

# *Гидроксиды*

# Гидроксиды

- Известно более 100 минеральных видов.
- Гидроксиды и оксигидроксиды – анионы – гидроксильная группа  $(\text{OH})^-$ ,  $\text{O}^{2-}$ ; дополнительные анионы -  $(\text{CO}_3)^{2-}$ ,  $(\text{SO}_4)^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ . Типична также кристаллизационная и абсорбированная  $\text{H}_2\text{O}$ .
- Преобладают минералы Fe, Mn, Al (40 % минеральных видов), Mg,  $(\text{UO}_2)^{2+}$ , Cu, V.
- Ионные радиусы  $\text{O}^{2-}$  и  $(\text{OH})^-$  близки. В гидроксидах ПУ образуют  $(\text{OH})^-$ , а в оксигидроксидах -  $\text{O}^{2-}$  и  $(\text{OH})^-$  совместно. Меньшая валентность  $(\text{OH})^-$  по сравнению с  $\text{O}^{2-}$  в оксидах приводит к ослаблению связи анионов с катионами. Следствие – снижение твердости по сравнению с оксидами тех же элементов. Для гидроксидов типична водородная связь.

# Гидроксиды

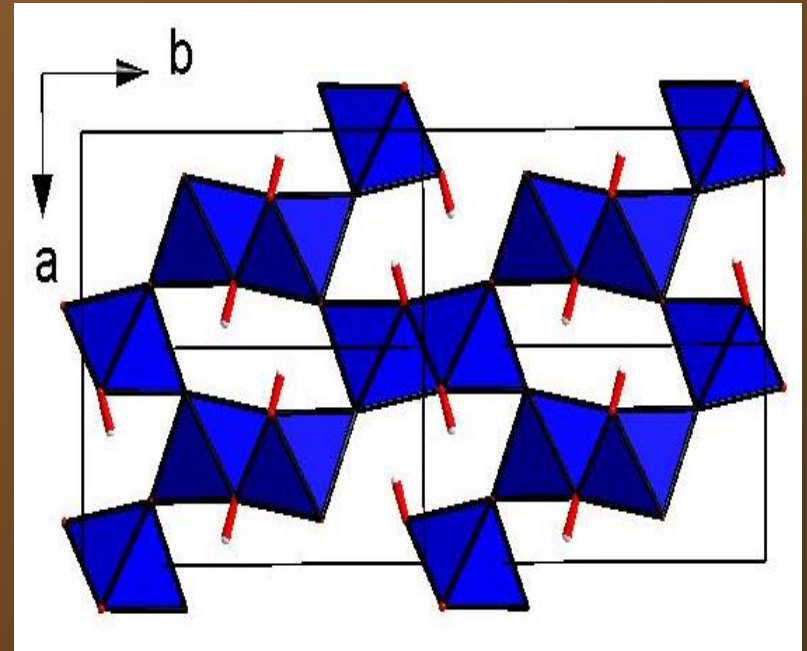
- Структуры – цепочечные или слоистые.
- Кристаллы призматические до игольчатых, таблитчатые. *Но чаще всего минералы представлены землистыми и натечными агрегатами, а также оолитами.*
- Большинство гидроксидов приповерхностные минералы – выветривание горных пород, зоны окисления рудных месторождений, процессы осадконакопления и диагенеза. Низкие температуры образования объясняют ограниченность изоморфизма. Благодаря тонкодисперсному состоянию для минералов характерны абсорбированные примеси.
- При метаморфизме гидроксиды переходят в более устойчивые оксиды.

# Гидроксиды с цепочечной структурой

Диаспор  $\text{AlO}(\text{OH})$ , гетит  $\text{FeO}(\text{OH})$ , гроутит  $\text{MnO}(\text{OH})$

Ромбическая сингония.

Структура производная от структуры рутила. В основе структуры ГПУ из атомов  $\text{O}^{2-}$ ,  $\frac{1}{2}$  искаженных ОП заселена. Октаэдры образуют ленты из сдвоенных рутилоподобных цепочек.



