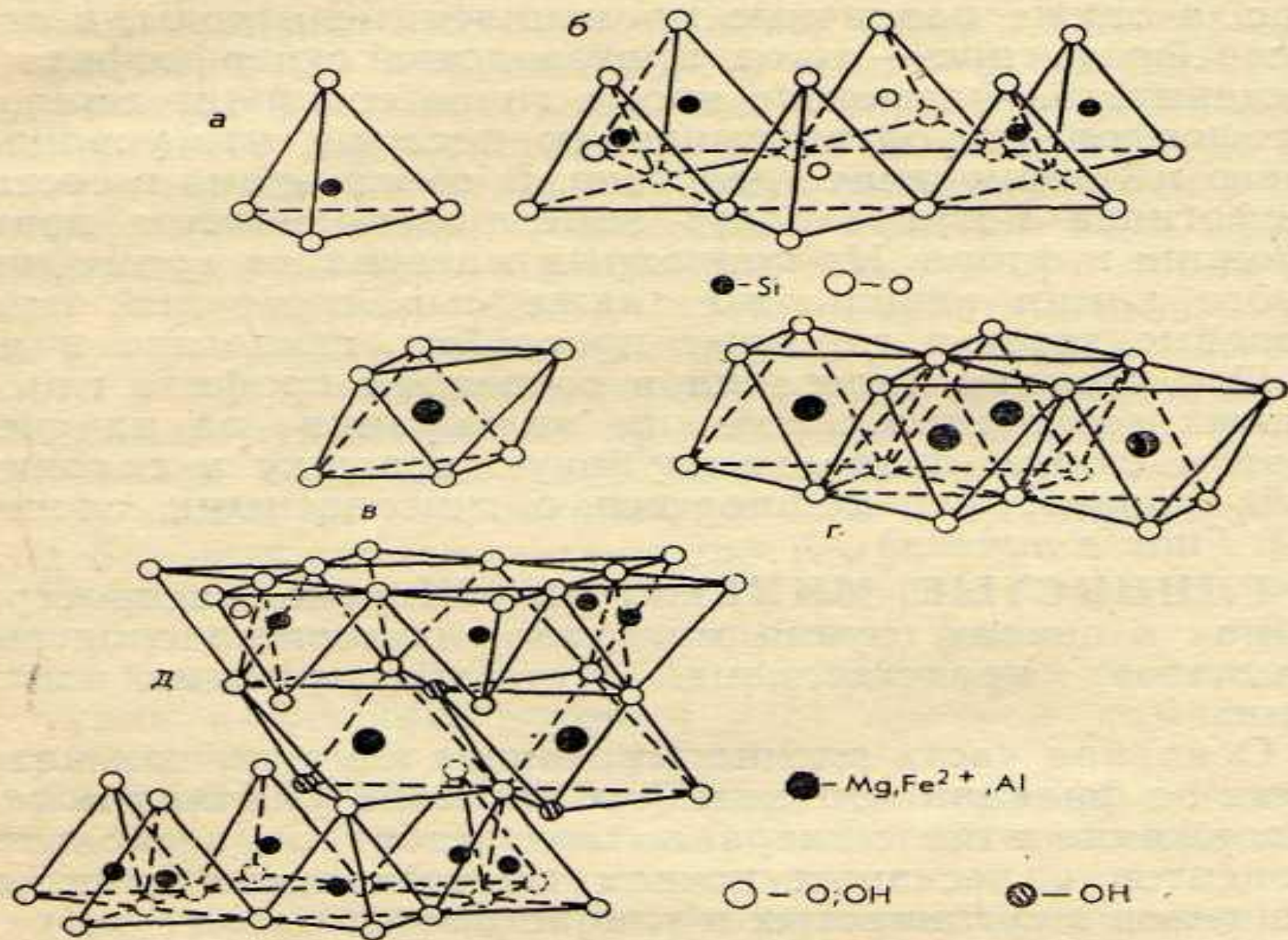
Вторичные минералы

- 1. Минералы простых солей:** кальцит, сода, гипс, галит, нитраты
- 2. Минералы гидроокисей и окисей кремния, железа, марганца:** гетит, пиролюзит, аллофаны
- 3. Глинистые минералы:**
 - группа монтмориллонита
 - группа каолинита
 - гидрослюда
 - вермикулиты
 - хлориты
 - смешаннослойные минералы



К наиболее распространенным в почвах глинистым минералам относятся группы монтмориллонита, каолинита и гидрослюд. Эти минералы являются составной частью природных глин, в связи с чем они и *получили название глинистых минералов.*

