

Стадии литогенеза

это последовательные этапы формирования и преобразования осадочных пород

Стадия	Основные процессы	Глубина	Температура Давление	Типичные образования
Гипергенез	Выветривание	0-100 м	От +85 до -83°C	Кора выветривания
Седиментогенез	Образование осадка	0-100 м	То же	Песок, ил
Диагенез	Цементация	100-1000 м	До 30°C, до 200 атм	Песчаник, известняк
Катагенез	Уплотнение породы	1000-5000 м	30 – 150°C, 200–1250 атм	Аргиллит, нефть
Метагенез	Метаморфизация	Более 7000 м	200 - 300°C, 2-3 тыс. атм	Кварцито-песчаник

Стадии литогенеза

Выветривание - процесс разрушения и химического изменения горных пород вследствие перепадов температуры, химического и механического воздействия атмосферы, воды и живых организмов.

Эрозия - разрушение пород и продуктов выветривания поверхностными водными потоками

Перенос продуктов выветривания гравитационным, биогенным способом, а также ветром, водой, льдом,

Седиментация - накопление осадка

Гипергенез
Седиментогенез
Диагенез
Катагенез
Метагенез

Погружение осадка - под толщей нового осадочного материала

Диагенез - до 300-500 м переход осадка в осадочную породу

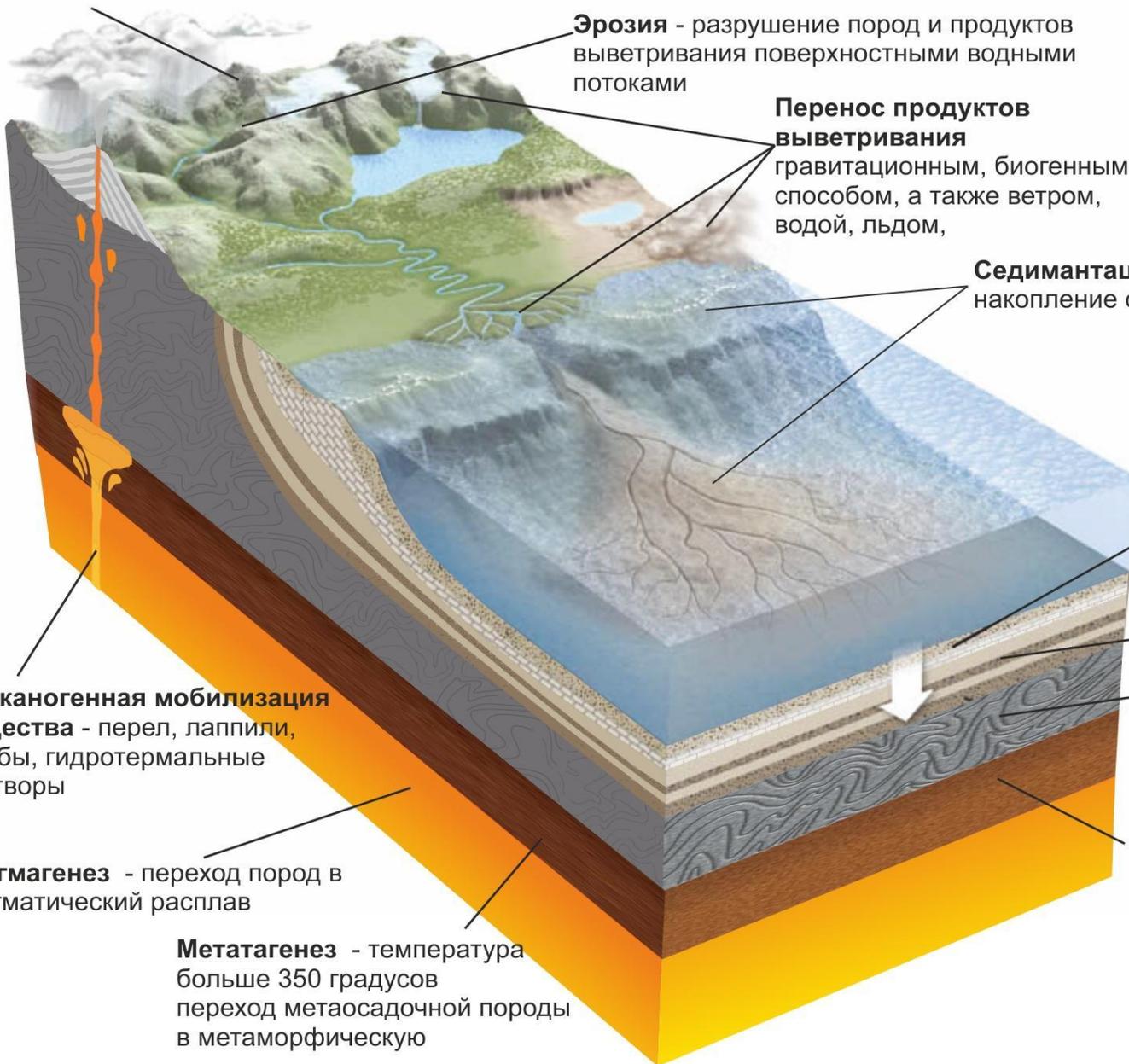
Катагенез - до 5-10 км, температура до 250 град. преобразование в осадочной породе

Метатагенез - более 5-10 км, температура больше 250 град. переход осадочной породы в метаосадочную

Вулканогенная мобилизация вещества - перел, лаппили, бомбы, гидротермальные растворы

Магмагенез - переход пород в магматический расплав

Метатагенез - температура больше 350 градусов переход метаосадочной породы в метаморфическую



Этапы физического

выветривания

- На начальном этапе физического выветривания происходит **породная дезинтеграция**, когда первичная массивная горная порода распадается на обломки разной крупности того же петрографического состава.
- Промежуточным этапом является **распад обломков породы** на сростки минеральных зерен (кварца со слюдой, кварца с полевым шпатом и т.д.).
- На последующем этапе происходит **минеральная дезинтеграция**, при которой обломки пород и сростки распадаются на слагающие их минеральные зерна.
- **Размер обломков** – продуктов физического выветривания чрезвычайно разнообразный – от крупных глыб до мельчайших пыпинок размером около 5 мкм и менее.

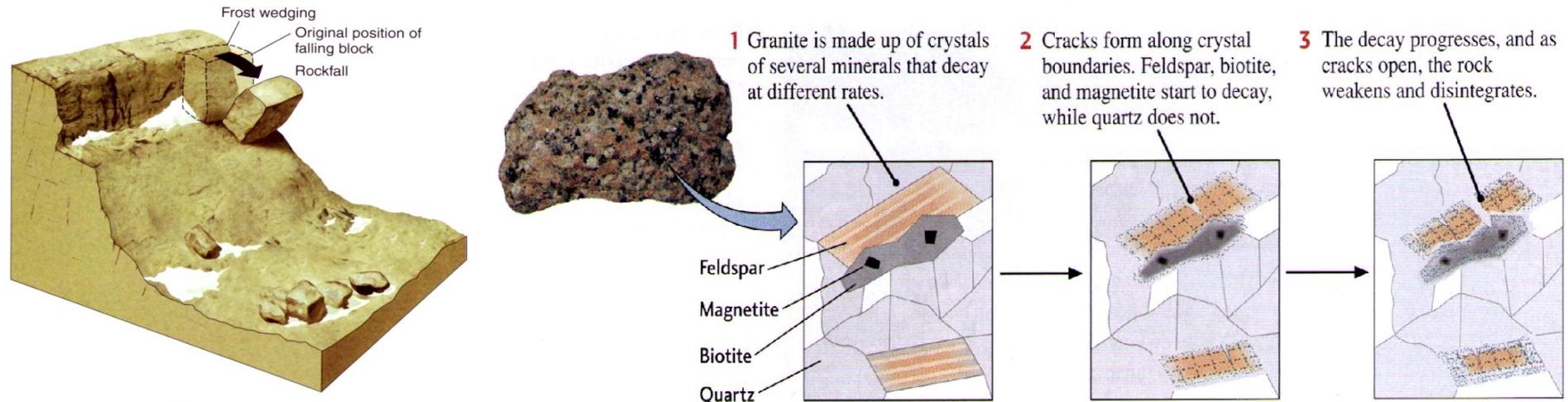
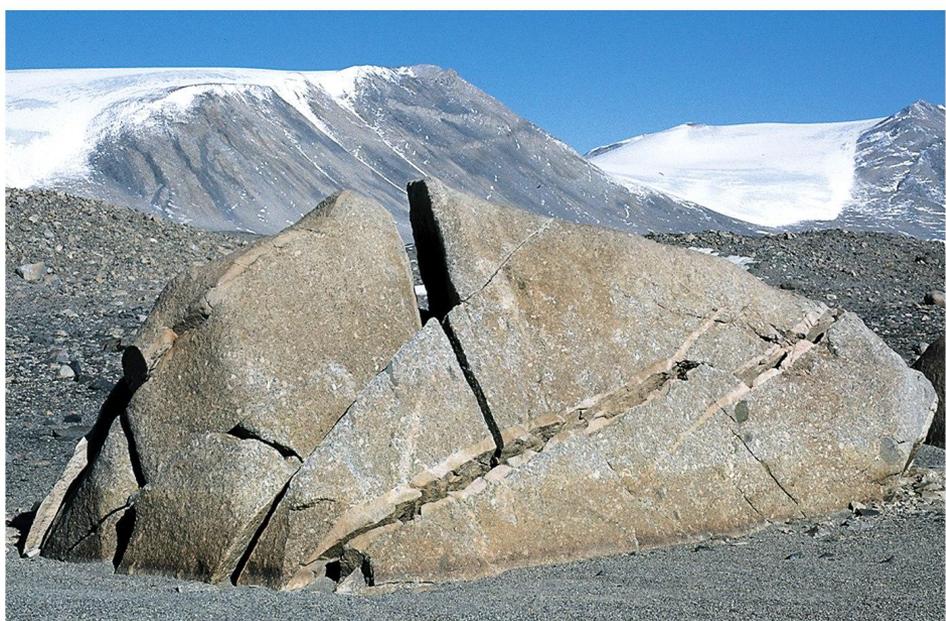
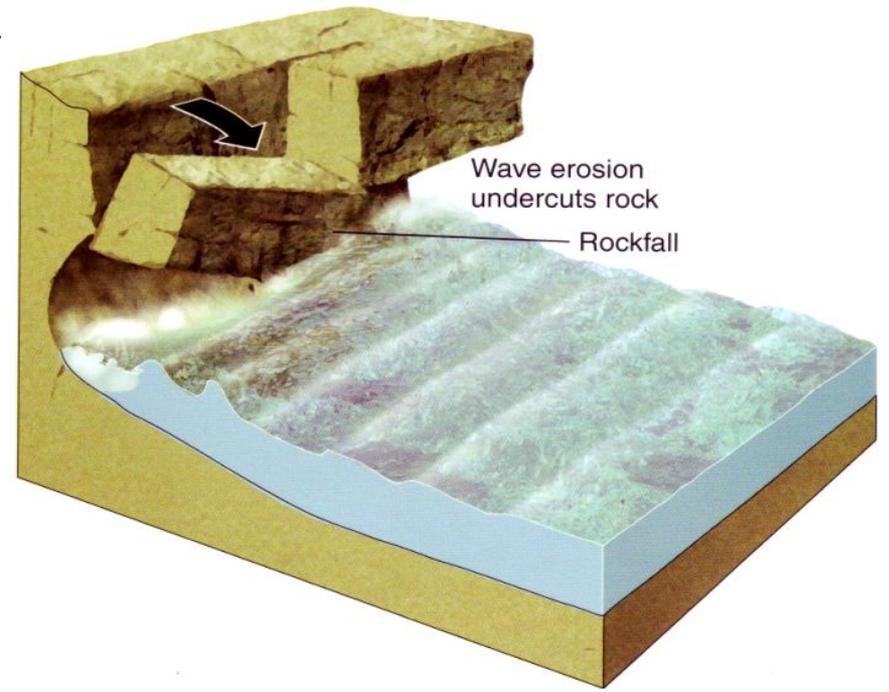
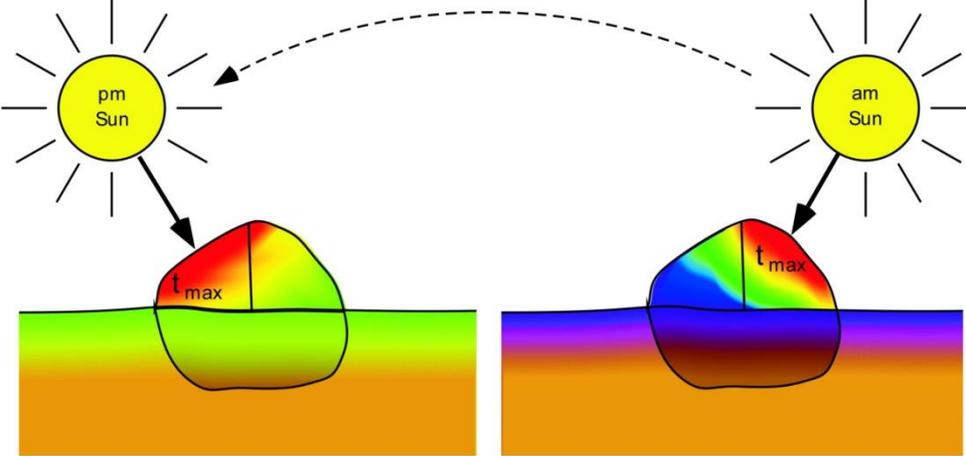


