

Teorie vzniku ložisek , jejich podstata a hlavní rysy

Ložiskotvorné procesy – geneze
Minerogenetic processes and theories

Od morfologie ke genezi

Počátky poznávání charakteru procesů souvisí s morfologickou klasifikací, sbíráním dat o tvarech, texturách, vztahu minerálních agregátů k okolí aj. - deskriptivní modely, a přechod ke genetickým modelům

F. Pošepný

1836-1895



W.Lindgren, klasifikace 1933

1860-1939



Vztah minerálních agregátů k okolí

- ⇒ epigenetické tvary (diskordantní tělesa)
- ⇒ syngenetické tvary (konkordantní tělesa)

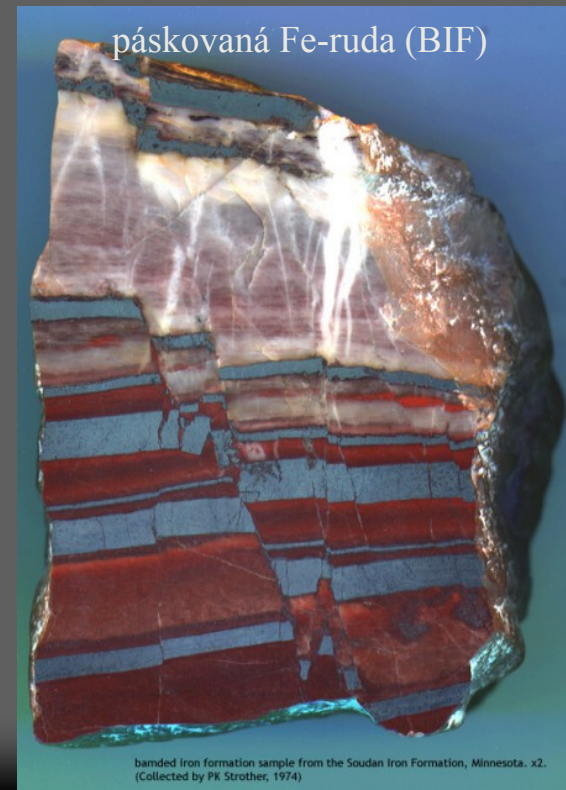
doplněno texturami a strukturami:

(skripta Češková 1977, Rozložník et al. 1987)

masívní, vtroušeninová, páskovaná, kokardovitá, drůzovitá, deformační-brekciovitá, ...

Řešením těchto vztahů můžeme dedukovat mechanismus tvorby akumulací minerálů:

1. krystalizace z tavenin
2. srážení z vodných, resp. fluidních roztoků
3. sedimentací
4. zvětráváním
5. vyplňováním pórů v horninách – kapaliny (ropa, voda), plyny



alteration of wall-rock

Alterace bočních hornin

projevuje se změnami:

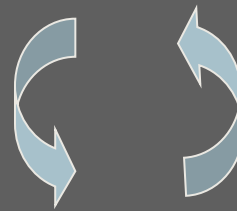
- ⇒ · barvy
- ⇒ · textury
- ⇒ · minerálního složení
- ⇒ · chemického složení



alterace hydrooxidů Fe okolo kalcit-barytové žíly, Dřínová, Tišnov

Alterace je způsobována migrací fluid horninami:

1. hypogenní – ascendentní fluida - vystupující
2. supergenní – descendentní roztoky - sestupující



P-T-x

Alterace živců

alteration of feldspar

alterace K-živce – muskovit (sericit) – (kaolinit)



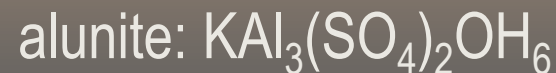
Další alterace:

different types of alteration

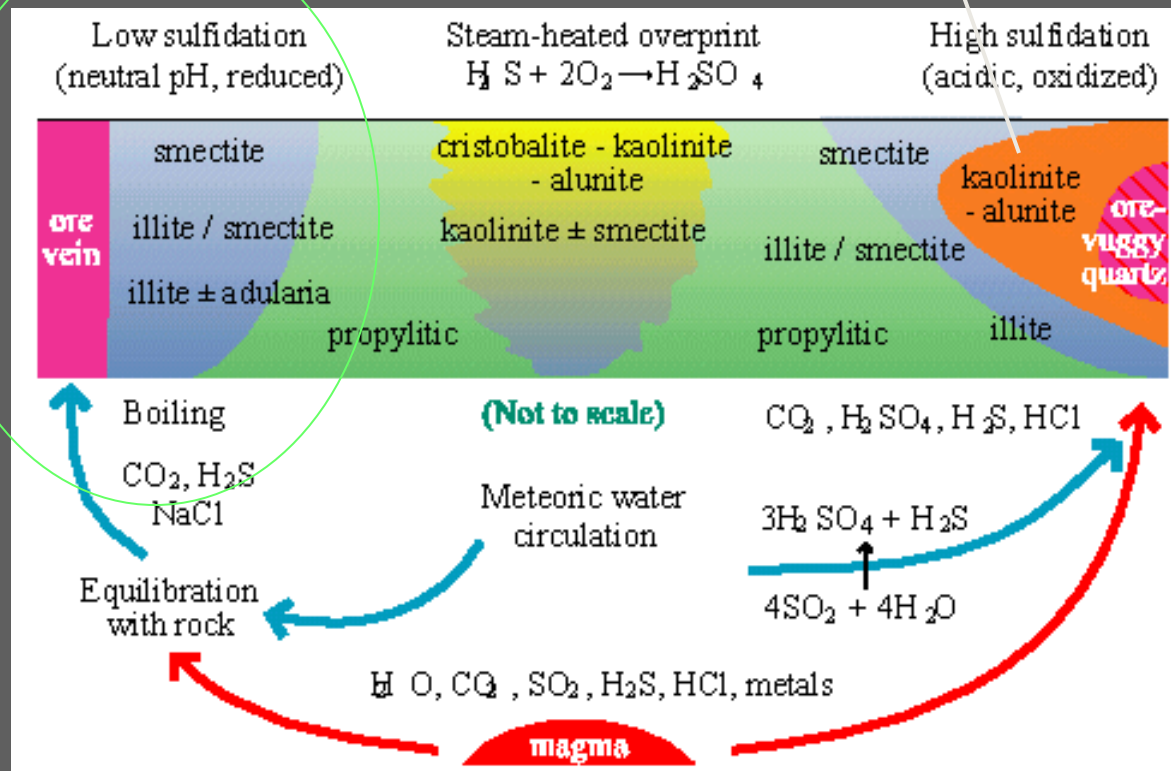
argilitizace, sericitizace, propylitizace, chloritizace, karbonatizace (dolomitizace), K-alterace, silicifikace, turmalinitizace, greisenizace, hematitizace, ...