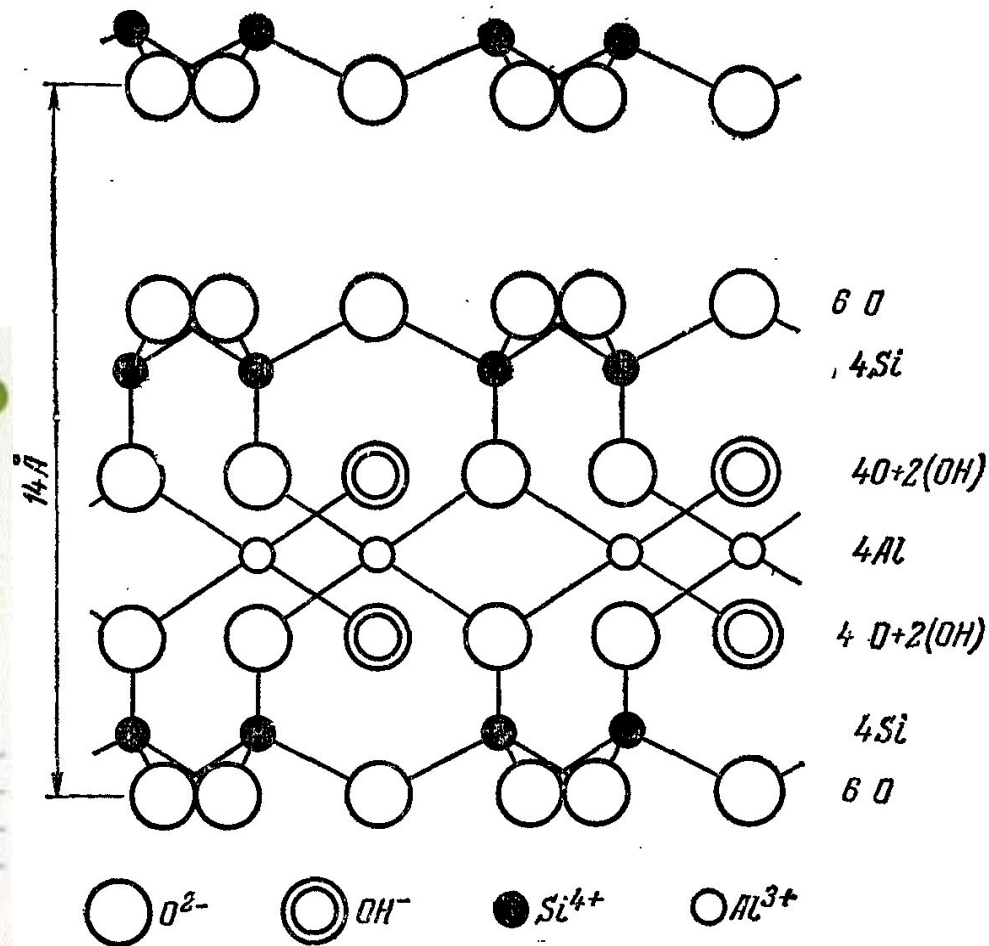
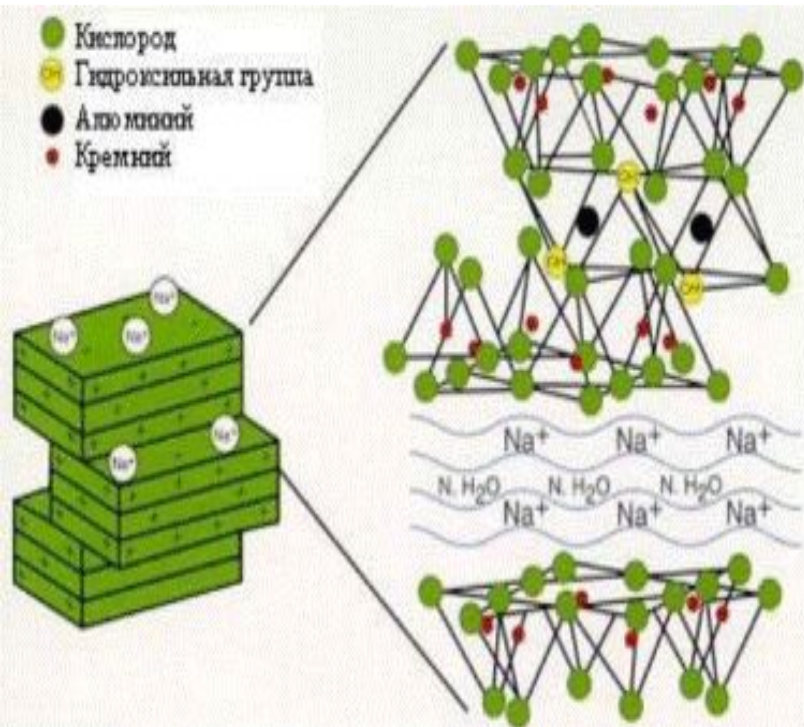
Глинистым минералам присущи общие свойства: слоистое кристаллическое строение; высокая дисперсность; поглотительная способность; наличие в составе минералов химически связанной воды. Однако каждая группа минералов имеет специфические свойства и значение в плодородии.



Глинистые минералы в почвах:

a — тетраэдр; *б* — тетраэдрическая сетка; *в* — октаэдр; *г* — октаэдрическая сетка; *д* — пакет

Трехслойный минерал 2:1



**Схема строения кристаллической решетки
 монтмориллонита** - от названия французского
 города Монморийон (Montmorillon) в департаменте

Вьенна

Минералы монтмориллонитовой группы

1. Нонтрон

ит

2. Бейделл

ит

3. Сапонит



1. Связь между пакетами слабая. Минералы склонны к набуханию. В зависимости от количества воды, содержащейся между пакетами, **межпакетное расстояние колеблется от 9,4 до 21,4 Å**. Большое пространство между пакетами позволяет свободно проникать в них обменным основаниям.