Figure 16.2 Diagrammatic microscopic views of stages in the disintegration of granite.

[John Grotzinger/Ramón Rivera-Moret/Harvard Mineralogical Museum.]



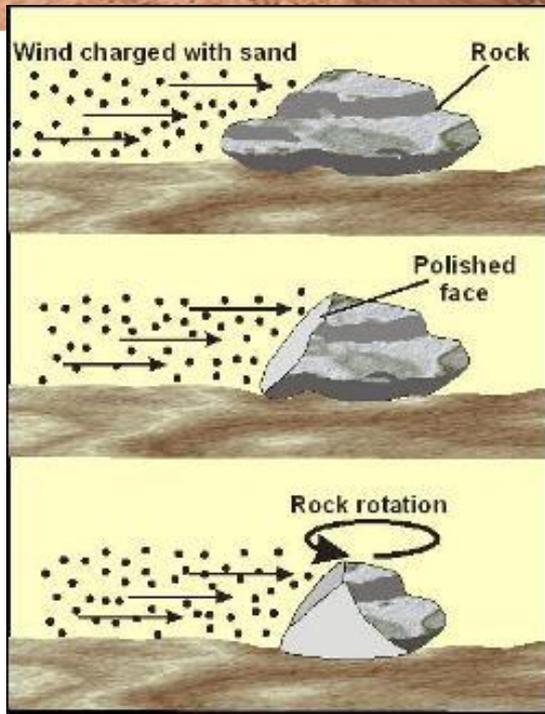
1 Granite is made up of crystals of several minerals that decay at different rates.

Feldspar

Magnetite

Biotite

Quartz



Химическое выветривание

Химическое выветривание приводит к преобразованию химического состава и структуры первичных минералов с образованием за их счет новых минералов.

Главными агентами химического выветривания являются **вода как химический реагент, кислород воздуха, углекислота и различные кислоты в составе природных вод.**



Вода как химический реагент в различных условиях может обладать как кислотными, так и щелочными свойствами в зависимости от концентрации ионов H^+ и OH^- . Мерой этих свойств является величина **pH** – логарифмический показатель концентрации водородных ионов, взятый с обратным знаком. При **pH > 7 реакция раствора щелочная**, а при **pH < 7 – кислая**. Например, для болотной воды характерна сильно кислая реакция среды, морской – слабо щелочная, соляных озер и подземных вод – сильно щелочная.

Под влиянием воды происходят следующие процессы изменения минералов: **растворение, гидратация и гидролиз.**

Процессы растворения, гидратации, гидролиза

Процесс **растворения** приводит к постепенному уничтожению кристаллической решетки и распадению минерала на составляющие его ионы. Степень растворимости минералов резко различная. Наиболее легко растворимыми являются нитраты, затем соли (карналлит, сильвин, галит), далее по степени растворимости в воде идут сульфаты, карбонаты, фосфаты.

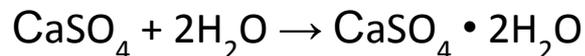
Наименее растворимы оксиды и силикаты.

Например, в 100 частях воды растворяется следующая масса минералов:

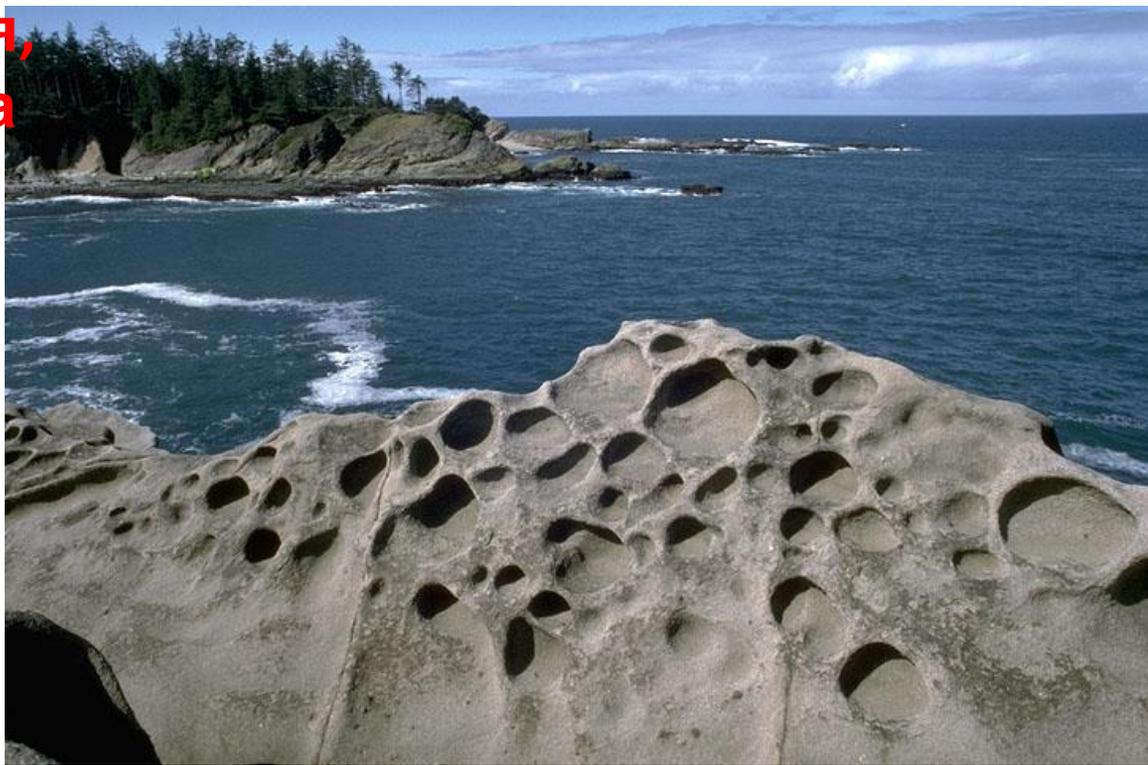
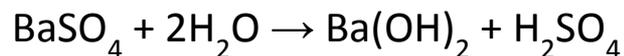
KCl	-	34,0
CaSO ₄	-	0,20

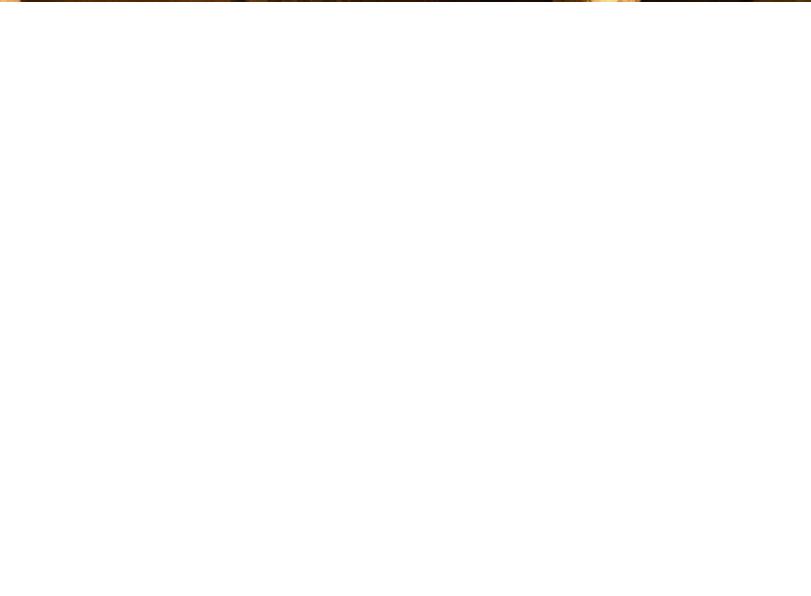
CaCO ₃	-	0,0014
BaSO ₄	-	0,00023
Al ₂ O ₃	-	0,00010

- Процесс **гидратации** заключается в присоединении минералом молекул воды с образованием кристаллогидратов. Например, при гидратации ангидрита образуется гипс:



- Гидролиз** заключается в разложении минералов с образованием щелочей и кислот:







Кислород как агент выветривания



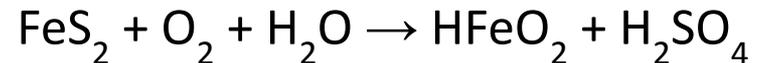
- **Кислород** воздуха, воздействуя на минералы, обуславливает процесс их **ОКИСЛЕНИЯ**, т.е. повышение валентности элементов. Особенно поддаются окисления минералы, содержащие в своем составе ионы переменной валентности (Fe, Mn, V, S, U, Cu, Ni и др.). В наиболее значительных объемах подвергаются окислению сульфиды и органическое вещество.