Катионы в структуре связаны с кислородом сильной ионной связью. Ленты соединяются сильными водородными связями  $\text{O}-\text{H}\cdots\text{O}$ .

*Минералы с такой структурой характеризуются наибольшей твердостью.*

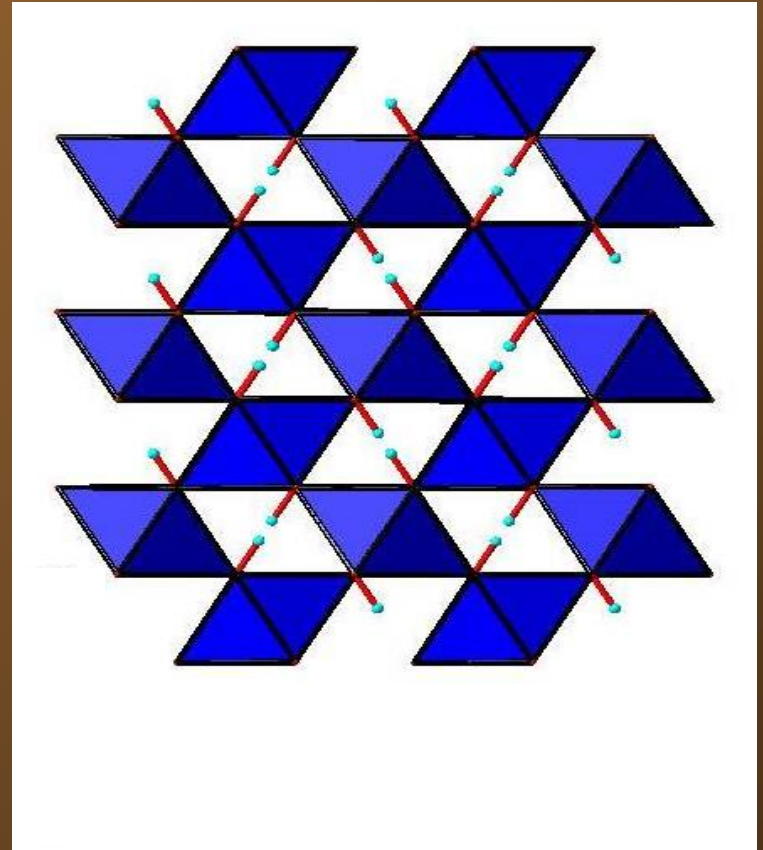
# Гидроксиды с цепочечной структурой

## Манганит $\text{MnO}(\text{OH})$

Моноклинная сингония

Структура производная от структуры рутила. В сильно искаженной ПГУ атомов  $\text{O}^{2-}$  цепочки из реберно-связанных октаэдров  $\text{MnO}_6$  вытянуты вдоль оси с и соединены вершинами.

В отличие от рутила октаэдры в манганите сильно искажены, и ось 4 порядка не возникает. Водород групп (ОН) расположен в осевой части каналов на месте вакантных октаэдров.





# Гетит

Назван в честь В.Гете.

Формы выделения — кристаллы (редко), натечные агрегаты («бурая стеклянная голова»), пористые и землистые агрегаты, оолиты.



<http://geo.web.ru/druza/>

Гётит. Володарск-Волынское пегматит. поле, Украина.



<http://geo.web.ru/druza/>

Гётит. Бакал, Ю. Урал

# Гетит

Микровключения гетита – распространенная причина возникновения аллохроматической окраски во многих минералах и горных породах.



<http://geo.web.ru/druza/>

Гетит в халцедоне. Монголия.



<http://geo.web.ru/druza/>

Агат с включениями гематита и гётита  
(совместный рост со слоями агата).  
5 см. Монголия.



# Гетит



Гётит в кварце, п-ов  
Мангышлак, Казахстан.



Аметист с  
включениями гётита



# Образование гетита

- Гетит — широко распространенный и характерный минерал зоны гипергенеза рудных месторождений, богатых сульфидами железа или сидеритом. В ассоциации с лепидокрокитом, а также гематитом — главный минерал гипергенных (в том числе осадочных) руд.
- Гипогенный гетит — пегматиты, гидротермальные образования, низкоградный метаморфизм (агаты).
- При метаморфизме переходит в гематит.