2. Минералы монтмориллонитовой группы обладают наиболее высокой дисперсностью. Особая структура и дисперсность обуславливают высокую емкость поглощения катионов. У монтмориллонита она равна **80—120 мг-экв/ на 100 г**.

Максимальная гигроскопичность у монтмориллонита достигает 30%. В сочетании с гуминовыми кислотами минерал образует водопрочные агрегаты.

Таким образом, для почв, богатых минералами монтмориллонитовой группы, характерны большая поглотительная способность,

Двухслойный минерал 1:1 - каолинит

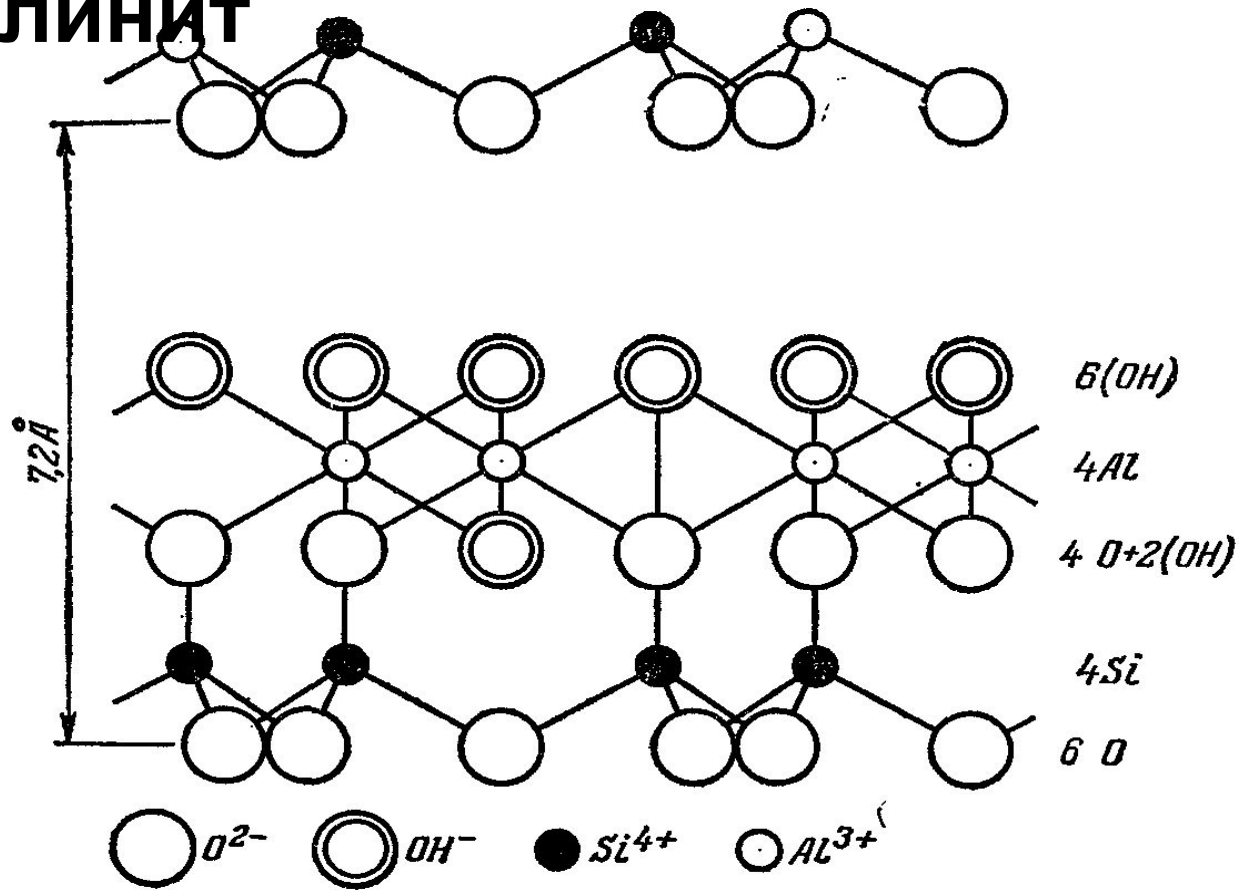


Схема строения кристаллической
решетки каолинита

1. Кристаллическая решетка каолинита и его группы двухслойная и состоит из одного слоя кремнекислородных тетраэдров и одного слоя алюмогидроксильных октаэдров .

Каолинит не набухает, так как доступ воды в межпакетное пространство затруднен из-за сильной связи между пакетами.

2. Расстояние между пакетами постоянно (7,2 Å⁰). Каолинит не содержит щелочных оснований и мало содержит щелочноземельных оснований.

3. Дисперсность его невысокая. Емкость поглощения не превышает 20 мг-экв/на 100 г. Преобладание каолинита в почвах — признак бедности почв основаниями.

