

# Экзогенные месторождения

## 1. Месторождения выветривания:

### 1.1. Остаточные месторождения (коры выветривания).

1.1.1. Собственно коры выветривания.

1.1.2. Зоны окисления месторождений.

### 1.2. Инфильтрационные месторождения.

## 2. Осадочные месторождения.

### 2.1. Механогенные осадочные месторождения и россыпи.

### 2.2. Хемогенные осадочные месторождения.

2.2.1. Месторождения, образованные из истинных растворов

2.2.2. Месторождения, образованные из коллоидных растворов.

2.2.3. Биохимические месторождения.

# Остаточные месторождения (коры выветривания).

Они включают месторождения бокситов (95% мировых запасов), Fe, Mn, Ni, Co, редких металлов, Au, каолина и другие полезные ископаемые.

Основная их часть связана с выветриванием в континентальных условиях.

Некоторые типы месторождений (бентонитовые глины, цеолиты), связаны с подводным выветриванием (гальмиролизом).



**Корой выветривания этих гранитов являются каолины Полоновского месторождения (Хмельницкая область).**





**Отработанные залежи каолина у пос. Сосновое (Ровенская область).**



**Изредка вторичные каолины залегают непосредственно под почвой.  
Окрестности пос. Любар, Житомирская область**



# Кора выветривания в районе пос. Аникино (фото А.Ялалтдиновой)





# Кора выветривания в районе Лагерного сада (фото А.Ялалтдиновой)







**Памятник природы Ново-Черемшанский карьер (Никелевый профиль коры выветривания), г.Верхний Уфалей**



**Выветривание** – неравновесный процесс изменения и разрушения минералов и горных пород на поверхности Земли под воздействием физических, химических и биологических факторов.

Учение о выветривании получило начальное развитие в трудах почвоведов (В.В. Докучаев, Б.Б. Плынов и др.). Процессы выветривания происходили и происходят непрерывно на всех континентах. Интенсивность выветривания зависит от многих факторов и неодинакова для разных периодов развития земной коры. Интенсивное континентальное выветривание приводит к формированию специфических геологических формаций – формаций кор выветривания.

В истории земной коры выделяют эпохи наиболее активного корообразования, когда совокупное действие благоприятных факторов приводило в формированию мощных кор выветривания.

Основные факторы, обуславливающие формирование коры выветривания – климат, геологическое строение территории, геоморфологические особенности, тектоническая активность.

Основными агентами преобразования горных пород в коре выветривания являются вода, кислород, углекислота, различные кислоты, микроорганизмы, температура.



**Вода** – один из наиболее важных агентов выветривания. Она осуществляет **растворение, перенос и отложение** природных химических соединений в коре выветривания, растворение активных агентов и доставку их на участки преобразования горных пород, разложение минералов материнской породы при гидратации и гидролизе, регулирование физико-химической обстановки процессов преобразования горных пород в корах выветривания путем изменения кислотности-щелочности (рН), окислительно-восстановительного потенциала (Еh) и химического состава растворенных в ней веществ.