# Диаспор

- От греческого «диаспора» - рассеивание, из-за растрескивания на мелкие кусочки при нагревании.
- Отмечаются изоморфные примеси  $Fe^{3+}$  (до 11 %) и  $Cr^{3+}$  (до 6,5 %).*
- Обычно белый или бесцветный. Примесь Fe – бурый, красноватый; Cr – смена цвета от зеленого до красного (александритовый эффект).
- Обладает максимальной твердостью среди гидроксидов – 6,5 – 7.*



Cr -диаспор. Становой хр., Ю. Якутия.



Щетка пластинчатых кристаллов Cr-диаспора в трещине массивного хромита, Сарановское м-е



# Диаспор

Пластинчатые, листоватые, чешуйчатые агрегаты. Тонкодисперсные выделения в бокситах. Редко уплощенные или игольчатые кристаллы.



Крупный (более 15 см) кристалл диаспора. Турция. Нац. музей "Земля и люди" (София).



Кристалл (5 см) диаспора ювелирного качества. Турция.

# Диаспор

Диаспор – единственный представитель класса гидроксидов, который используется в ювелирном деле как ограночный материал (торговое название - султанит).





# Диаспор

## Образование диаспора:

- Десилицированные породы (вместе с корундом)
- Диаспор установлен в гидротермальных образованиях генетически связанных с грейзенами
- Вторичные кварциты (в ассоциации с другими минералами Al – корундом, алунитом, каолинитом, топазом и др.)
- Диаспор – составная часть бокситов
- Метаморфические породы, в том числе метаморфизованные бокситы (корунд, диаспор)

# Гроутит и манганит

Гроутит — относительно редок

Манганит — наиболее распространенный гидроксид Mn

Натечные, сплошные и землистые агрегаты, редко столбчатые кристаллы

Гидротермальный, коры выветривания, осадочный, Fe-Mn конкреции



Манганит. Китай.



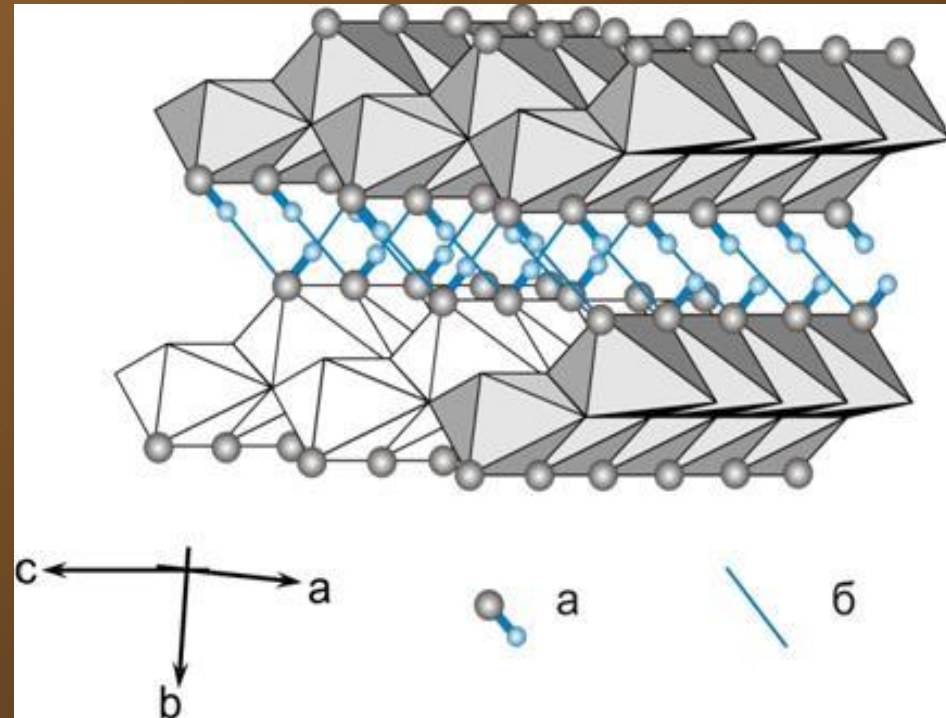
Манганит. Тюрингия, Германия. Колл. П.А. Кочубея.

