

# Зона окисления месторождений

# 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.

# 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

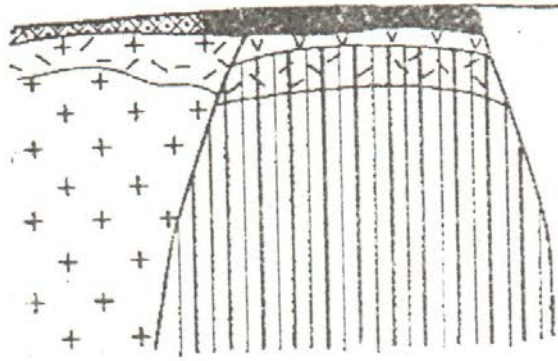
## **2 Локальные:**

- 2.1 Минеральный состав руд
- 2.2 Состав вмещающих пород
- 2.3 Условия залегания месторождения

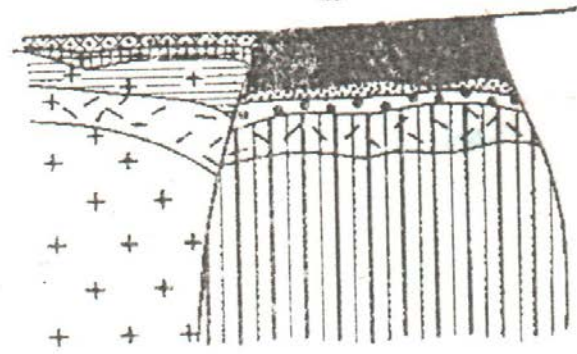
# Смирнов В.И. все месторождения металлических П.И. разделил на 4 группы по особенностям развития зоны окисления

Группа месторождений	Типичные минералы первичных руд	Типичные минералы окисленных руд	Строение зон окисления
<b>1. Изменяющиеся и слабо изменяющиеся</b>	Оксиды и гидроксиды Fe и Mn, бокситы, хромит, касситерит, вольфрамит, шеелит киноварь, Au, Pt и ЭПГ		
<b>2. Изменяющиеся без выноса металлов</b>	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
<b>3. С изменением состава и выносом металлов</b>	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
<b>4. С изменением состава и накоплением металлов, отсутствующих в первичных рудах</b>	Сульфиды Pb	Вульфенит, ванадинит, церуссит, англезит	Развитая зона окисления с привносом Mo и V грунтовыми водами

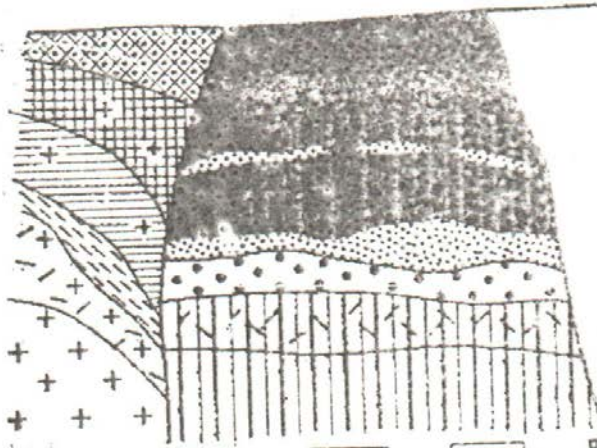
I



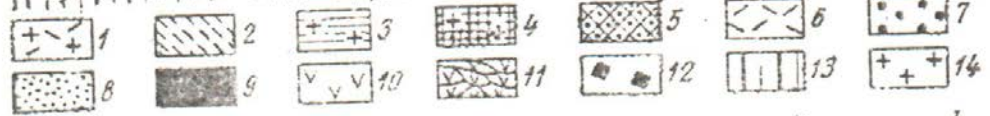
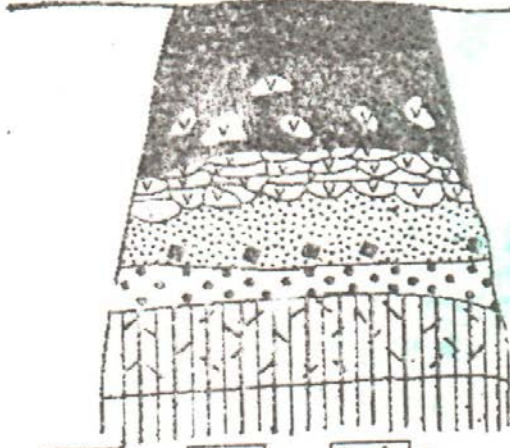
II