(Smirnov 1983: str.284)

Alteration - clays



níže teplotní systém,
míchání fluid, interakce s horninami



Use of "Clay" mineralogy to distinguish origin of deposit as hydrothermal (s.s.), Kuroko or epithermal

Význam alterací

- ⇒ pro další poznávání vývoje roztoků
- ⇒ pro vyhledávání ložisek
- ⇒ datování např. sericitu z alterací – tím i datování procesu a proto i vlastního ložiska

Importance of alteration –
for exploration, dating of
process, ...

Klasifikace teorií 1

hlavní ložiskotvorné teorie

<i>teorie</i>	<i>charakter procesů</i>	<i>příklad</i>
magmatická krystalizace	<i>krystalizace</i> – srážení z magmatické taveniny – rozptýlená zrna nebo agregáty	REE-minerály v karbonatitech Li-minerály, živce v pegmatitech
magmatická segregace	<i>separace frakční krystalizací</i>	chromity (Great Dyke, Bushveld)
	<i>likvace</i>	Cu-Ni Ti ±V±Fe (?)
hydrotermální	<i>srážení z hydrotermálních fluidních fází, které mohou mít různý zdroj:</i> <ul style="list-style-type: none">◆ magmatický◆ metamorfní◆ vadózní◆ sedimentární◆ meteorický◆ mořský ... <div style="background-color: #808080; color: green; padding: 2px; display: inline-block; margin-left: 20px;">zdroj vody</div>	metasomatóza (difúze, infiltrace – na krátké vzdálenosti – cement. zóny, na větší vzdálenosti) exhalační sedimentace

Klasifikace teorií 2

hlavní ložiskotvorné teorie

<i>teorie</i>	<i>charakter procesů</i>	<i>příklad</i>
laterální sekrece	difúze minerálních komponent z okolních hornin do otevřených struktur	„alpské“ žíly, Au-křemenné žíly
metamorfní	<i>rekrytalizace i migrace fluid</i> během kontaktní a regionální metamorfózy	pyrometasomatóza (magnetitový skarn) mastek
mechanická akumulace	sedimentace klastických a organických částic	štěrkopísky jíly rýžoviska Au a těžkých min. uhlí (s přeměnou org.hmoty)
chemogenní sedimentace	srážení sloučenin hlavně v hydrosféře z relativně chladných roztoků	evapority BIF
reziduální (koncentrace a přeměny zvětráváním)	odnos-louhování nestabilních komponent a relativní koncentrace stabilních, novotvořených a nerozpustných	Ni-laterity

Klasifikace teorií 3

hlavní ložiskotvorné teorie

<i>teorie</i>	<i>charakter procesů</i>	<i>příklad</i>
transformace org.hmoty	vznik uhlovodíků a migrace do místa uložení	akumulace ropy, zemního plynu

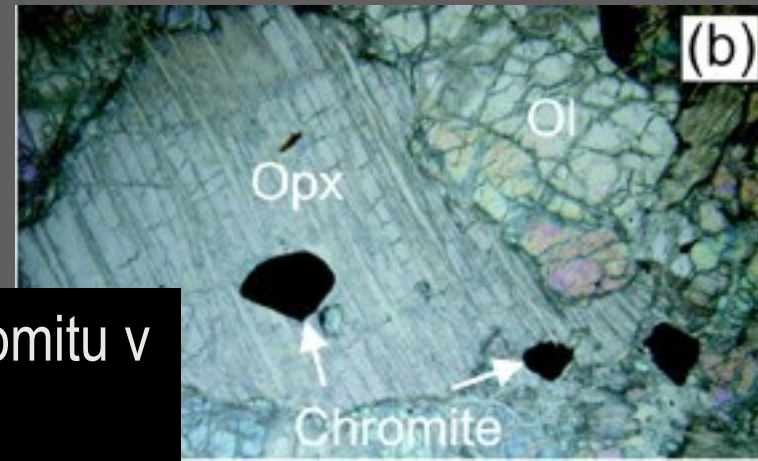
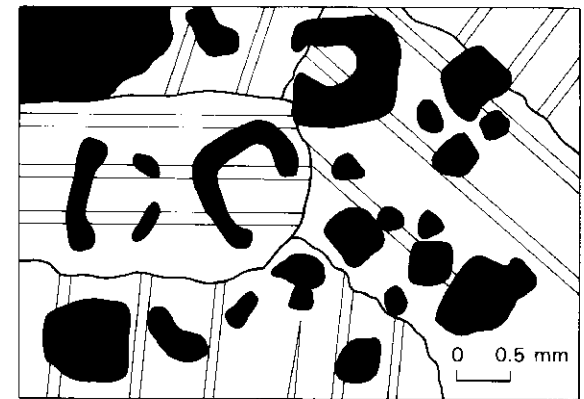
Magmatická krystalizace