# Гидроксиды со слоистой структурой

Бемит  $\text{AlO}(\text{OH})$

Лепидокрокит  $\text{FeO}(\text{OH})$

Искаженная ПКУ  $\text{O}^{2-}$  и  $\text{OH}^-$ .  
Половина ОП заселена  $\text{Al}^{3+}$   
( $\text{Fe}^{3+}$ ). Параллельно оси с  
образуются рутилоподобные  
цепочки, объединяющиеся  
в двойные волнистые слои  
параллельно (010). Слои  
между собой связаны слабой  
водородной связью (б), по ним проходит спайность по  
(010).





# Бемит $\text{AlO}(\text{OH})$ и лепидокрокит $\text{FeO}(\text{OH})$

Лепидокрокит. Рубиново-красная окраска! Часто образует включения в кварце, агатах.

Кристаллы редки.

Гидротермальные жилы, коры выветривания, осадочный. При метаморфизме переходит в гематит.

Бемит. Кристаллы редки.

Гидротермальное изменение фельдшпатоидов.

Бокситы.

При метаморфизме переходит в корунд и диаспор.



*Лепидокрокит в сростании с гетитом*



*Лепидокрокит в кварце*



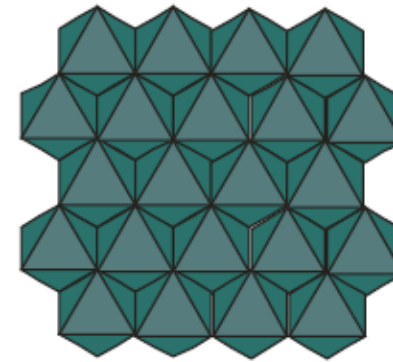
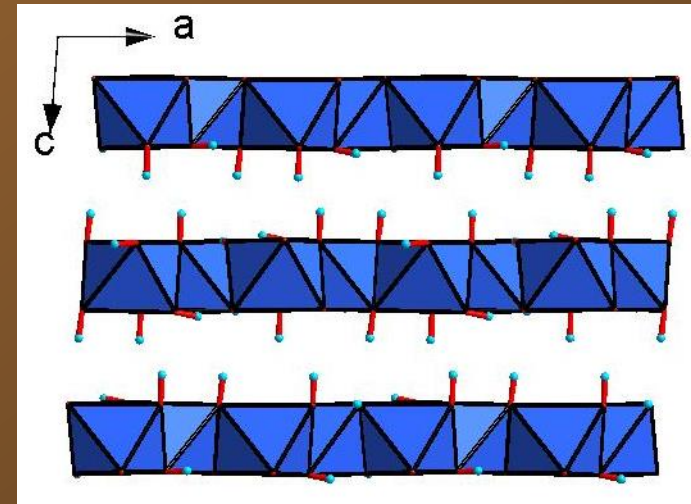
# Гидроксиды со слоистой структурой

Гиббсит  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , амакинит  $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})(\text{OH})_2$ , брусит  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , пирохроит  $\text{Mn}(\text{OH})_2$

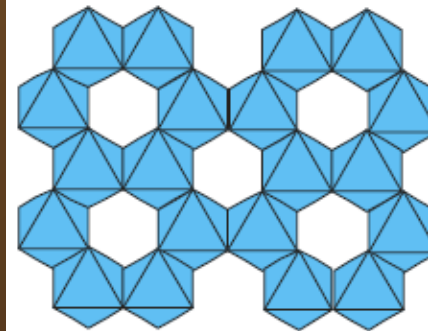
ПГУ из  $(\text{OH})^-$ . ОП заселены через слой.

Амакинит, брусит и пирохроит триоктаэдрические минералы, гиббсит — диоктаэдрический.

Следствием слоистой структуры минералов является их весьма совершенная спайность и низкая твердость.