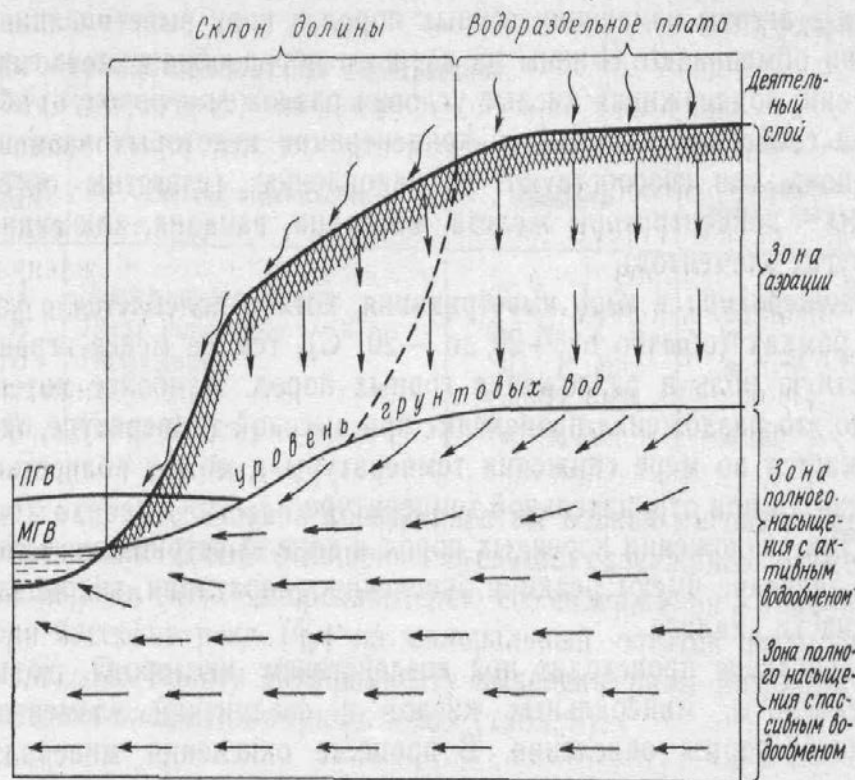


Рис. 83. Схема циркуляции подземных вод при благоприятных условиях инфильтрации осадков. По А. Лыкошину (с добавлениями).

Горизонты речной воды: ПГВ – паводковый, МГВ – меженный

Главным источником воды в корах выветривания являются **атмосферные осадки** (метеорные воды). При подземной циркуляции метеорные воды проходят через три зоны: 1 – аэрации, или просачивания; 2 – полного насыщения с активным водообменом; 3 – полного насыщения с замедленным водообменом.

**Кислород**, как и вода, играет важную роль в процессах окисления, имеющих большое значение при образовании коры выветривания. В этих процессах участвует кислород атмосферы, растворенный в воде кислород, а также кислород минеральных соединений окислительно-восстановительных реакций.

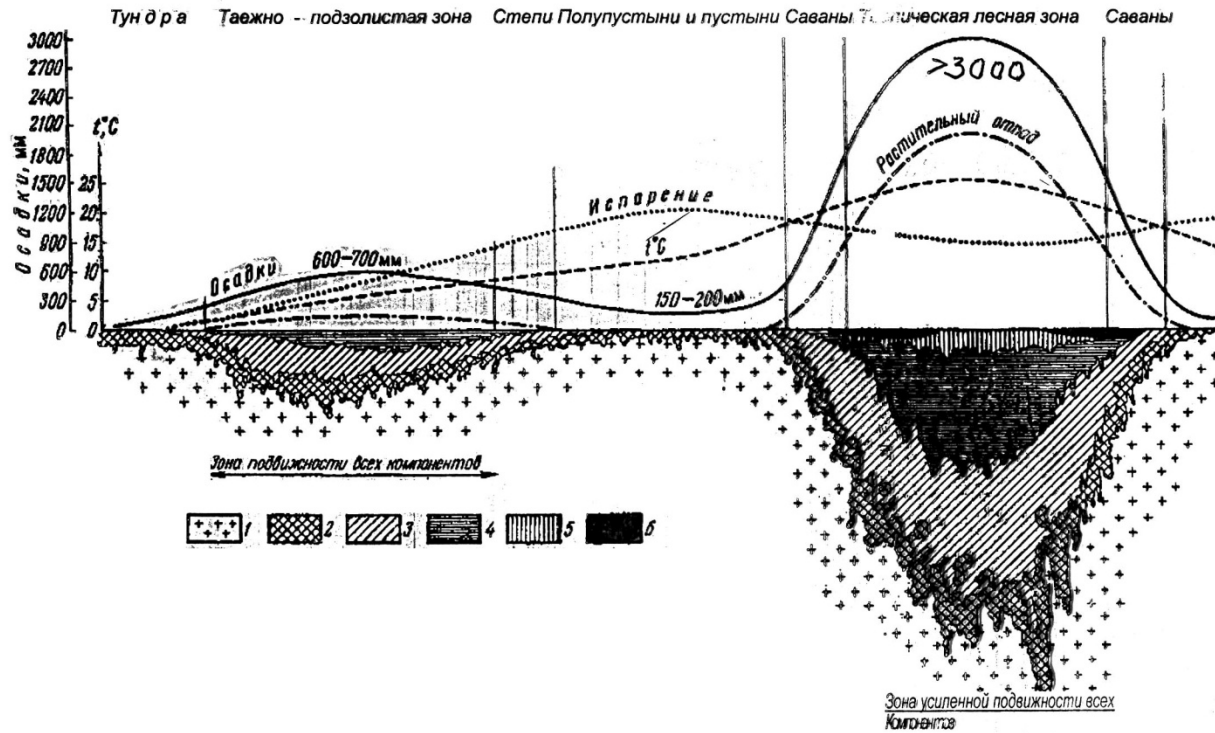
**Углекислота и другие кислоты** органического и неорганического происхождения активно участвуют в процессах окисления, интенсифицируют процесс разложения горных пород в коре выветривания, придавая ему определенную направленность.