Степень благоприятности среды к проявлению процессов окисления оценивается количественно с помощью **ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА Eh**, который измеряется в милливольтгах. При положительных значениях Eh (от 0 до +500 мв) среда является окислительной, при отрицательных (от 0 до –250 мв) – восстановительной. Таким образом, при отрицательных значениях окислительно-восстановительного потенциала процессы окисления резко замедляются. В ходе процесса окисления химический элемент приобретает все более высокую валентность.



Например:

пирит в процессе окисления переходит в гётит (т.е. двухвалентное железо переходит в трехвалентное):

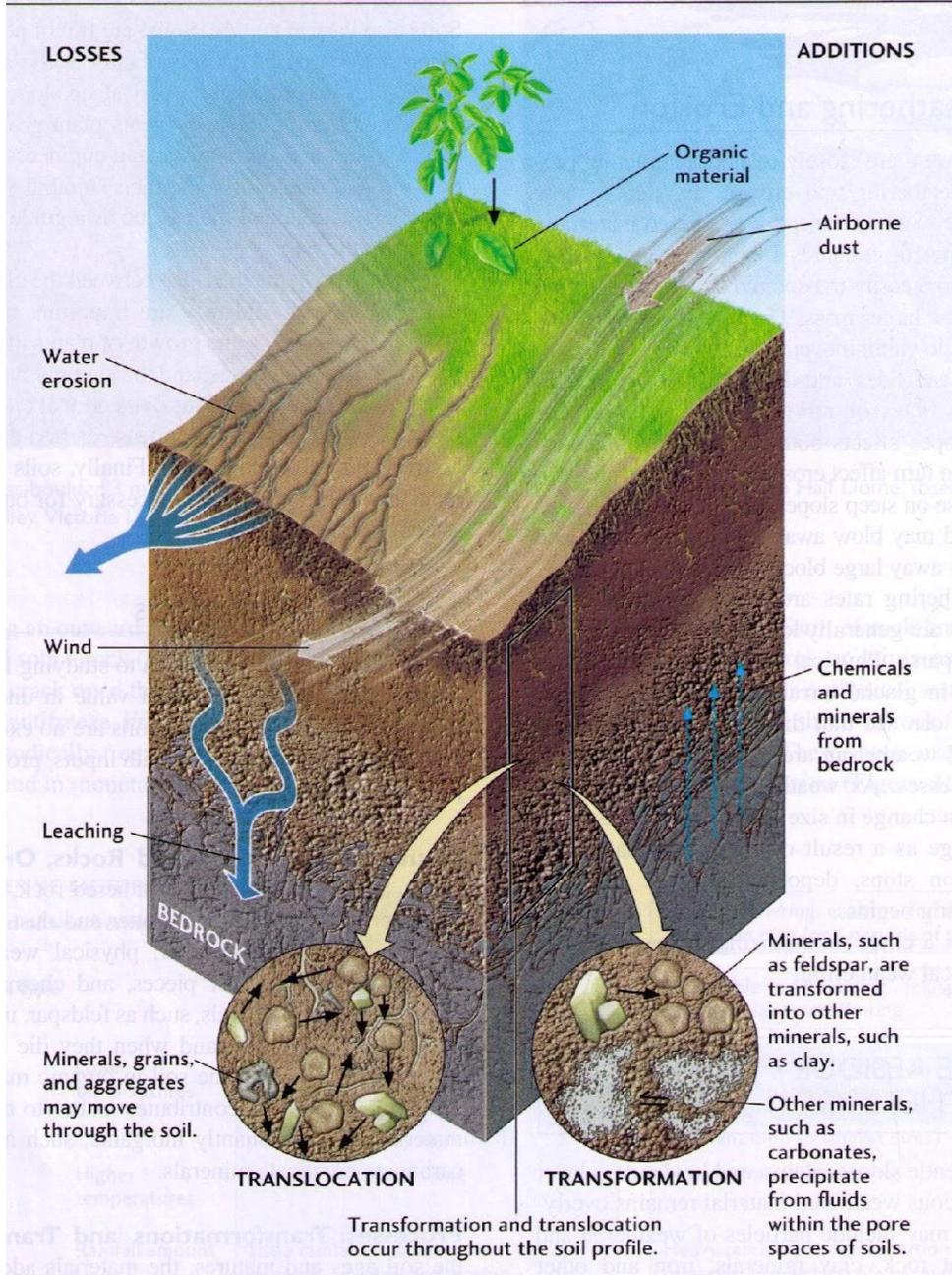


Прочие агенты выветривания

- Свободная **углекислота (CO_2)** постоянно содержится на поверхности Земли. Соединяясь с водой, она образует угольную кислоту (H_2CO_3). Источником углекислоты является жизнедеятельность организмов, разложение органического вещества и вулканические извержения. Она способствует энергичному разложению минералов, в т.ч. силикатов.
- Другими кислотами, которые играют важную роль в процессах химического выветривания, являются **серная и соляная**.

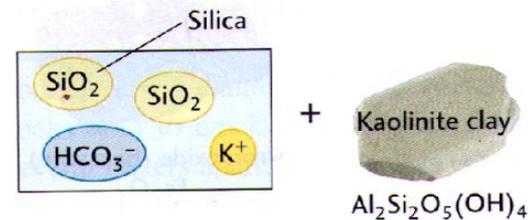
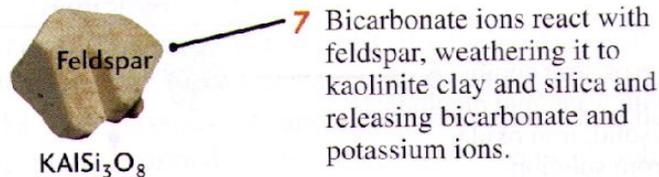
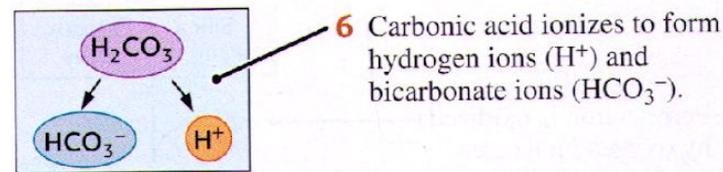
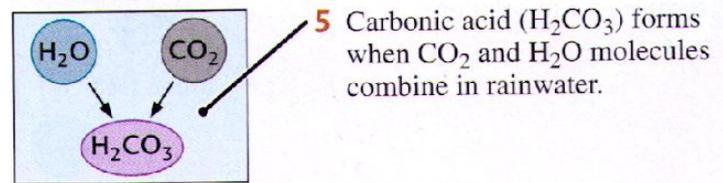


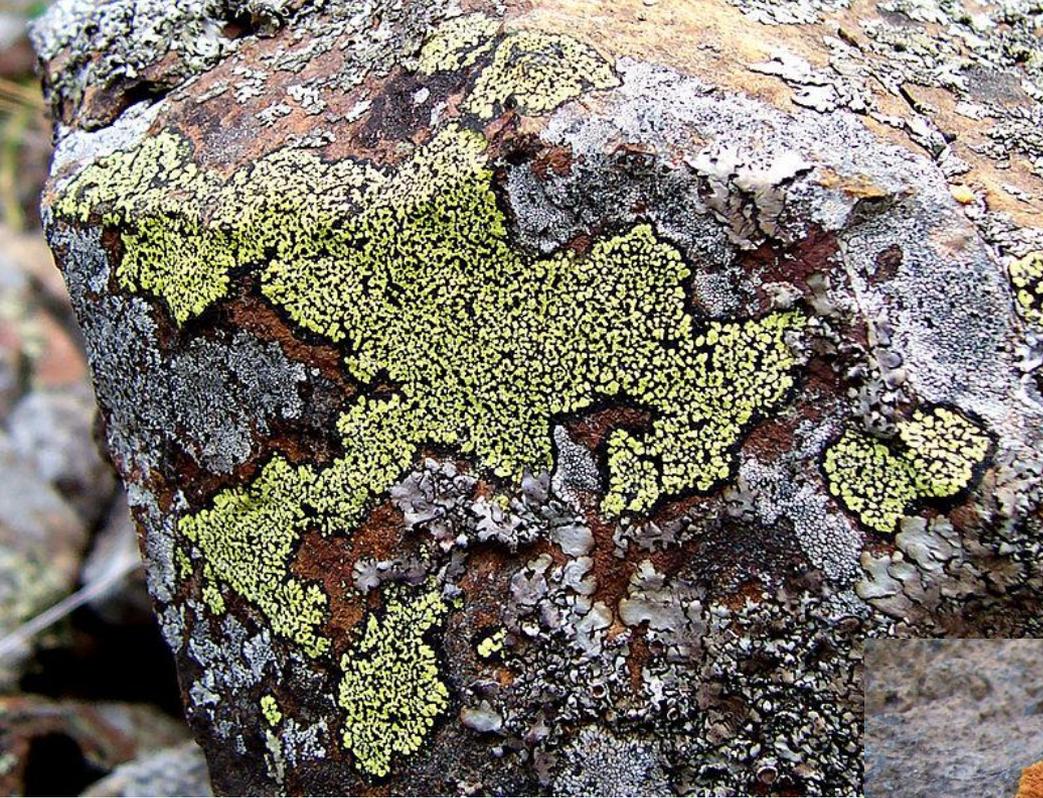
The two basic soil-forming processes are translocation and transformation.



Органическое выветривание

наиболее энергично оно проявляется в почвенных горизонтах. В частности, в зоне выщелачивания почв практически полностью разлагаются многие силикаты, за исключением кварца.