ultrabazické a bazické horniny
alkalické horniny
granitické pegmatity

REE-minerály v karbonatitech, chromity v ultrabazikách
(podiformní tělesa v oceánských bazaltech, ofiolitové
formace),
= vtroušeninové textury, příp. až masivní

vtroušeniny chromitu v
dunitu

Fig. 5.1 Chromite grains in anorthosite, Bushveld Complex, R.S.A. The chromites are euhedral crystals which have undergone partial resorption, producing rounded grains of various shapes, including atoll texture.



Magmatická segregace

ultrabazické horniny
(nízké obsahy Si - nízká viskozita
- podmínky segregace fází)

segregace krystalovaných fází
- vznik hornin (kumuláty)

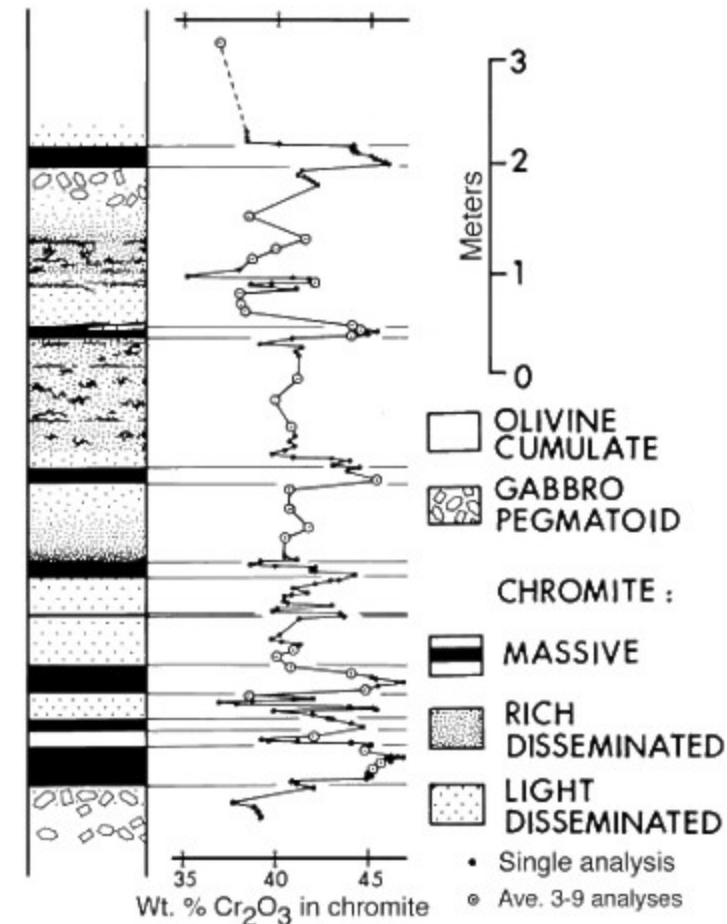
krystalizace - vtoušeninové až masivní
textury chromitu v pravidelných
polohách

likvace: segregace **tavenin** - nemísitelnost
Cu-Ni - rudy

pozn.: segregace: oddělování, rozdělování, vylučování

STILLWATER COMPLEX

G CHROMITE SEAM



Magnetit - Bushveld



Coarse-grained recrystallised magnetite cumulate, Main Magnetite layer, Magnet Heights, Eastern Bushveld

Chromit v anortositu

UG1 footwall, thin chromite seams within anorthosite, Dwars River, Eastern Bushveld



Chromit v anortositu



UG1 footwall chromite seams in anorthosite, Impala Platinum Mines, Western Bushveld

Chromit a pyroxenite



LG chromites and pyroxenites, Jagdlust, Eastern Bushveld

RUSTENBURG LAYERED SUITE
field and Underground Photographs

LZ = Lower Zone (ultramafic cumulates), LCZ = Lower Critical Zone (chromites hosted in ultramafics), UCZ = Upper Critical Zone (chromites hosted in norites and anorthosites), MZ = Main Zone (mainly gabbro-norites), UZ = Upper Zone (magnetite seams hosted in gabbro-norites)

<http://web.uct.ac.za/depts/geolsci/dlr/301s/bushveld%20field%20photos.html>

Z jakých zdrojů je voda, jaká je geneze vody v hydrotermálních systémech?