Как показывают современные исследования, особая роль в разрушении горных пород принадлежит **микроорганизмам**. Микроорганизмы, главным образом бактерии, регенерируют кислород, углекислоту и ряд органических кислот, поставляя эти важнейшие агенты выветривания в кору выветривания. Они обменивают ионы водорода на катионы породообразующих соединений, поддерживая кислые условия разложения пород, способствуют избирательному накоплению отдельных химических элементов в коре выветривания.

**Температура** в коре выветривания, хотя и колеблется в узких пределах (обычно от +20 до -20°C), но играет важную роль в разложении горных пород. Наиболее интенсивно разложение происходит при высокой температуре. По мере снижения температуры оно снижается и при минусовых значениях может почти полностью затихать



# Роль климата



Региональная зональность коры выветривания в меридиональном сечении. По Н. Страхову.

1 — свежая порода; 1-6 зоны коры выветривания: 2-дресвы, химически мало изменённой, 3—гидрслюдисто-монтмориллонит-байделлитовая, 4 - каолинитовая; 5 — охры ( $Al_2O_3$ ); 6 — панцирь ( $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ )-«железная шляпа»

## Главные процессы, приводящие к разложению минералов в коре выветривания:

- Окислительно-восстановительные реакции, происходящие за счет основных потенциальных компонентов (U, S, Fe, C).
- Реакции обмена, происходящие из-за изменения состава и кислотно-щелочных условий (нарушения равновесия).
- Гидролиз безводных соединений.
- Микробиальная деятельность.
- Явления сорбции и десорбции.

Конечными продуктами глубокого химического выветривания являются глинистые минералы, простые окислы и гидроокислы. Кроме них, смогут формироваться карбонаты, сульфаты и сульфиды, фосфаты. Всё это новообразованные минералы, обычно дисперсной фазы.

**Следовательно** *кора выветривания представляет собой сложный агрегат глинистых новообразований с различной примесью устойчивых реликтовых минералов песчано-алевритовой размерности и обломками неразложившихся коренных пород.*



В этих условиях разные минералы ведут себя по-разному. По степени устойчивости выделяют 4 группы минералов. (по Кухаренко, Мильнеру).

Группы минералов	Породообразование	Акцессорное
1. Весьма устойчивые	Кварц	Хромшпиннелид, топаз, турмалин, апатит, лимонит, рутил, шпинель, Pt, Os, Au, Ir, циркон, корунд, алмаз.
2. Устойчивые	Мусковит, ортоклаз, микроклин, кислые плагиоклазы.	Гранаты, магнетит, колумбит, танталит, сфен, силлиманит, дистен, барит, торианит, перовскит, ильменит, ксенотим, монацит, касситерит, андалузит.
3. Малоустойчивые	амфиболы, пироксены.	Вольфрамит, шеелит, апатит, андрадит, гроссуляр, ортит, цоизит, ставролит.
4. Неустойчивые	Основные плагиоклазы, биотит, щелочные амфиболы, авгит, оливин, глауконит, гипс, кальцит, доломит.	Сульфиды.