Под действием органических кислот, особенно **гуминовых, и микроорганизмов** происходят процессы **органического выветривания.**

Лишайники— симбиотические ассоциации грибов и микроскопических зелёных водорослей или **цианобактерий**
ЛИШАЙНИКОВЫЕ КИСЛОТЫ

- сложные соединения ароматических фенолов, образующиеся в слоевищах

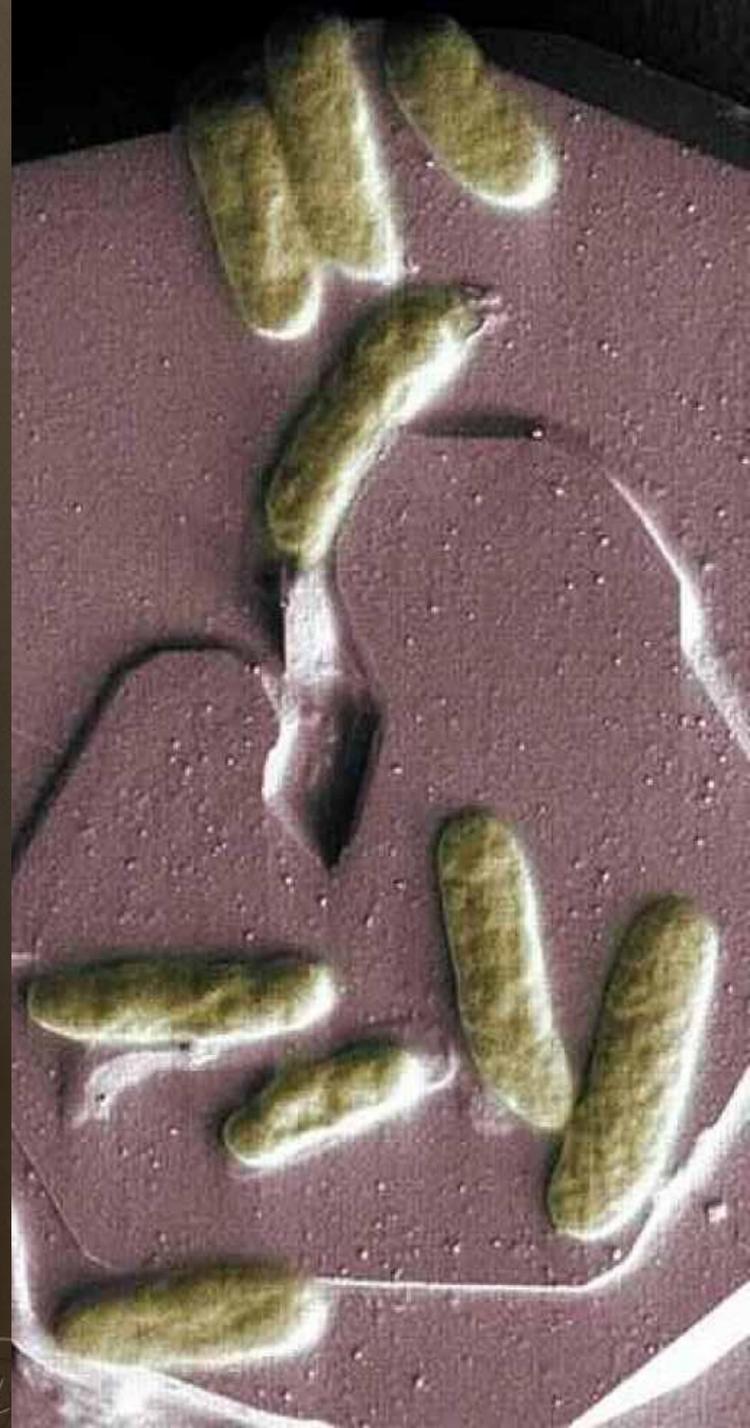
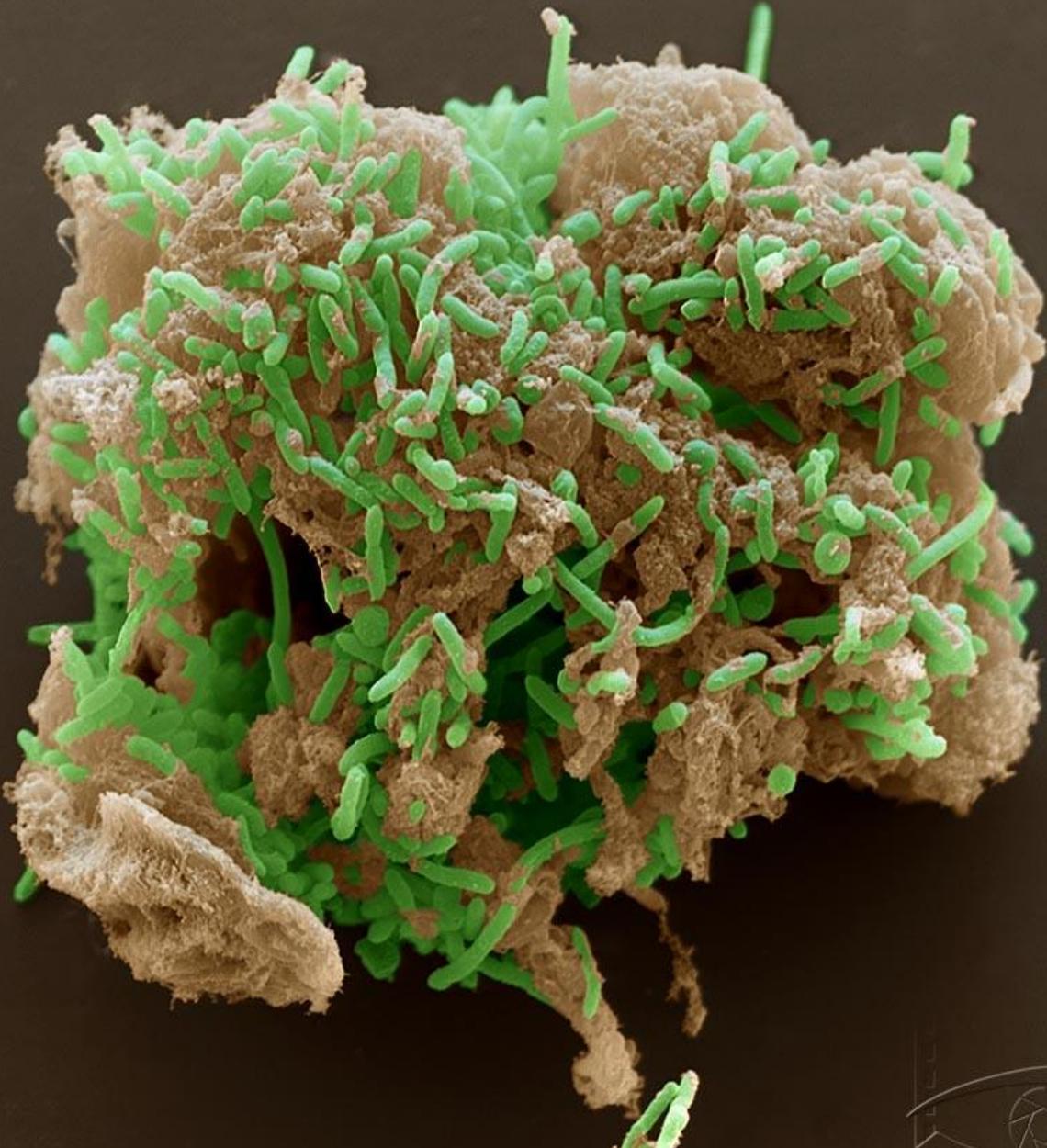


Примеры биологического выветривания





Примеры
биологического
выветривания



Устойчивость минералов к агентам выветривания

- Совокупное действие различных факторов химического выветривания приводит к более или менее быстрому разложению первичных минералов. При этом устойчивость минералов к действию агентов химического выветривания существенно разная. Способность минералов противостоять воздействию факторов химического выветривания зависит от их кристаллической структуры, трещиноватости, химического состава и т.д.
- По степени устойчивости к агентам химического и органического выветривания все минералы могут быть разделены на 5 групп:
 - **весьма устойчивые** – кварц, алмаз, корунд, гетит, шпинель, каолинит, топаз, циркон, турмалин, рутил;
 - **устойчивые** – мусковит, ильменит, гранаты, ставролит, дистен;
 - **средне, или умеренно, устойчивые** – ортоклаз, микроклин, кислые плагиоклазы, магнетит, эпидот, сфен, флюорит, гематит;
 - **неустойчивые** – средние плагиоклазы, пироксены, амфиболы, глауконит, кальцит, апатит, барит;
 - **весьма неустойчивые** – основные плагиоклазы, биотит, гипс, ангидрит, сидерит, галит, сильвин, пирит, марказит, пирротин, оливин, нефелин.Весьма устойчивые минералы сохраняются в продуктах выветривания при сколь угодно длительном воздействии на них факторов химического выветривания, а весьма неустойчивые изменяются и исчезают за сравнительно короткий период времени.

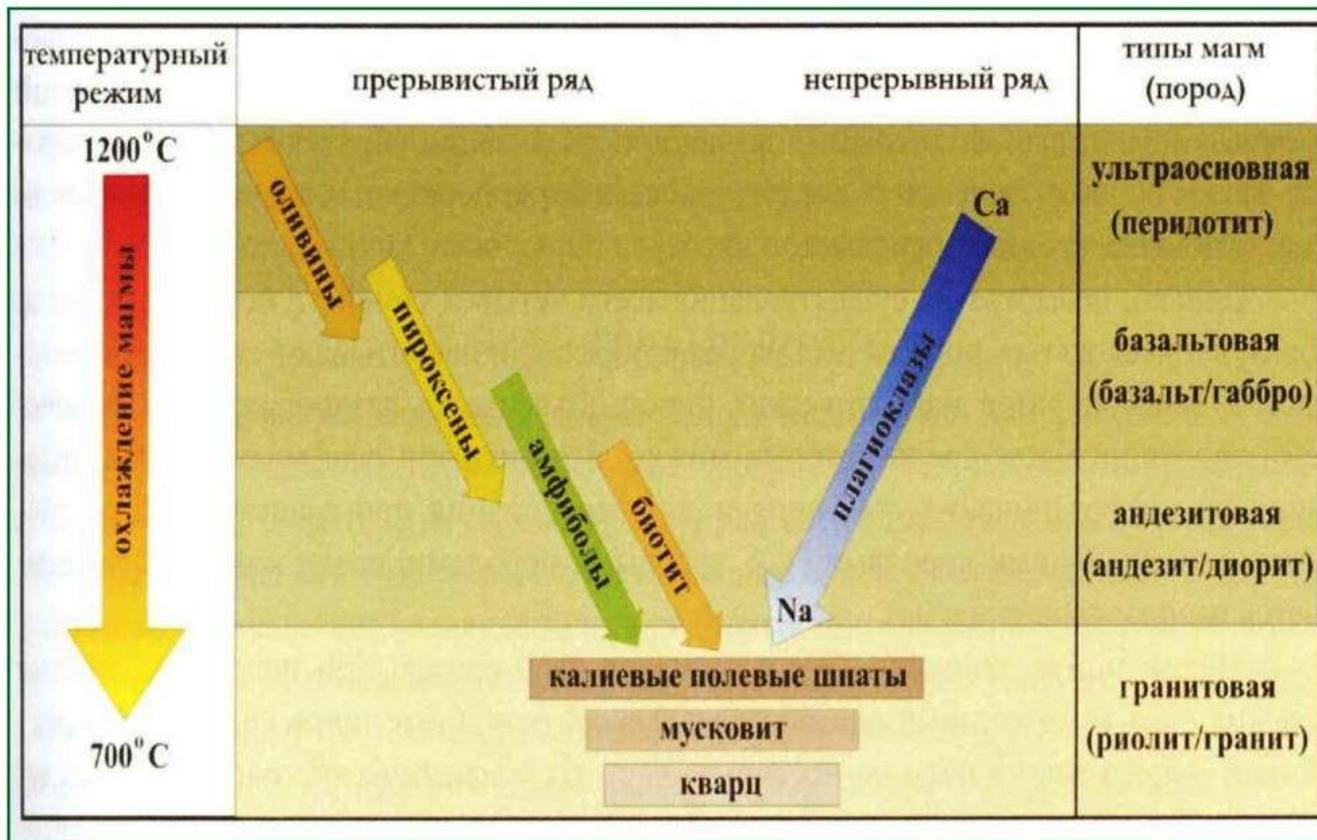
выве

Оливи

Пи
(нал)