брусит  $\text{Mg}(\text{OH})_2$   
**три**октаэдрический  
слой



гиббсит  $\text{Al}(\text{OH})_3$   
**ди**октаэдрический  
слой

## Гиббсит (син. гидраргиллит)

- По составу обычно отвечает  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .
- Скрытокристаллические агрегаты от землистых до форфоровидных, оолиты. Редко – таблитчатые слюдоподобные кристаллы.
- Известен в вулканических возгонах. Редко гидротермальный. Гидротермальное изменение фельдшпатоидов (составная часть шпреуштейна). Бокситы.

## Брусит

- Типичны изоморфные примеси  $\text{Mn}^{2+}$  (до 18 %) и  $\text{Fe}^{2+}$  (до 16 %). Отмечаются примеси  $\text{Zn}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ .

# Брусит

Брусит — типичны плотные мелкочешуйчатые, пластинчатые агрегаты. Редко — таблитчатые кристаллы.

Параллельно-волокнистые агрегаты — *немалит*.

Брусит. Баженовское м-ние.  
Ср. Урал

<http://geo.web.ru/druza/>



Брусит (немалит). Якутия.



# Образование брусита

- Брусит — типичный минерал серпентинизированных ультраосновных пород.

Образуется при  $T$  меньше  $400^{\circ}\text{C}$ .

- Магнезиальные скарны и контактово-метаморфические породы (бруситовые мрамора)



Для брусита, образующего псевдоморфозы по периклазу характерно волнистое строение — результат деформаций вследствие увеличения объема (почти на 40 %) при замещении

- Легко изменяется в гидротермальных условиях и при выветривании с образованием карбонатов или силикатов Mg.



# Агрегаты гидроксидов Fe, Al и Mn

Лимониты (от греч. leimon — луг; сырое место) или бурые железняки — мелкозернистые до скрытокристаллических смеси гетита, лепидокрокита, гидрогематита, а также гидроокислов Al, Mn и глинистых минералов.

Образуются в экзогенных условиях при разложении пирита и др. железосодержащих сульфидов, сидерита, железистых силикатов и др. Встречается в образованиях типа железных шляп, латеритов, болотных руд и др. Образует крупные промышленные месторождения железных руд хорошего качества.

Природная краска.

# Лимонит



<http://geo.web.ru/druza/>

# Агрегаты гидроксидов Fe, Al и Mn

- Псиломелан – обобщающий термин для смеси массивных окислов и гидроокислов марганца с высокой плотностью.
- Вад - обобщающий термин для смеси окислов и гидроокислов марганца с низкой твердостью и плотностью.
- Образуются в корках выветривания рудных месторождений (вместе с лимонитом), гипербазитов, метаморфических пород. Осадочные марганцевые руды.

# Агрегаты гидроксидов Fe, Al и Mn

Бокситы - от назв. местности Ле-Бо (Leх Ваих), на юге Франции, где впервые обнаружены их залежи.

Главные минералы бокситов: гиббсит, диаспор, бёмит, гётит, лепидокрокит. Присутствуют каолинит, шамозит, хлориты, рутил, анатаз, ильменит, сидерит, кальцит, слюды.

По внешнему виду бокситы весьма разнообразны. Цвет их обычно красный, буровато-коричневый, реже серый, белый, жёлтый, чёрный.

По *агрегатному состоянию* выделяют бокситы плотные (каменистые), пористые, землистые, рыхлые и глиноподобные; *по структурно-текстурным признакам* — однородные, обломочные (пелитовые, песчаниковые, конгломератовые), конкреционные (оолитовые), колломорфные, слоистые и т.д.