В результате разложения минеральной массы коренных пород и избирательной миграции химических элементов возникают различные профили выветривания:

***гидрослюдистый или насыщенный сиалитный;  
глинистый или ненасыщенный сиалитный;  
латеритный или алитный.***

**Гидрослюдистый профиль** коры выветривания характеризуется изменением силикатов при участии гидратного и гидролизного преобразования без существенной миграции кремнезема. Типоморфными минералами этого профиля являются гидрослюды и гидрохлориты, монтмориллонит и бейделлит.

**Глинистый профиль** отличается дефицитом кремнезема, частично удаленным из коры выветривания. Типоморфные минералы представлены каолинитом, галлуазитом, нонтронитом.

**Латеритный профиль** при полном или почти полном разрушении связей между глиноземом и кремнеземом и интенсивным выносом последнего из коры выветривания. Типоморфные минералы представлены гидроксидами алюминия, оксидами и гидроксидами железа.





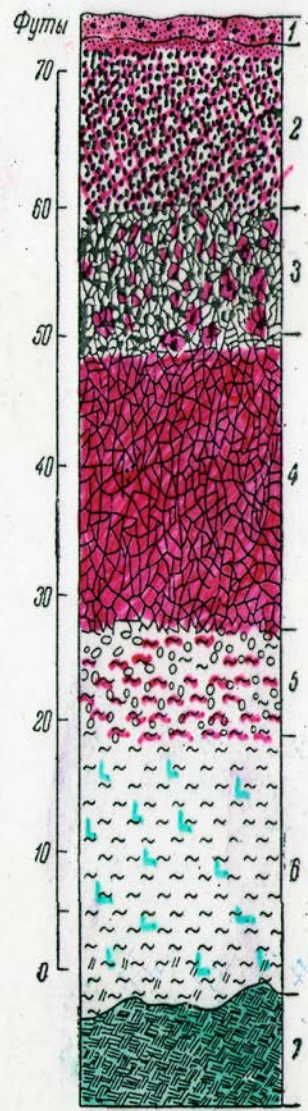


Рис. 1. Вертикальный разрез месторождения бокситов Индии. По Е. Хардеру.

1 – красная почва с обломками боксита; 2 – железистый латерит; 3 – железистый боксит; 4 – боксит; 5 – литомаржевый боксит; 6 – литомарж; 7 – свежий базальт.

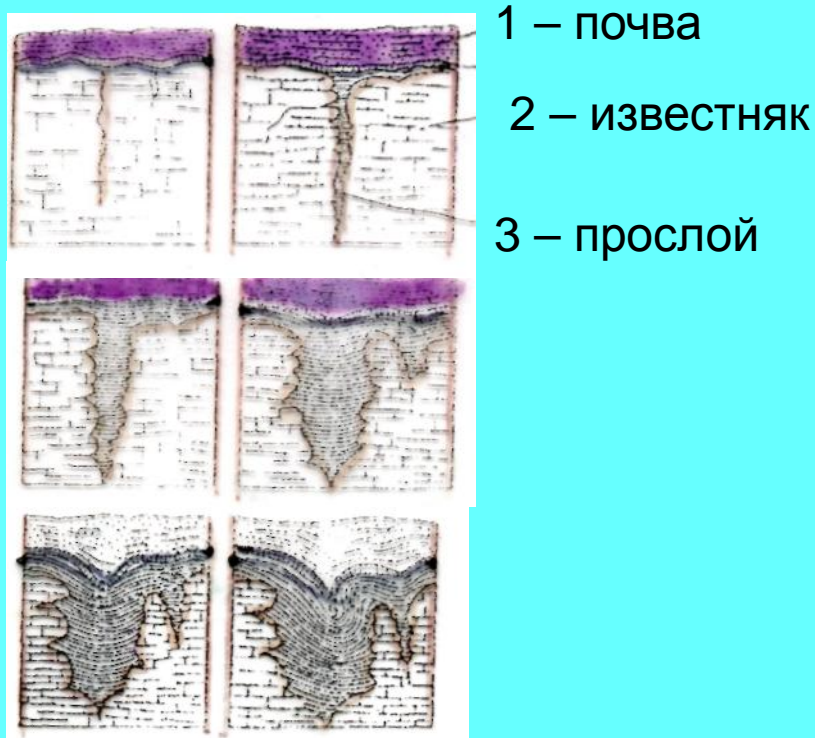


Схема формирования апатитовых месторождений выветривания в США.