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

# Разложение сульфидов (по В.И. Смирнову)

## Пирит

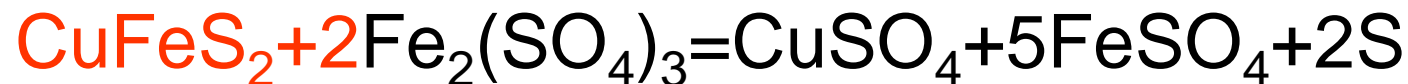
- 1)  $2\text{FeS}_2 + 7\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$
- 2)  $4\text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2 = 2\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4$

Окисленный сульфат железа способствует окислению других сульфидов:

## Халькопирит

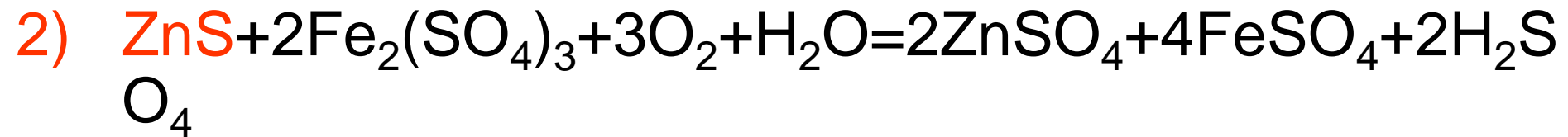
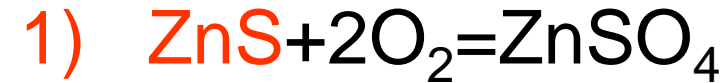


Интенсивно идет при наличии окисного сульфата железа



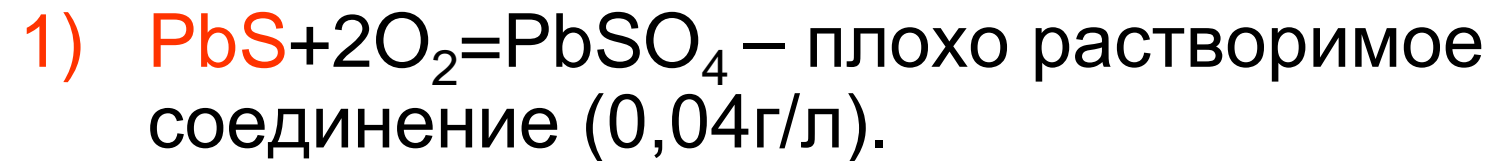
$\text{CuSO}_4$  прекрасно растворяется в воде (172г/л) и медь мигрирует. Если встречается  $\text{CO}_2$ , образуются карбонаты меди (малахит, азурит)

## Сфалерит



$ZnSO_4$  прекрасно растворяется в воде (531г/л) и весь цинк мигрирует. Если встречается  $CO_2$ , может образоваться карбонат смитсонит ( $ZnCO_3$ ). Иногда образуется каламин ( $Zn_4SiO_7(OH)_2 \cdot 2(H_2O)$ )

## Галенит



Покрывает галенит “рубашкой” и предохраняет его от дальнейшего окисления.

# Стадии развития зоны окисления

- 1) до начала окисления пирита. Среда нейтральная, щелочная
- 2) во время окисления пирита. Среда кислая ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ )
- 3) после окончания окисления пирита



# Стадии превращений

**Пирит ( $\text{FeS}_2$ )**-мелантерит ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )-  
фиброферрит ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ )-ярозит ( $\text{KFe}_3(\text{OH})_6$   
( $\text{SO}_4$ )<sub>2</sub>) – лимонит ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ )

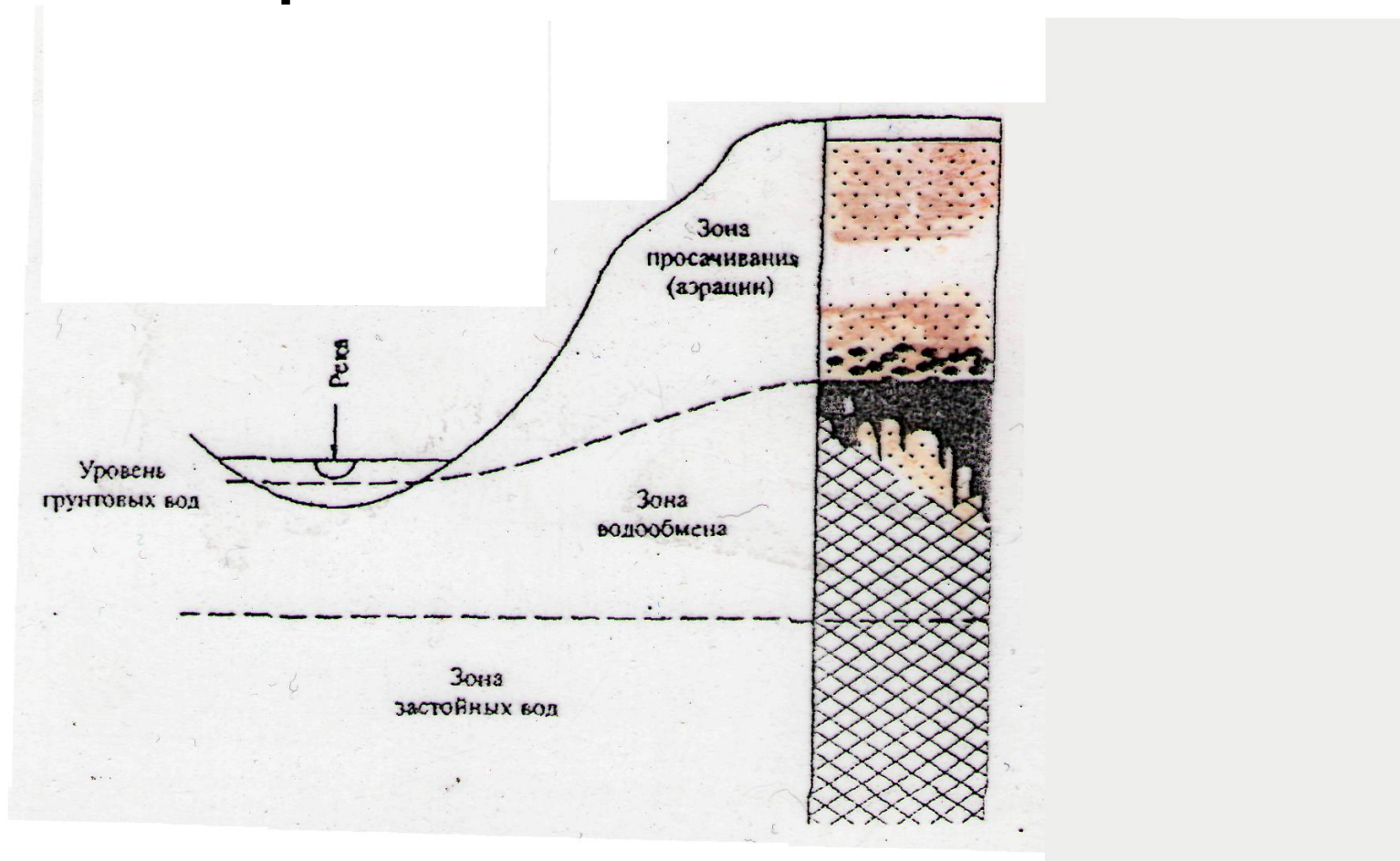
**Халькопирит ( $\text{CuFeS}_2$ )**-борнит ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) -ковеллин  
( $\text{CuS}$ ) -халькозин ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) -брошантит ( $\text{Cu}_4(\text{OH})_6$   
 $\text{SO}_4$ ) -малахит ( $\text{Cu}_2(\text{OH})_2 \text{CO}_3$ ) –хризоколла