Минералы каолинитовой группы

1. Галлуазит

2. Диккит

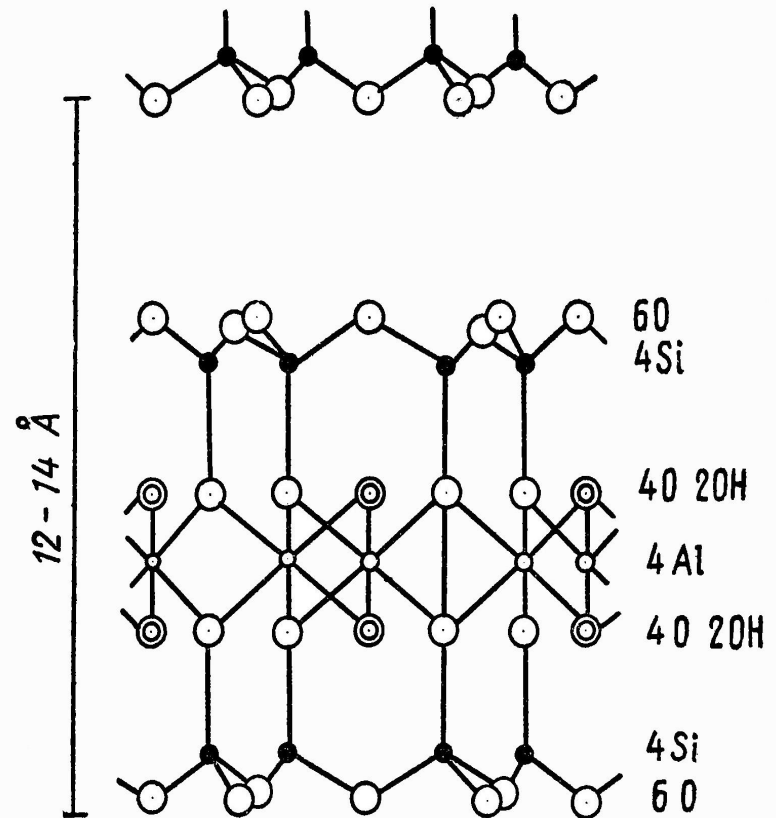
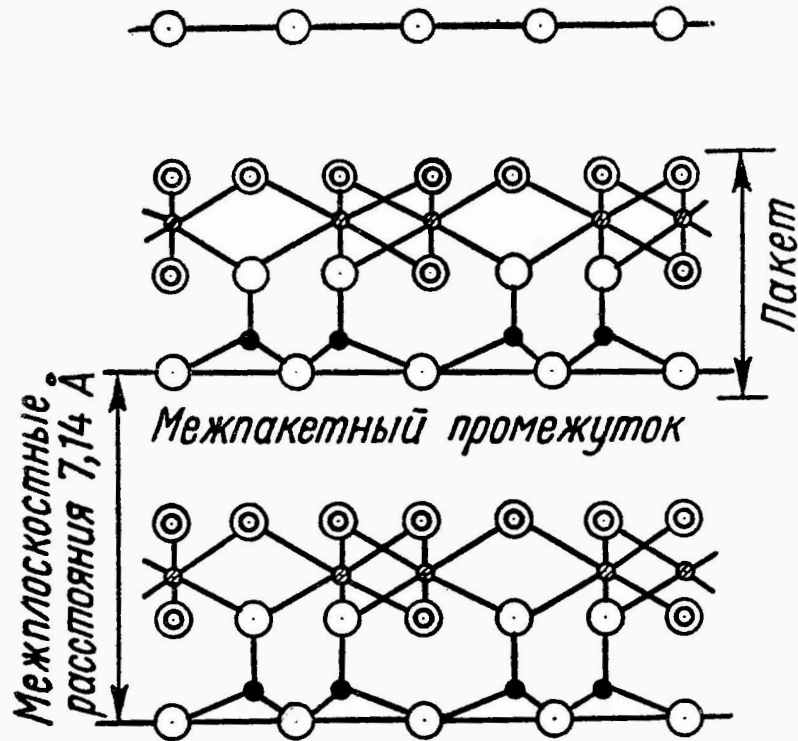
3. Нанкрит



Каолинит – белая глина



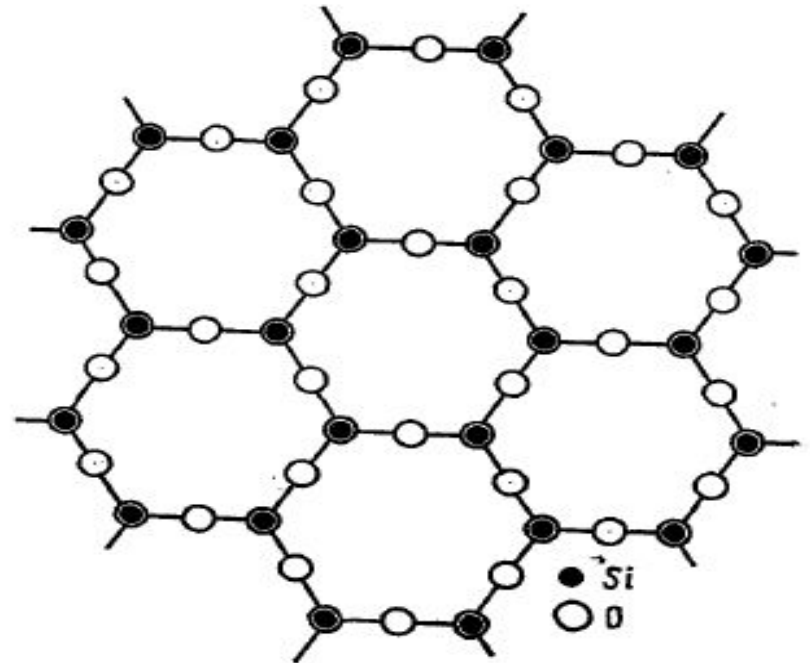
Схема структуры каолинита (слева) и монтмориллонита (справа)