РЕАКЦИОННЫЕ РЯДЫ БОУЭНА

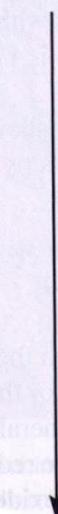
(схема)



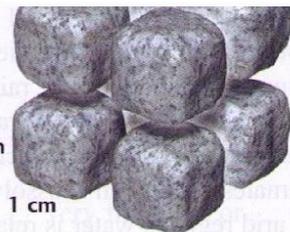
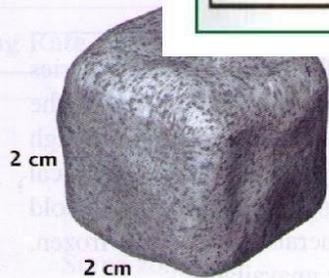
Stabilities
non Minerals
Weathering

Rate of Weathering

Slowest



Fastest



$2\text{ cm} \times 2\text{ cm} = 4\text{ cm}^2$
 $4\text{ cm}^2 \times 6\text{ sides} = 24\text{ cm}^2$
 (surface area)

$1\text{ cm} \times 1\text{ cm} = 1\text{ cm}^2$
 $1\text{ cm}^2 \times 6\text{ sides} = 6\text{ cm}^2$
 $6\text{ cm}^2 \times 8\text{ cubes} = 48\text{ cm}^2$
 (surface area)

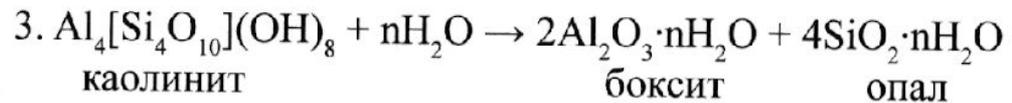
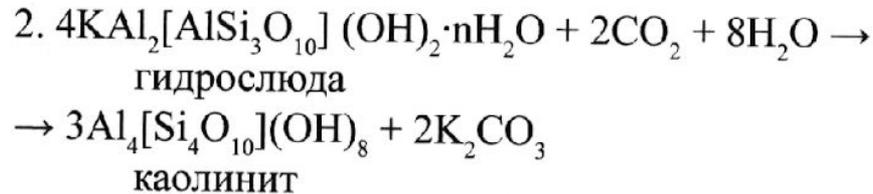
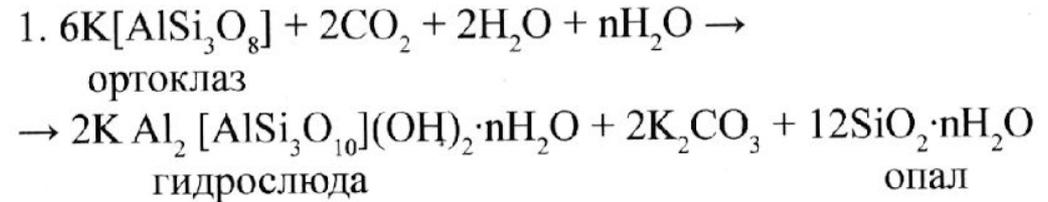
ряды элементов, различающихся по степени их подвижности:

1. Энергично выносимые Cl, (Br, J), S
2. Легко выносимые Ca, Na, Mg, K, F, SiO₂ силикатов
3. Подвижные P, Mn, Co, Ni, Cu
4. Инертные, слабо подвижные Fe, Al, Ti
5. Практически неподвижные SiO₂ окислов (кварц).

Этапы химического выветривания и среда

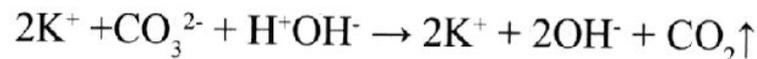
- Процесс химического преобразования первичных минералов проходит в течение нескольких этапов. Так, сначала в ходе изменения неустойчивых минералов образуются **промежуточные продукты** выветривания, а на последующем этапе – **конечные продукты** разложения минералов.

Полевые шпаты при выветривании сначала переходят в гидрослюда и каолинит, а затем происходит полное разложение кристаллических решеток с образованием свободных оксидов и гидроксидов алюминия и кремния. Пирит и марказит сначала переходят в сульфаты, а затем в гидроксиды железа. Пироксены и оливин сначала преобразуются в монтмориллонит, а затем – в оксиды железа и алюминия.

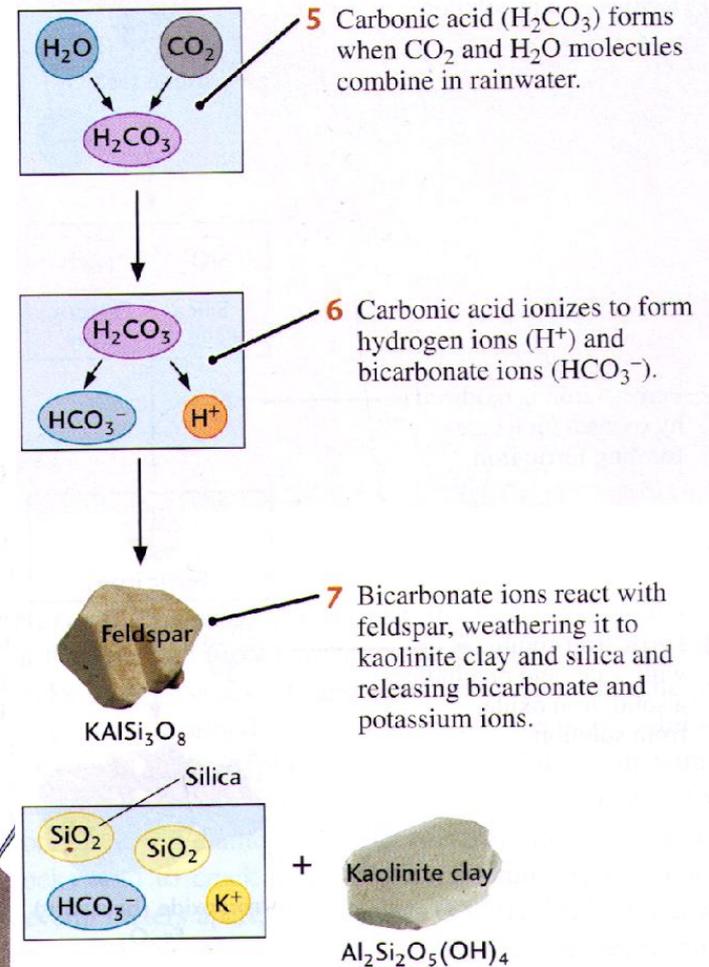
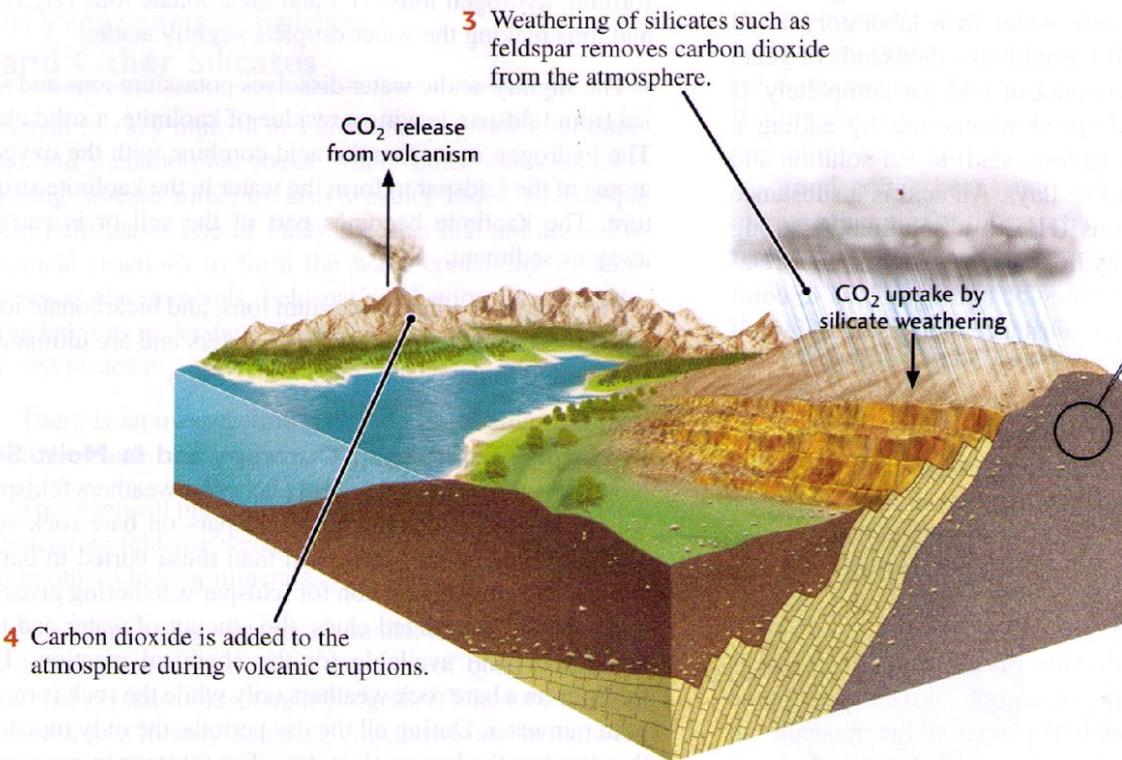


↓
n = 1 – диаспор HAlO_2
n = 3 – гиббсит $\text{Al}(\text{OH})_3$

K_2CO_3 как соль слабой кислоты и сильного основания диссоциирует с образованием щелочи:



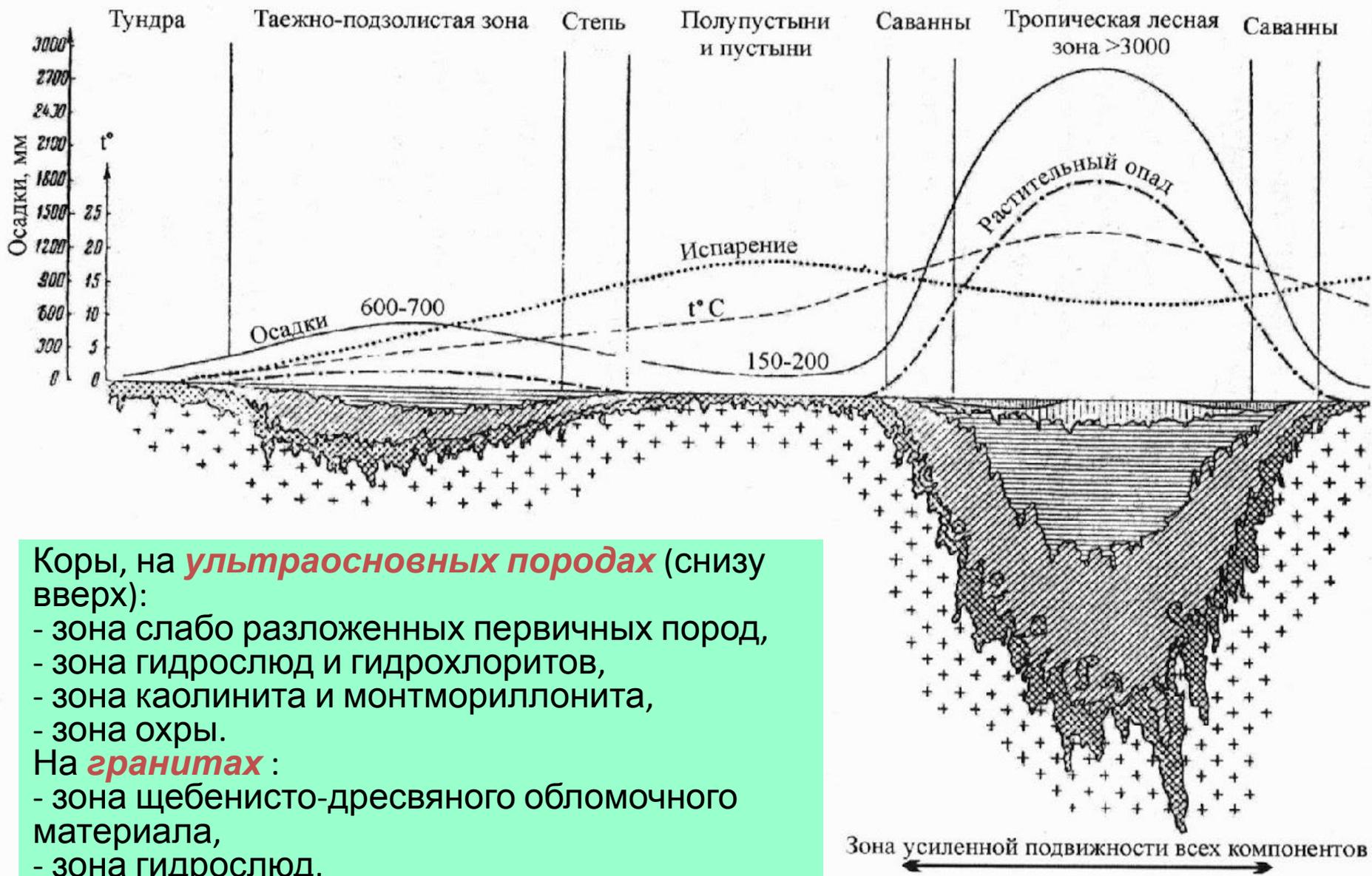
На характер и интенсивность проявления процессов выветривания большое влияние оказывают *климат, рельеф и гидрогеологические условия* территории. Так, во влажных тропиках и субтропиках с гумидным климатом интенсивно проявляются процессы химического выветривания. Наоборот, в пустынях, степях, полярных, высокогорных районах преобладает физическое выветривание при почти полном отсутствии химического.



Кора выветривания

- В результате физического и химического выветривания на месте залегания материнских пород возникает особое геологическое образование, получившее название **кора выветривания**. В минеральном отношении она состоит из различного сочетания первичных минералов, устойчивых к агентам выветривания, промежуточных продуктов выветривания и конечных продуктов разложения минералов. Образование коры выветривания происходит в течение длительного времени и проходит ряд последовательных этапов.
- В вертикальном разрезе коры выветривания (снизу вверх) наблюдается четкая зональность - смена слабо измененных пород полностью переработанными продуктами выветривания. Характерной особенностью зонального строения кор выветривания является зависимость его от состава разрушаемых пород.





Коры, на **ультрасновных породах** (снизу вверх):

- зона слабо разложенных первичных пород,
- зона гидрослюд и гидрохлоритов,
- зона каолинита и монтмориллонита,
- зона охры.

На **гранитах**:

- зона щебенисто-дресвяного обломочного материала,
- зона гидрослюд,
- зона каолинита.

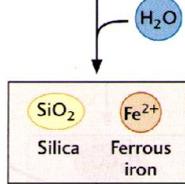
Рис. 4.4. Схема образования коры выветривания на тектонически неактивных площадях (Страхов, 1963)
 1 – свежая порода; 2 – зона дресвы, малоизмененной; 3 – гидрослюдисто-монтмориллонитово-бейделлитовая зона; 4 – каолинитовая зона; 5 – охры, Al_2O_3 ; 6 – панцирь, $Fe_2O_3 + Al_2O_3$



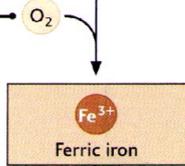
1 Pyroxene dissolves, releasing silica and ferrous iron to solution.



Pyroxene (FeSiO_3)



2 Ferrous iron is oxidized by oxygen molecules, forming ferric iron.



3 Ferric iron combines with water and precipitates a solid, iron oxide, from solution.

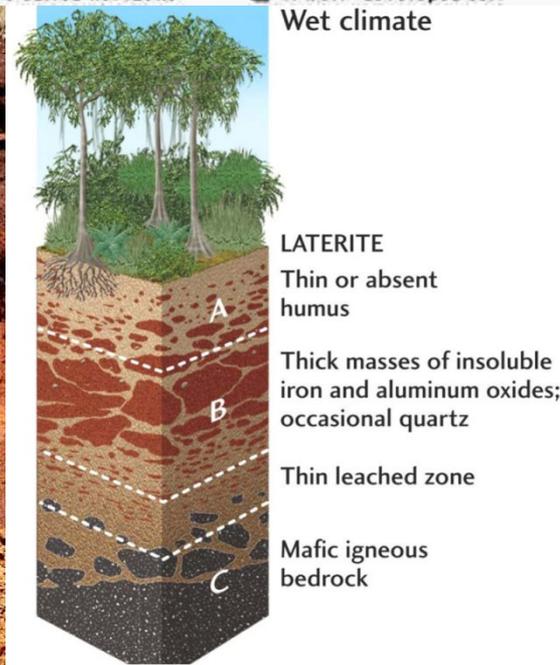
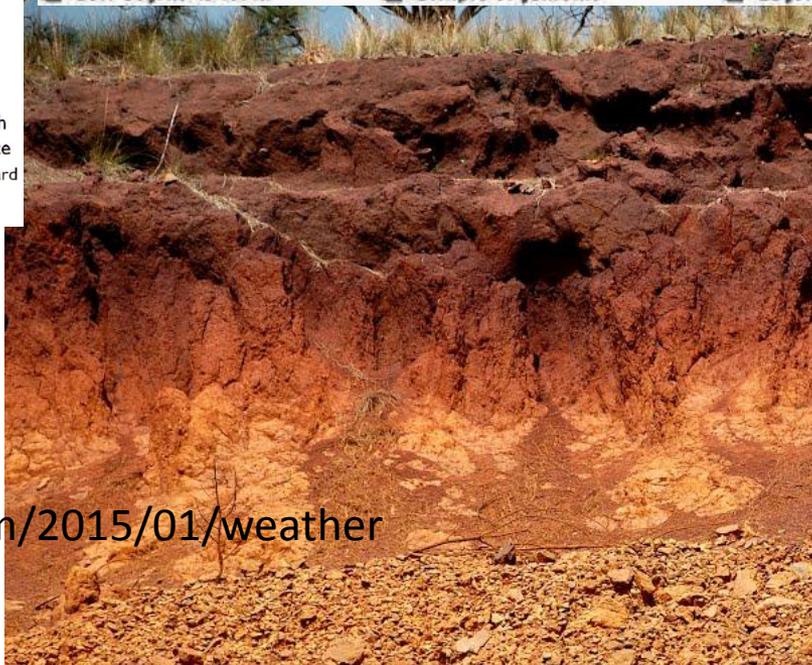
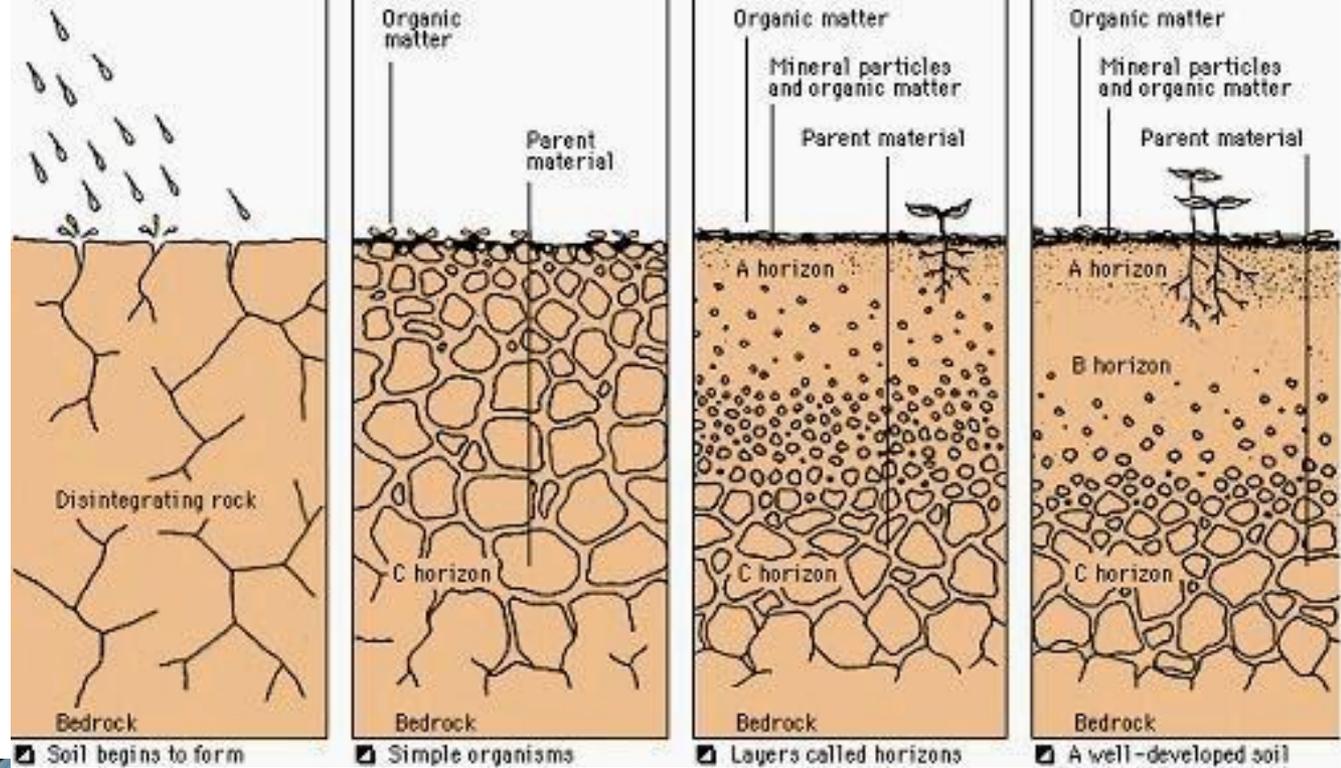
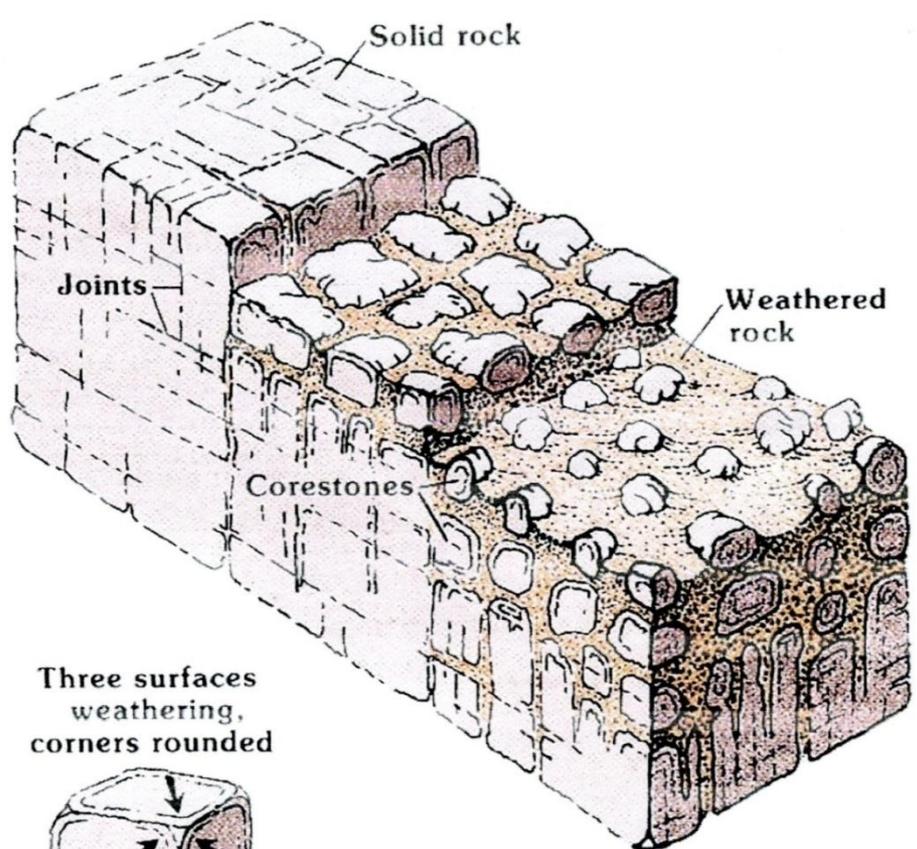
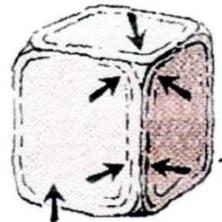