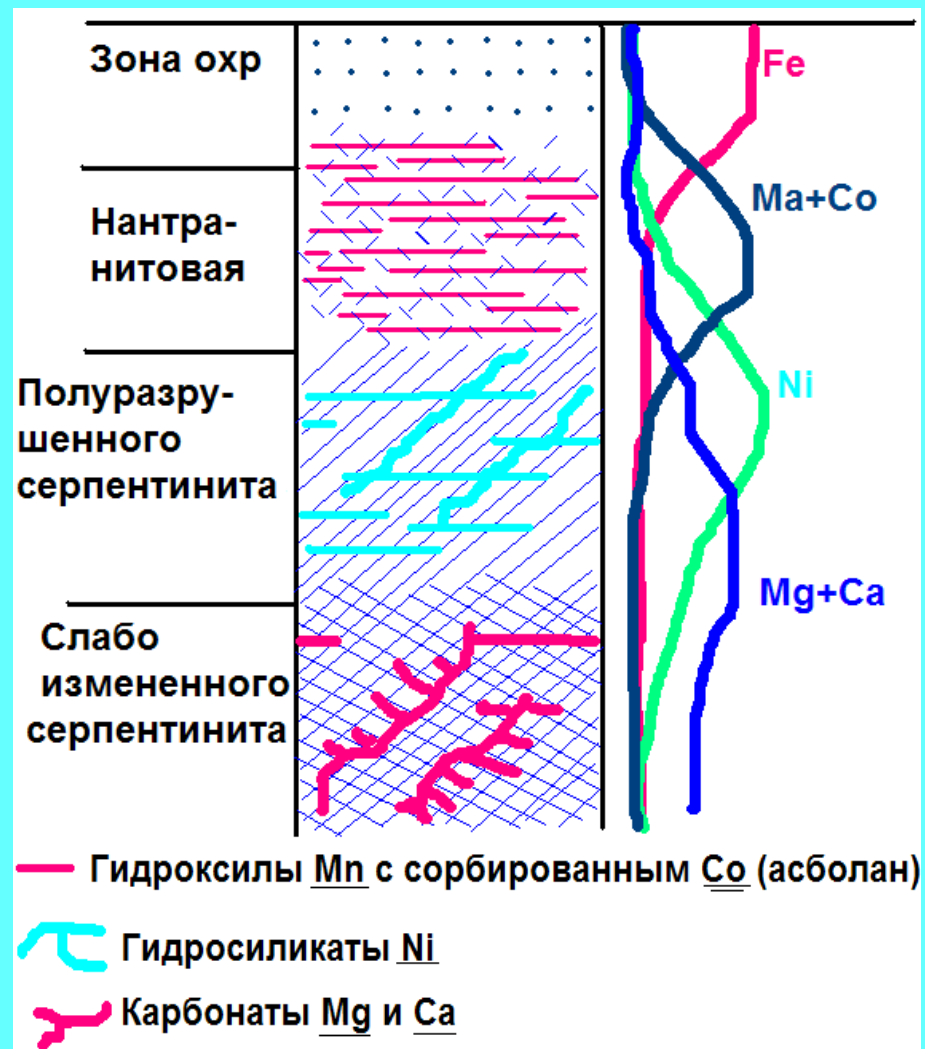


Схема зонального строения остаточного месторождения силикатных никелевых руд в коре выветривания серпентинитов