Hydrotermální teorie

srážení pevných fází z hydrotermálních fluid, jejichž dominantní složkou je voda různého původu

příčiny srážení:

změna stability roztoku v důsledku: míchání, ředění, přínosu redukované síry (sulfátů bývá v roztocích dost, viz tabulka), snižování rozpustnosti varem fluid (snížení P), chladnutím, změnou fugacity O_2 , S_2 , CO_2 , ... , redukčně-oxidační bioprocessy



Fugacita

Hodnoty fugacit kyslíku f_{O_2} , síry f_{S_2} , kysličníku uhličitého f_{CO_2} , charakterizují rovnovážné reakce mezi nerostnými asociacemi v hydrotermálních podmínkách.

Analyticky zjištěné koncentrace látek v roztocích nebo parciální tlaky plynů ve směsích se celou svou hodnotou neúčastní chemických reakcí (působení různých sil). Proto jde o zvláštní koncentrační veličiny (fugacita = aktivita):

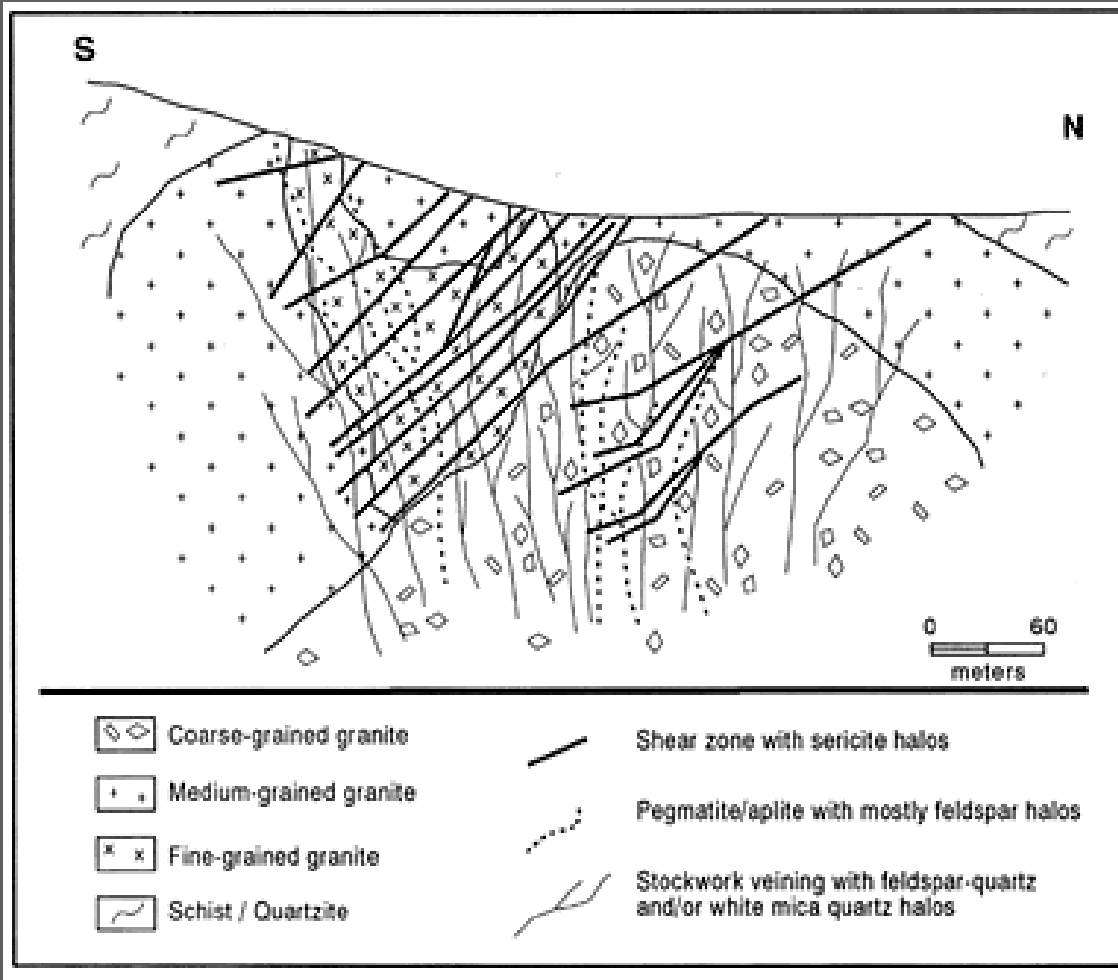
$$f_i = \gamma_i P_i$$

γ_i – koeficient fugacity plynu

P_i – parciální tlak

Např. problém stabilita/metastabilita: (aktivitní diagramy), např. vznik covellínu CuS , tenoritu CuO , chalkozínu Cu_2S závisí na fugacitách O a S .

Qtz-Au žily



Cross section of Ft. Knox granite-hosted gold deposit, Fairbanks District, Alaska, showing late-stage shear zones containing high grade gold mineralization (1.0 ounce per ton) (after Bakke, 1991).