Figure 16.5 The general course of chemical reactions by which an iron-rich mineral, such as pyroxene, weathers in the presence of oxygen and water. [John Grotzinger/Ramón Rivera-Moret/Harvard Mineralogical Museum.]

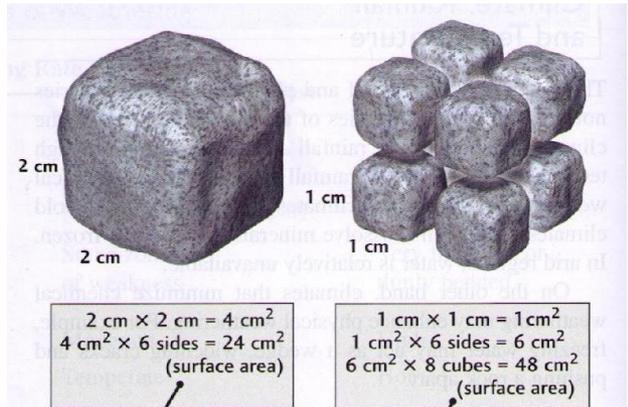


Three surfaces weathering, corners rounded

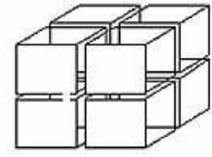


Two surfaces weathering, edges rounded

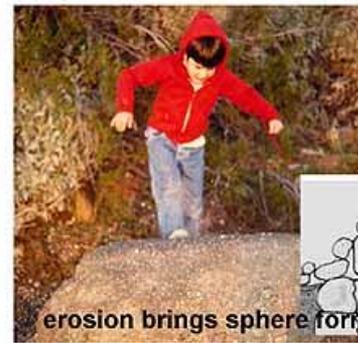
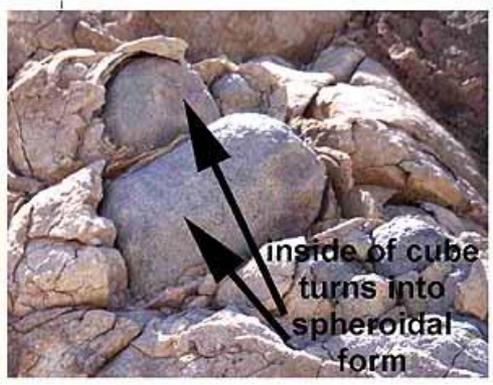
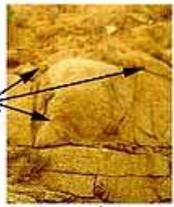
One surface weathering



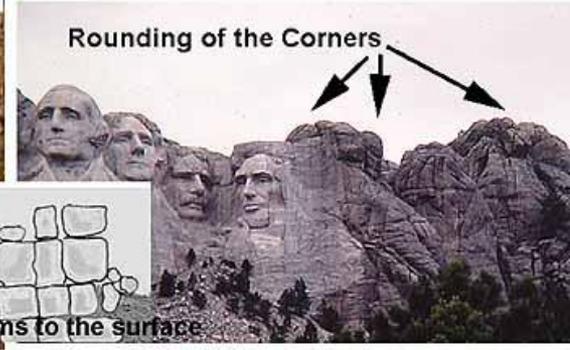
Start with joints on all sides of cube-ish shaped blocks