# Бокситы

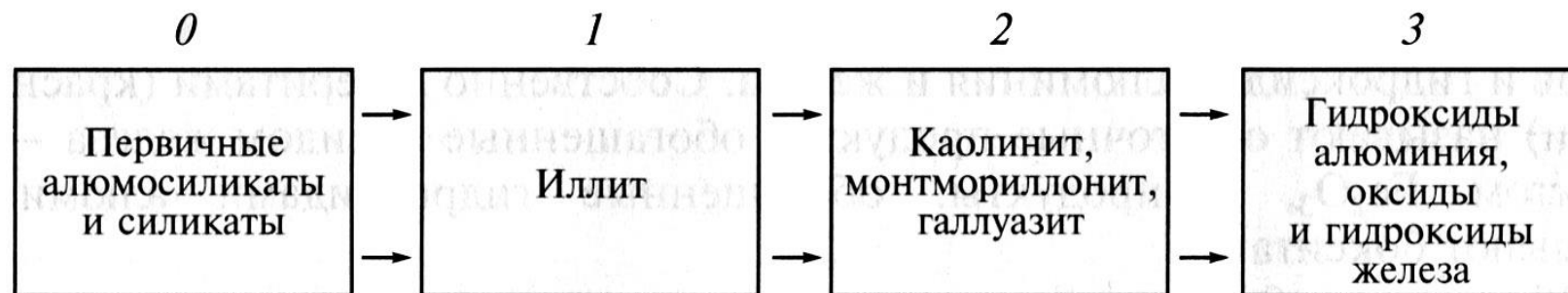


Бокситы с оолитовой текстурой

# Бокситы

- Бокситы образуются или в результате глубокой химической переработки (латеритизации) алюмосиликатных пород в условиях влажного тропического климата (латеритные или остаточные бокситы) или в результате переноса продуктов латеритного выветривания и их переотложения (осадочные бокситы).
- Бокситы образуют пластообразные и линзообразные тела изменчивой мощности. Нередко залежи состоят из нескольких (в вертикальном разрезе) линз. Качество латеритных бокситов обычно высокое, в то время как осадочные бокситы характеризуются вариацией качества руд.
- Бокситы известны в отложениях от протерозоя до современности. Латеритные бокситы чаще имеют кайнозойский возраст и развиты в тропических странах.

# Последовательность формирования латеритной коры выветривания



Вынос щелочей

Частичный вынос кремнезема

Полный вынос кремнезема

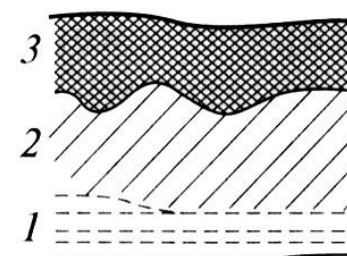
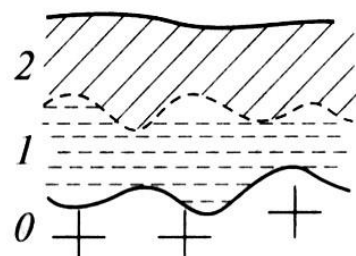
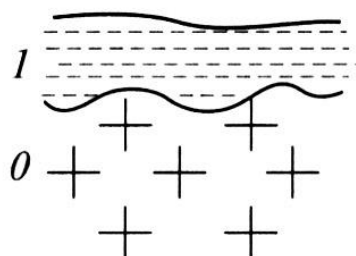
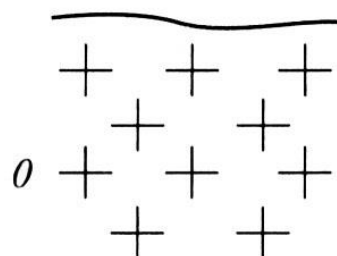
Исходная горная порода

Профиль коры выветривания

Иллитовый

Глинистый

Латеритный





# Бокситы

К латеритным корам, образующимся в результате длительного выветривания алюмосиликатных пород в условиях жаркого влажного климата, приурочено около 90 % мировых общих запасов бокситов.

Самыми большими общими запасами обладают Гвинея, Австралия, Бразилия, Вьетнам, Индия, Индонезия. В недрах этих шести стран заключено почти  $2/3$  общих запасов бокситов.

Россия не обладает достаточными запасами бокситов, её доля в мировых запасах этого сырья не достигает и 1 %.

В России месторождения бокситов расположены на Северном Урале, в Ленинградской обл., на Тимане.