ГИДРОСЛЮДЫ- трехслойные минералы с многочисленными изоморфными замещениями



**Гидромусков
ит**

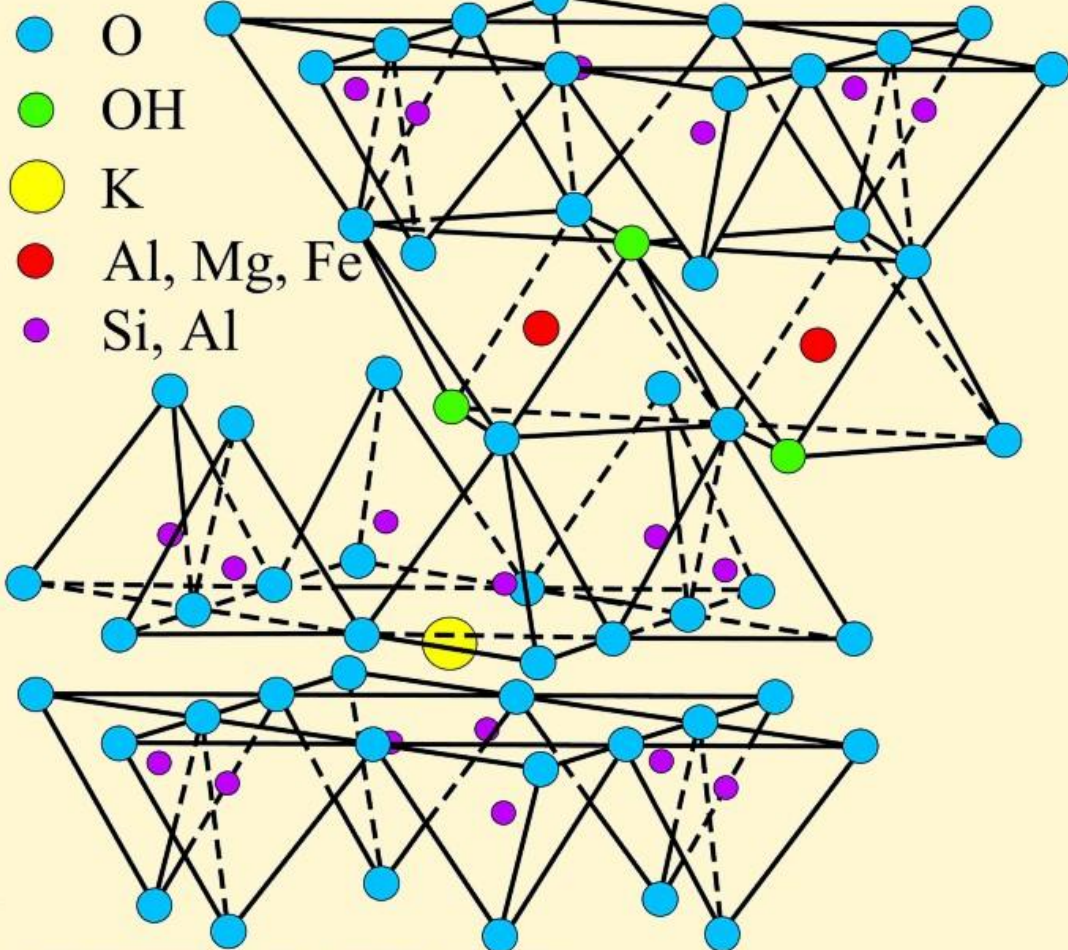


**Гексагональная сетка
(лист) кремне-
кислородных
тетраэдров**

Гидрослюды

1. Химический состав переменный.
Изоморфное замещение $\text{Si (+4)} \rightarrow \text{Al (+3)}$ –
2. $[\text{SiO}_4]$ – общий заряд равен -4. Если идет изоморфное замещение $\text{Si (+4)} \rightarrow \text{Al (+3)}$, то $[\text{AlO}_4]$ – общий заряд равен -5
3. Отрицательный заряд компенсируется ионом K (+)
4. Гидрослюды – важный источник калия для растений. Содержание K в гидрослюдах достигает 6-7%.