Laterální sekrece

derivace látek z bezprostředního okolí struktur:

Si, Au, Pb nebo Zn z okolních hornin v hydrotermálních žilách – ověřeno analýzami žil a hornin, kontrola hmotovou rovnováhou/bilance (mass balance calculations)

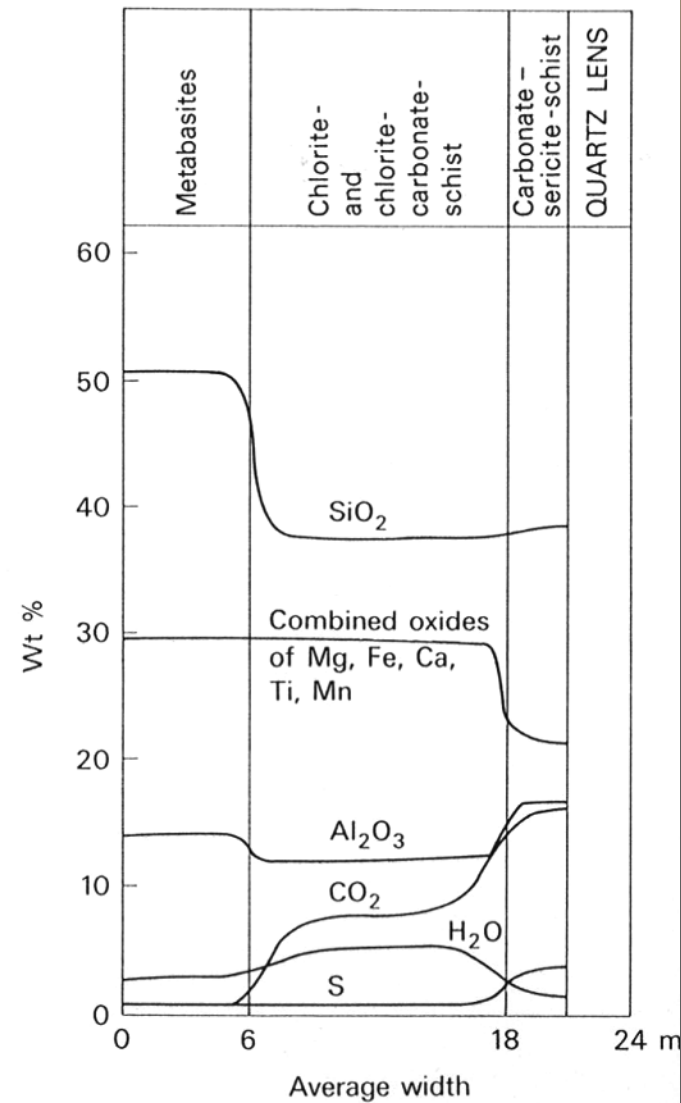
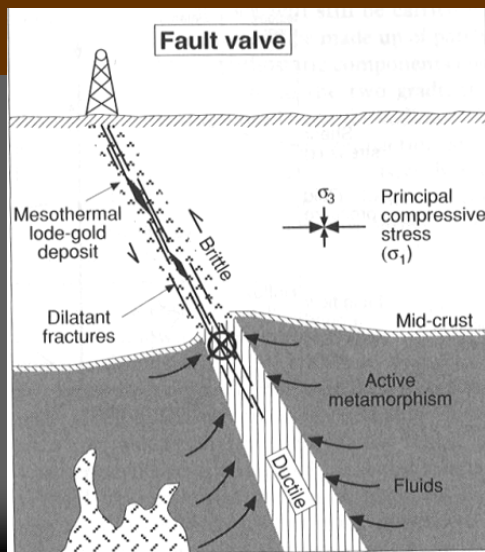


Fig. 4.9 Chemical changes produced by alteration of metabasites. Yellowknife gold deposits, Canada. (Modified from Boyle 1959.)