## Связь первичных пород и полезных ископаемых, сформированных в корях выветривания

Исходные породы	Полезные ископаемые	Примеры месторождений
1 Богатые глиноземом базальты, габбро, щелочные породы и кристаллические сланцы	Бокситы	Боке (Гвинея)
Ультрабазиты	Ni, Co, Fe, Магнетит, Ильменит	Майари (Куба), Халиловское (Россия), Волынское (Украина)
Габбро-анортозиты Железистые кварциты	Fe	Михайловское (Россия)
Гондиты, марганцевоносные метаморфические сланцы	Mn	Постмасбургское (ЮАР)
Лейкократовые граниты	Каолин	Васильковское (Казахстан)
Карбонатиты	Nb, Zr, TR	Араша (Бразилия)
1 Редкометалльные щелочные граниты	Ta, Nb, Th	Плато Джое (Нигерия)
Гидротермальные полиметаллические месторождения базальтоидного класса (колчеданные) Золотоносные и/ березиты	Au	Майкаин (Казахстан)
Оталькованные доломиты и кремнисто-известковые породы	Тальк и маршаллит	Алгуйское (Россия)
Фосфоритоносные доломиты	Фосфорит	Телекское (Россия)
Содержащие фосфор и медь пиритоносные черные сланцы	Бирюза	Бирюзокан (Узбекистан)



## Полезные компоненты кор выветривания по минеральным группам

<b>Группа минералов</b>	<b>Полезные ископаемые</b>
<b>Первично – устойчивые</b>	Элювиальные россыпи, строительный камень, маршаллит.
<b>Первично – неустойчивые</b>	Угли, обогащенные U и редкими элементами
<b>Новообразованные</b>	Бокситы, керамические и бентонитовые глины, каолин, Fe, Mn, Co, Ni, редкие металлы, магнезит, фосфориты, тальк, камнесамоцветное сырьё (бирюза, халцедон, хризопраз), природные красители.

# Поверхностные изменения месторождений полезных ископаемых (зона окисления месторождений)

- Факторы, влияющие на интенсивность процессов окисления:

## **1 Региональные:**

1.1 Климатические

1.2 Морфолого-тектонические

1.3 Общие особенности минерации

1.4 Общие особенности химизма вод

## **2 Локальные:**

2.1 Минеральный состав руд

2.2 Состав вмещающих пород

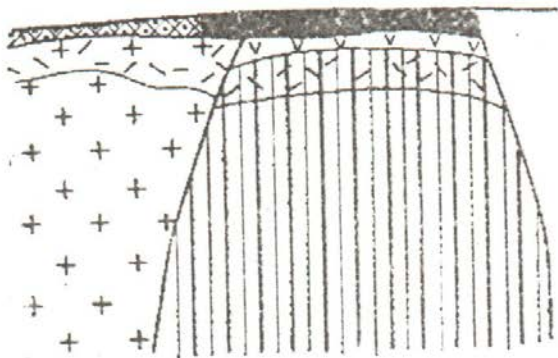
2.3 Условия залегания месторождения

# Смирнов В.И. все месторождения металлических П.И. разделил на 4 группы по особенностям развития зоны окисления

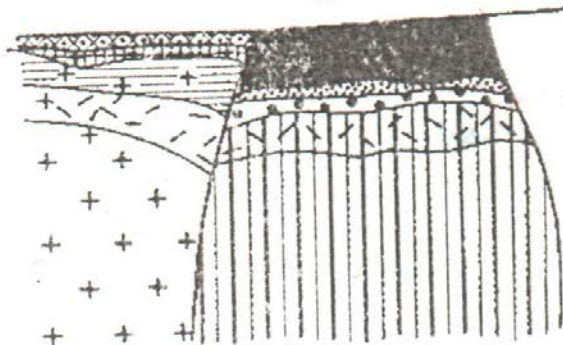
Группа месторождений	Типичные минералы первичных руд	Типичные минералы окисленных руд	Строение зон окисления
1. Изменяющиеся и слабо изменяющиеся	Оксиды и гидроксиды Fe и Mn, бокситы, хромит, касситерит, вольфрамит, шеелит киноварь, Au, Pt и ЭПГ		
2. Изменяющиеся без выноса металлов	Карбонатные руды Fe, Mn, Pb, As, Sb, Bi, ильменит	Гидрогетит, гетит, гидрогематит (лимонит), гидроокислы Mn, англезит церуссит, Pb охры, смитсонит, скородит, бисмутин, брукиит, анатаз, рутил, лейкоксен	Хорошо выражена верхняя подзона окисления
3. С изменением состава и выносом металлов	Сульфиды и арсениды Zn, Cu, Ni, Co, Mo. Au в сульфидах, настуран, коффинит, руды эндогенных местор. В	Смитсонит, каламин, церуссит, англезит, малахит, куприт, тенорит, халькозин, хризоколла, ковеллин, уранофан, сульфаты и карбонаты уранила, урановые черни, аннабергит, эритрин	Отчетливые зоны сверху вниз: Fe шляпы – выщелачивания (пиритовой, баритовой сыпучки)– вторичного сульфидного обогащения – неизмененных руд
4. С изменением состава и накоплением металлов, отсутствующих в первичных рудах	Сульфиды Pb	Вульфенит, ванадинит, церуссит, англезит	Развитая зона окисления с привносом Mo и V грунтовыми водами



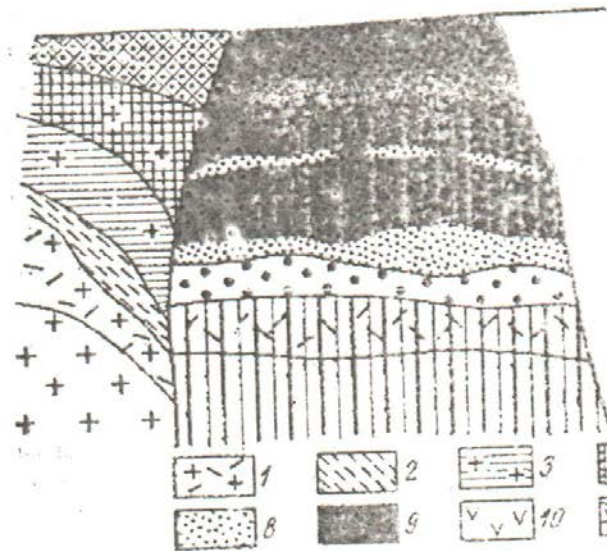
I



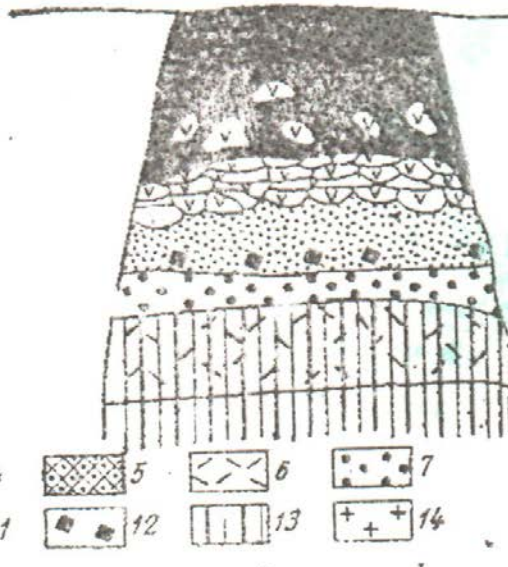
II



III



IV



I – холодный климат  
(многолетняя мерзлота)  
II – умеренно влажный  
климат

III – теплый влажный климат  
IV – сухой полупустынный  
климат

**Зоны коры выветривания:**

1- дезинтеграции, 2-  
серицита и гидрослюд, 3-  
гидрослюд, 4-каолинита, 5-  
охр.

**Подзоны железной шляпы:**  
6-дезинтеграции и цементации,  
7-сульфидной сыпучки, 8-  
баритовой сыпучки, 9-бурых  
железняков, 10-сульфаты, 11-  
ярозиты, 12-галогены, 13-  
колчедан, 14-альбитофиры

Влияние климатических условий на формирование зоны окисления колчеданной залежи