STRUCTURE OF ILLITE/MICA



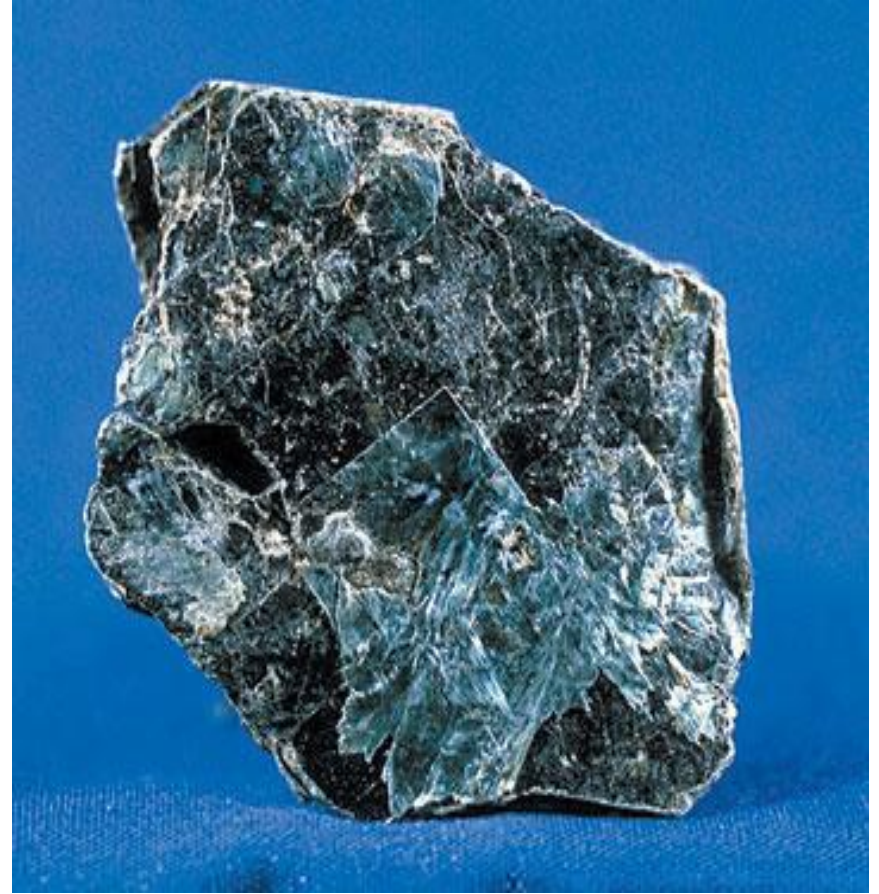
MODIFIED FROM GRIM (1962)

**Иллит -
гидрослю
да серии
мусковита.**

**В группу
гидрослюд
входят
гидромусков
ит.
гидробиотит,
и др.**

Вермикулиты – трехслойный минерал

(от [лат.](#) *vermiculus* — червячок), минерал, имеющих слоистую структуру с типом решетки 2:1. Промежуточное положение между слюдами и монтмориллонитом



Хлориты – четырехслойные минералы



ХЛОРИТ лейхтенбергит
Юж. Урал, РСФСР, Ум. 2.



ХРИЗОБЕРИЛЛ
Бразилия.



ХРИЗОБЕРИЛЛ
Урал, РСФСР, Ум. 1,5.



ХРИЗОКОПЛА
Урал, РСФСР, Ум. 2.



ХРИЗОПРАЗ
м-но Сауымун-Белды, Казакстан ССР, Ум. 3.



ХРИЗОТИЛАСБЕСТ
Асбестовые копи, Урал, РСФСР, Ум. 2.

Эта обширная группа минералов с решеткой типа 2 : 1 : 1.

В хлоритах трехслойные пакеты 2 : 1, подобные слюдам, чередуются с добавочным октаэдрическим слоем.

Приурочены к пылеватым и песчаным

гранулометрическим фракциям. Они практически не набухают и имеют небольшую емкость катионного обмена.