Metamorfnní teorie

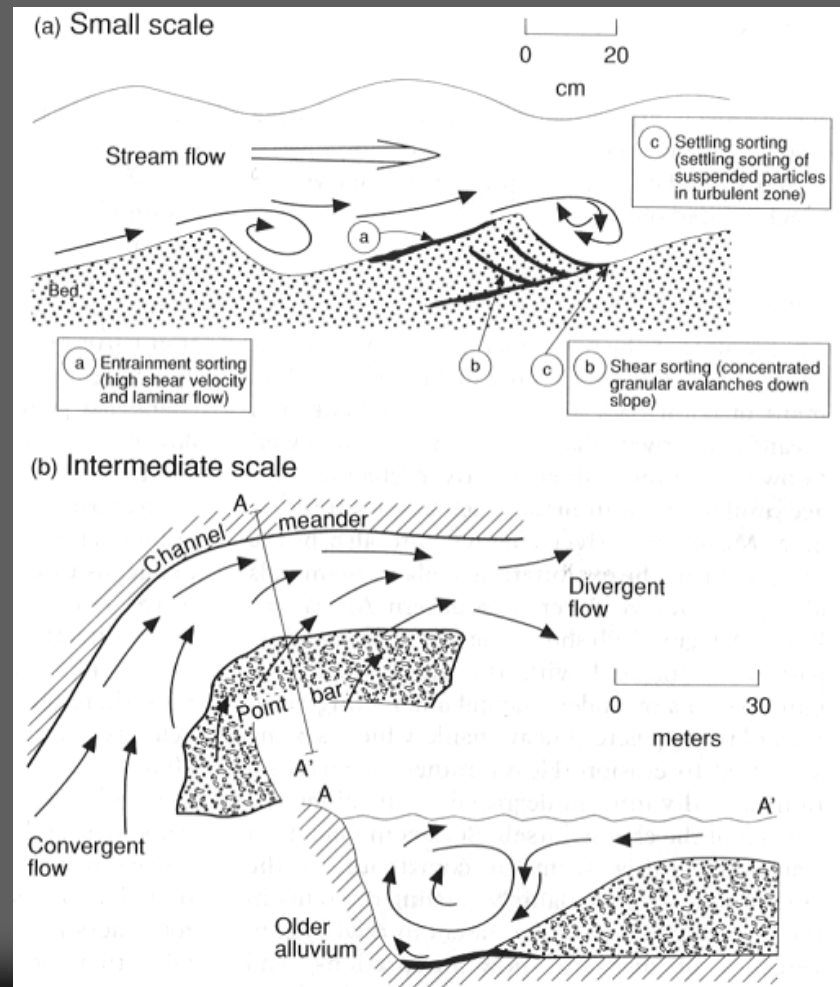
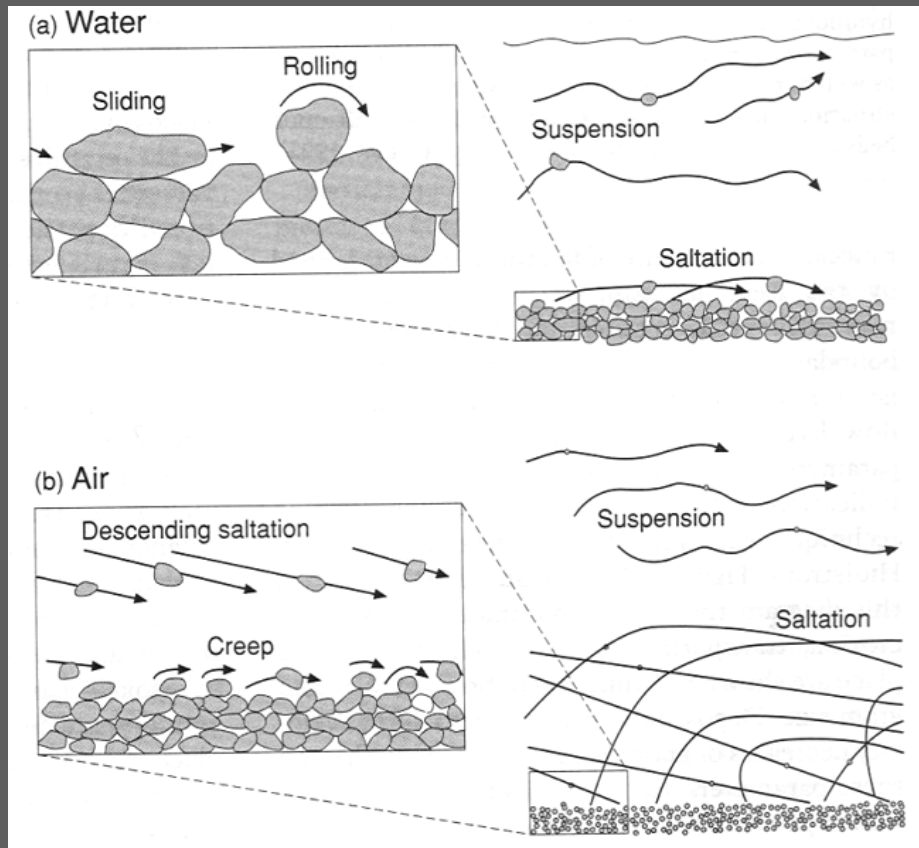
ložiskotvorné procesy
spjaté s metamorfózou

Izochemická metamorfóza: vápence → mramory, jíl →
břidlice, korund,
azbest, granát, grafit, magnezit, mastek,
sillimanit (Al_2SiO_5), wollastonit (CaSiO_3)

Alochemická metamorfóza: skarny apod.,
Významné spolupůsobení fluid, metamorfnní hydrotermální
fluida! – v případě derivace fluid a dalších komponent z
okolních hornin pak úzce souvisí i s laterální sekrecí a má
blízko k teorii akumulace *srážením z hydrotermálních
roztoků*.

Mechanická akumulace

aluviální, deltové a plážové rozsypy, akumulace v jezerních a pánevních prostředích



Vznik uhlí – sedim. prostředí



mechanická akumulace
organického materiálu

<http://darkwing.uoregon.edu/~millerm/slides.html>



Mangrove Swamp in the
Everglades, SW Florida

SW Florida

Chemogenní akumulace - sedimentace

srážení a sedimentace v hydrosféře: evapority, Fe-rudy (BIF)