**Молибденит ( $\text{MoS}_2$ )**- ильземанит  
( $(\text{MoO}_2)_2\text{SO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )- молибдит ( $\text{MoO}_3$ )-повеллит  
( $\text{CuMoO}_4$ ) -вульфенит ( $\text{PbMoO}_4$ )

# Изменения вмещающих пород при развитии окисления по сульфидным рудам

- 1) Отбеливание пород
- 2) **Лимонитизация**
- 3) Поверхностное окремнение (опаловые породы)
- 4) **Дезинтеграция пород** (проседание, обрушение, особенно в тех случаях, когда есть подзоны выщелачивания)

# Строение зоны окисления



**Рис. Модель зональности окисления сульфидных рудных тел. По В.И. Смирнову.**

*Крап на колонке: точки в верхней части — подзона окисдных руд; белое — подзона выщелоченных руд; жирные точки — подзона богатых окисдных руд; черное — зона вторичного обогащения; в клеточку — зона первичных руд*

# **Строение зоны окисления сульфидных месторождений:**

**1 – поверхностный слой;**

**2 – подзона окисленных руд;**

**3 – подзона окисленных выщелоченных руд;**

**4 – подзона богатых окисленных руд**

Ниже расположена **вторичного сульфидного обогащения**, переходящая в **зону первичных руд**.

Зона вторичного сульфидного обогащения представляет собой зону, резко обогащенную металлом за счет его выноса из верхних горизонтов. Привнесенный металл откладывается **в форме сульфидов**

Мощность зоны вторичного обогащения может достигать сотен метров (420 м – месторождение Бингем, США). Это источник богатых руд.

Даже слабоподвижные Au и Ag при окислении сульфидных руд могут увеличивать концентрации в 20-25 раз.



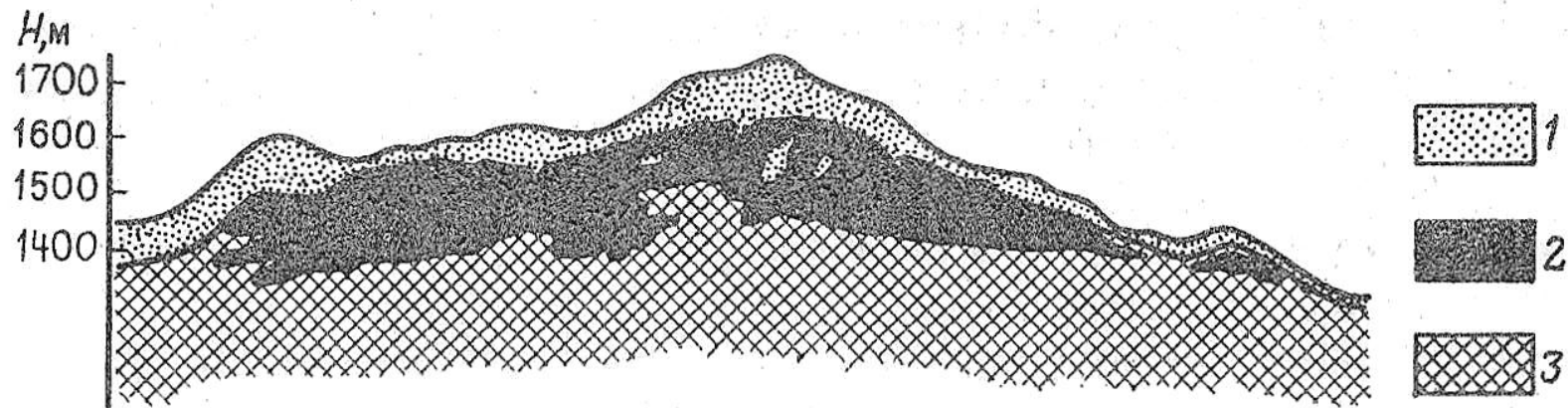


Рис. 88. Соотношение зон окисленных, вторичных сульфидных и первичных руд в поперечном разрезе месторождения Ла Каридад, Мексика. По В. Саегарту и др.

Зоны руд: 1 — окисленных, 2 — вторичных сульфидных, 3 — первичных сульфидных