Смешаннослоистые минералы

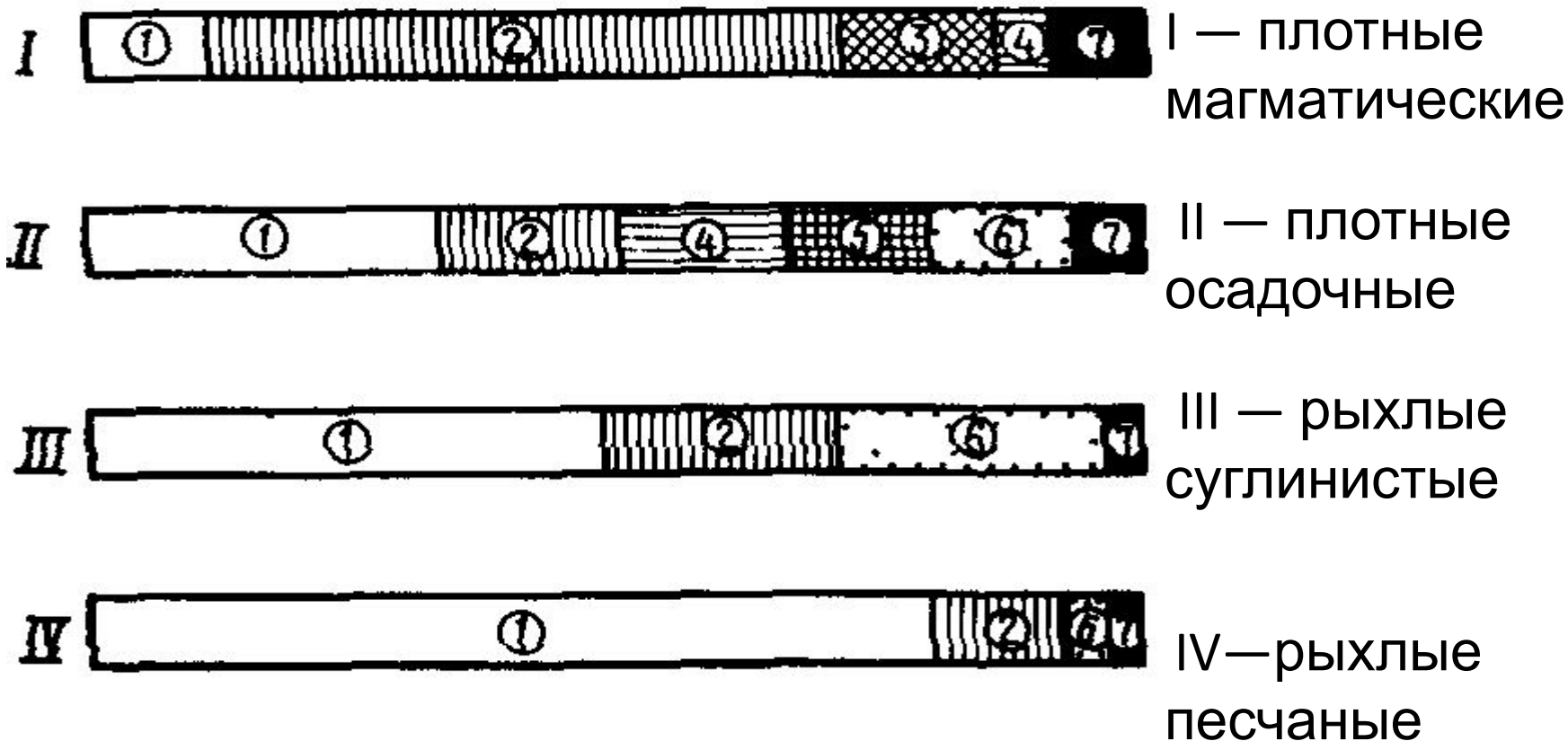
Это минералы, структура которых сложена не однотипными пакетами, а принадлежащими

различным индивидуальным минералам (монтмориллонит с иллитом, вермикулит с хлоритом). **Чередование пакетов** может быть:

- **упорядоченным**, когда определенный набор и последовательность пакетов повторяются периодически;

- и **неупорядоченным**, когда последние

Минералогический состав различных типов почвообразующих пород



1 — кварц, 2 — полевые шпаты, 3 — пироксены и амфиболы, 4 — слюды, 5 — карбонаты, 6 — глинистые минералы, 7 — прочие минералы (пироксены, амфиболы, слюды, карбонаты, глинистые минералы)

По происхождению минералы делятся на типы, которые объединяются в две группы:

эндогенные – возникают в глубине земной коры благодаря процессам магматизма и метаморфизма, а также **экзогенные** – образующиеся в верхней части земной коры в результате выветривания и осадчения из водных растворов.

По мере остывания и гравитационного разделения магмы, из нее последовательно кристаллизуются вначале тугоплавкие, а затем все более легкоплавкие минералы. В первую очередь выделяются:

1. **редкие (акцессорные) минералы** (циркон, сульфиды меди, никеля), затем
2. **магнезиально-железистые силикаты тяжелые зелено-черные минералы** (оливин и пироксен) и **основные плаггиоклазы** (минерал битовнит), далее
3. **амфибол и средние плаггиоклазы** (минерал андезит и лабрадор), а в конце процесса образуются
4. **биотит, щелочные полевые шпаты** (альбит, ортоклаз) и
5. **самый легкий низкотемпературный кварц**

Такая **последовательность** **получила название реакционного ряда Боуэна** (по имени канадского ученого).

Схема кристаллизации магмы по Н. Боуэну



Каждый
вышестоящий
минерал в
ряду Боуэна
при
реакциях с
расплавом
образует
минерал,
стоящий по
схеме ниже

Многочисленные исследования процесса выветривания в большинстве случаев подтверждают первоначальный постулат Голдича , согласно которому для обычных минералов изверженных пород может быть установлен ряд «выветриваемости» (или «устойчивости к выветриванию»).

Этот ряд **напоминает реакционный ряд Боуэна**, характеризующий процесс кристаллизации магматических пород из расплава:

менее устойчивые в коре выветривания минералы - **высокотемпературные**, начальные температуры образования которых значительно отличаются от температур в приповерхностных условиях Земли.