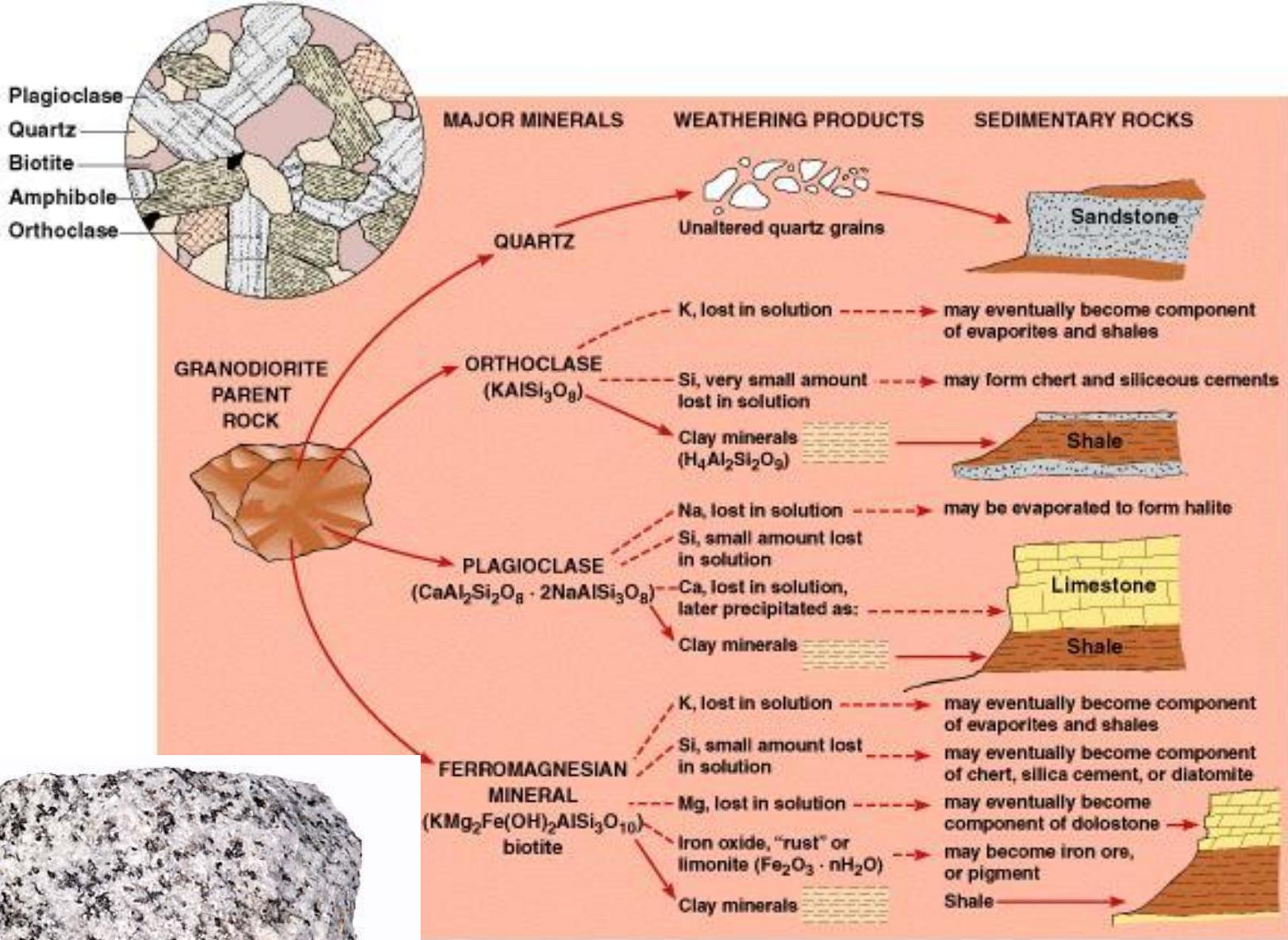


Corners weather first, giving sphere shape



erosion brings sphere forms to the surface





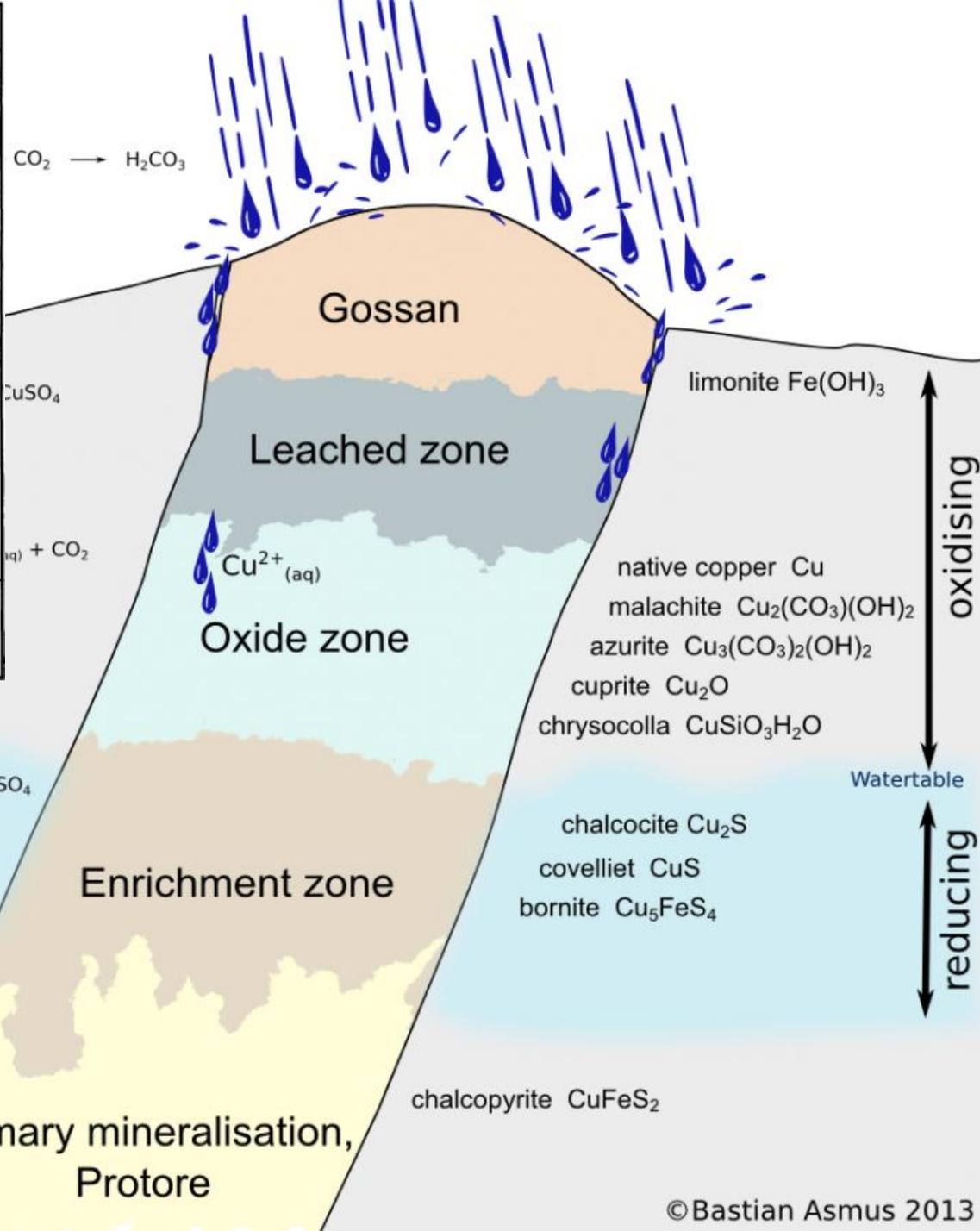
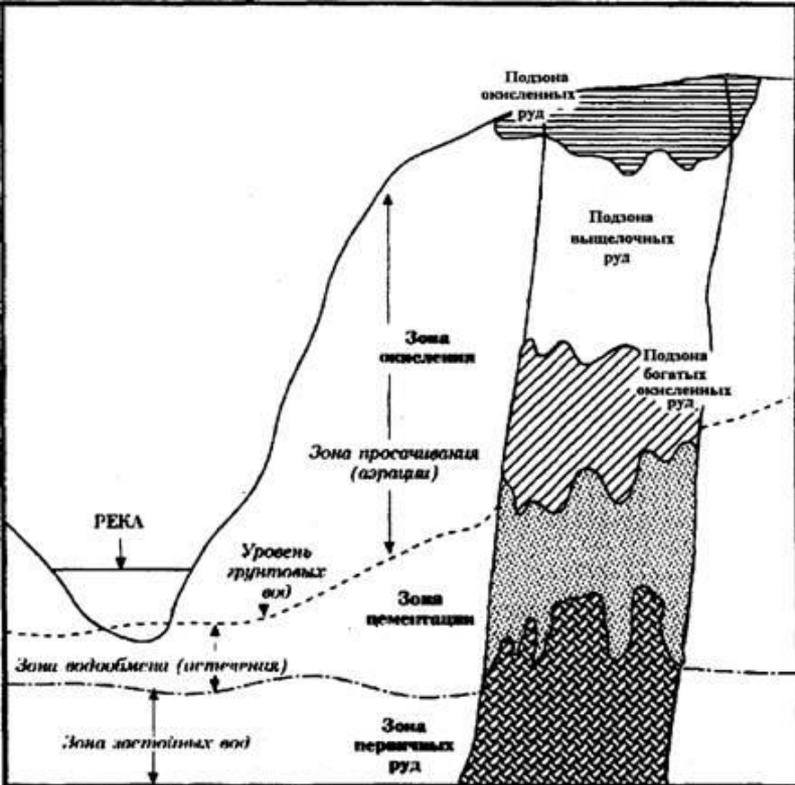
Granodiorite

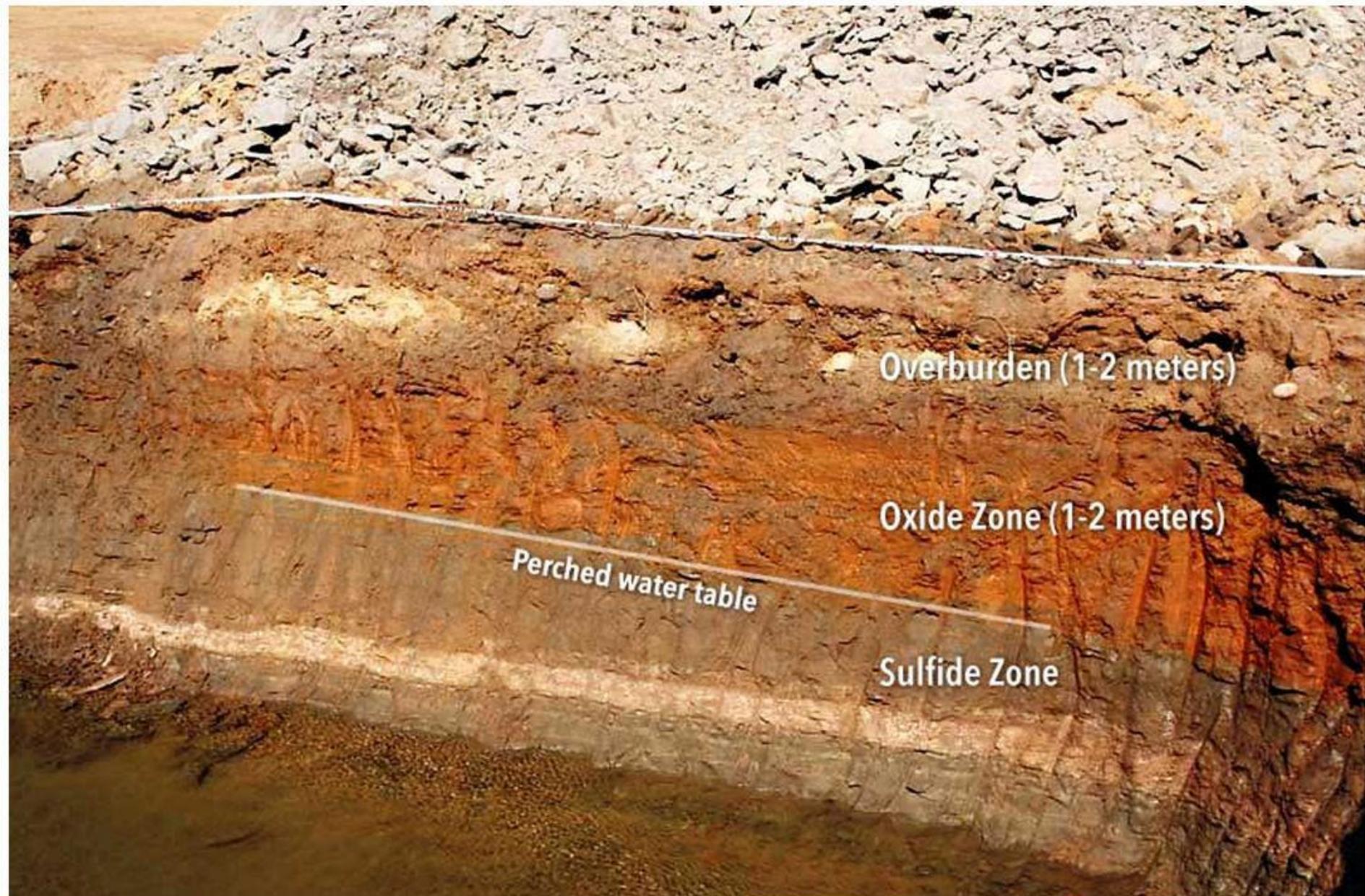


Геологическое значение кор выветривания

- Коры выветривания различаются по следующим геологическим критериям:
 - по геологическому возрасту (различают молодые и древние коры выветривания),
 - по степени рудоносности (рудоносные и безрудные).

С корами выветривания связаны многие месторождения полезных ископаемых (железных, алюминиевых, марганцевых руд, россыпей золота, платиноидов, алмазов и др.).





Overburden (1-2 meters)

Oxide Zone (1-2 meters)

Perched water table

Sulfide Zone