evapority

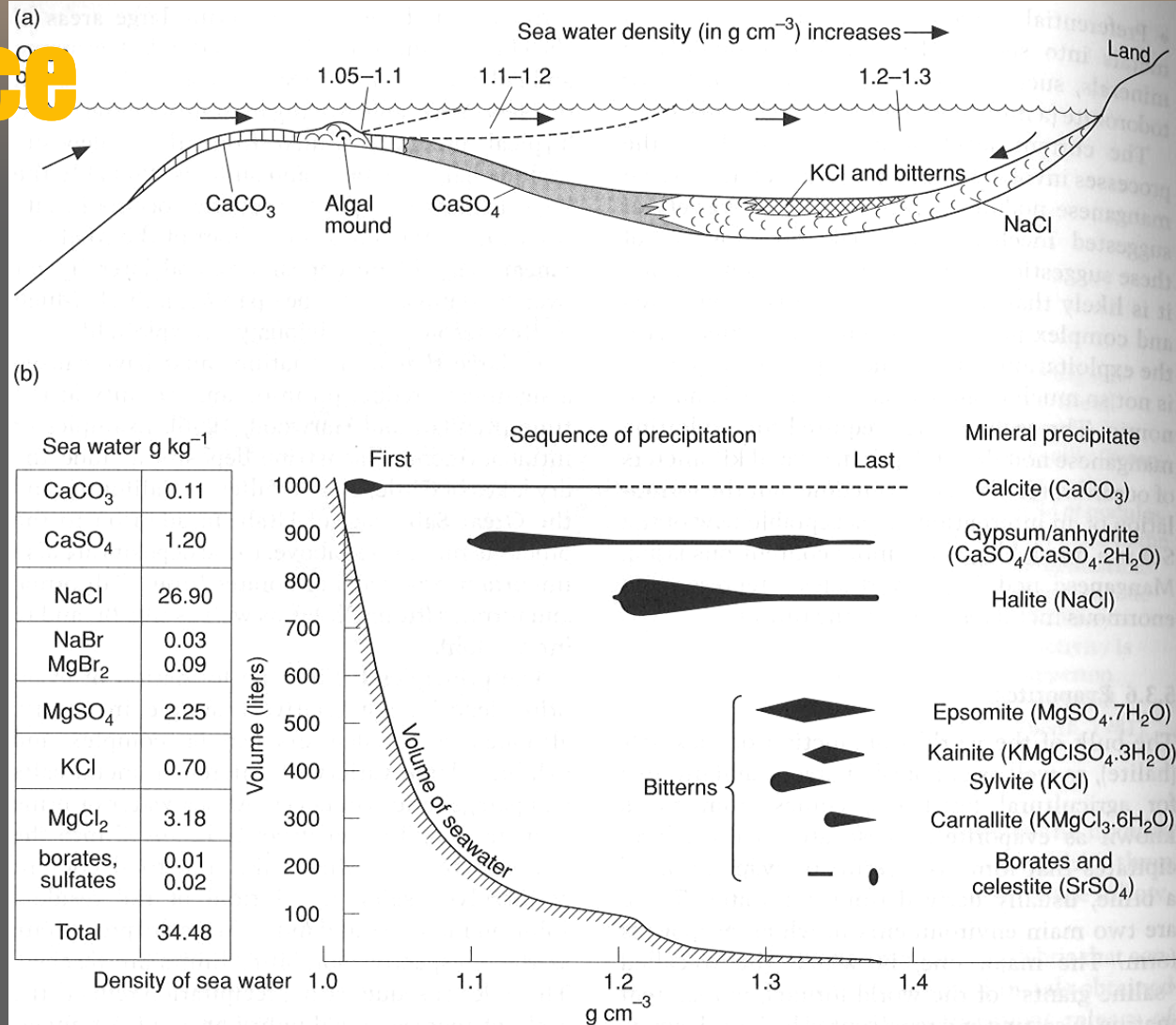
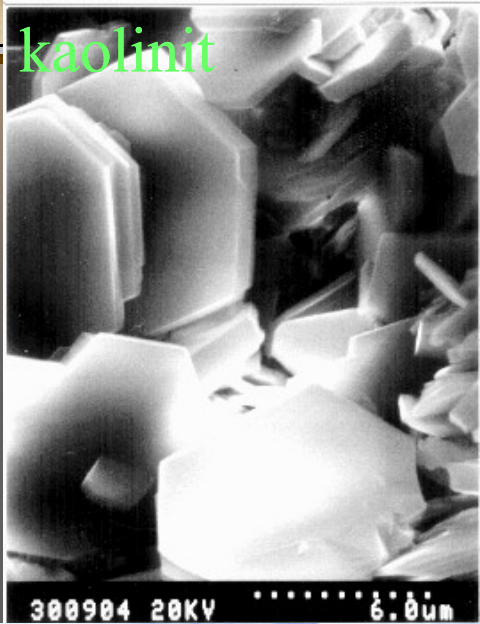


Figure 5.25 (a) Schematic cross section showing the important features necessary for the formation of large marine evaporite sequences. (b) Paragenetic sequence for an evaporite assemblage from typical sea water containing the ingredients shown in the left hand column. The amount of sea water (per 1000 liter volume) that has to evaporate in order to consecutively precipitate the observed sequence of mineral salts is shown by the curve adjacent to the paragenetic sequence (diagrams modified after Guilbert and Park, 1986).