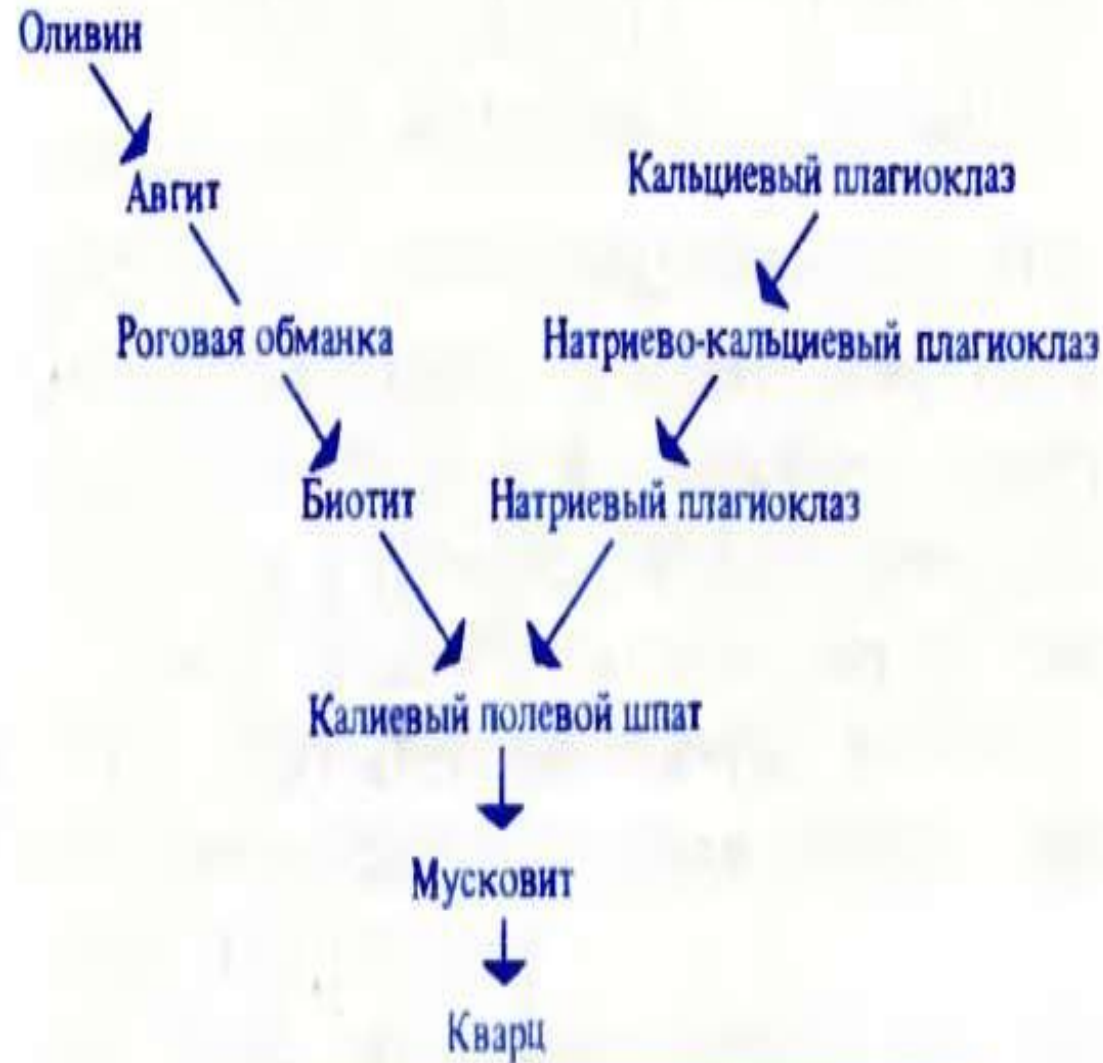
Минералы глубинных горных пород разрушаются в той же последовательности, в какой происходила их кристаллизация из расплава:

оливин, пироксен, амфибол, полевой шпат, кварц.

Соответственно *основные породы выветриваются быстрее кислых.*

Устойчивые минеральные формы в условиях Земли – *оксиды.*

Ряд «устойчивости к выветриванию» силикатных минералов изверженных пород по Голдичу



Индекс потенциалов выветривания Райхе (WPI-Weathering potentials index)

для пород и минералов

Представляет собой выраженное в процентах отношение

$$\frac{100 \times (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO} - (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}) \text{ моль}}{(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO} - \text{H}_2\text{O}) \text{ моль}} \cdot \quad (1.6)$$

ИНДЕКСЫ ПОТЕНЦИАЛОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ (WPI) Райхе для некоторых силикатных МИНЕРАЛОВ

Минерал	Средний WPI	Диапазон изменения WPI
Оливин	54	44-65
Авгит	39	21-46
Роговая обманка	36	21-63
Биотит	22	7-32
Лабрадор	20	18-20
Андезин	14	
Олигоклаз	15	
Альбит	13	
Мусковит	10	
Кварц	1	

Малоустойчивые минералы и породы имеют высокий индекс, и наоборот. Индекс служит ориентиром относительной устойчивости пород и минералов. Он основан на том, что щелочные и щелочноземельные элементы легче подвергаются выветриванию. Помимо этого индекс мало что объясняет.

Вероятный минералогический состав земной коры (по Ферсману)

Минералы	Содержание, %
Полевые шпаты	55
Силикаты	15
Кварц, опал, халцедон (SiO_2)	12
Вода (свободная и поглощенная)	9
Слюды	3
Магнетит (Fe_3O_4) и гематит (Fe_2O_3)	3
Кальцит	1,5
Глины (вторичные алюмо- и ферросиликаты)	1,5
Остальные	2

Значение минералогического состава почв

От него зависят практически все свойства почвы и особенно специфические свойства почв, определяющие их плодородие:

1. резерв питательных элементов,
2. водно-физические свойства,
3. поглотительная способность во всех видах,
4. наличие доступных элементов питания растений и т. д.