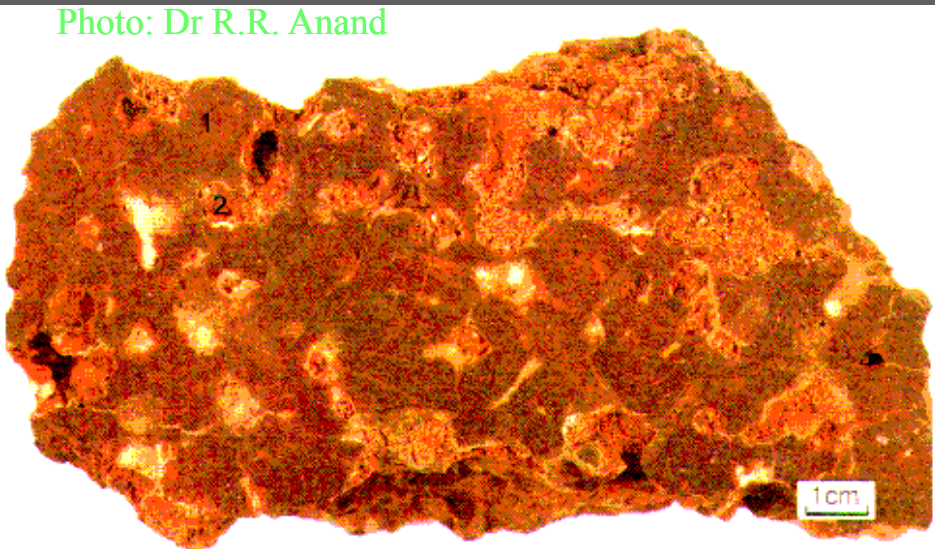
kaolinit

Reziduální procesy

akumulace-koncentrace nových stabilních fází vzniklých během zvětrávání: Al-, Ni-laterity, ... - kaolín, ...

Slice through a hematite-kaolinite-rich duricrust (1) showing vermiform voids (2). Lawlers Mine, near Leinster, Western Australia.

Photo: Dr R.R. Anand



kaolinizované horniny

oxidy, hydroxidy, hydrosilikáty, ...

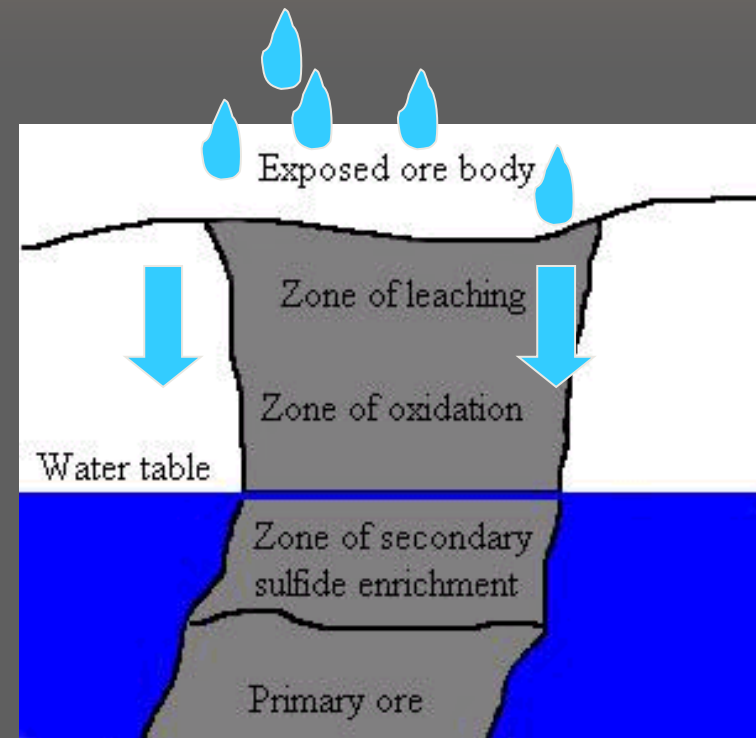
Spolupůsobení některých teorií - procesů

pokud se kombinují procesy
zvětrávání s transportem snadněji
rozpuštěných sloučenin a jejich
srážením z roztoků



např. vznik:

- infiltračních ložisek nebo
- supergenních zón obohacení
(např. cementační zóna)



V přírodě mohou tyto procesy
vytvářet ložiskové akumulace
limonitu, anhydritu, ryzí Cu aj.

Supergenní minerály (příklady)

Primary or hypogene ore minerals	Zone of oxidized enrichment minerals	Zone of supergene enrichment ore minerals
Chalcopyrite (CuFeS_2) Bornite (Cu_5FeS_4) Tetrahedrite ($\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$) Tennantite ($\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$) Enargite (Cu_3AsS_4)	Malachite ($\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$) Azurite ($\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$) Rosasite ($(\text{Cu,Zn})_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$) Cuprite (Cu_2O) Olivenite ($\text{Cu}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})$)	Covellite (CuS) Chalcocite (Cu_2S) Native copper (Cu)
Pyrite (FeS_2) Marcasite (FeS_2) Pyrrhotite (Fe_{1-x}S)	Goethite ($\alpha\text{FeO}\cdot\text{OH}$) Limonite (mineraloid of hydrated iron oxides)	
Galena (PbS)	Anglesite (PbSO_4) Cerussite (PbCO_3) Wulfenite (PbMoO_4) Vanadinite ($\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$) Mimetite ($\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$) Pyromorphite ($\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$) Descloizite ($\text{PbZn}_2(\text{VO}_4)(\text{OH})$)	
Sphalerite (ZnS)	Smithsonite (ZnCO_3) Aurichalcite ($(\text{Zn,Cu})_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$) Adamite ($\text{Zn}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})$) Descloizite ($\text{PbZn}_2(\text{VO}_4)(\text{OH})$)	

Přeměna – transformace org. hmoty

vznik přírodních uhlovodíků

- ⇒ spolupůsobení hlavně anorganických faktorů
(T, ..., minerály-katalyzátory)
- ⇒ biotransformace (houby, ...)