

Minerály a jejich horninotvorný a ložiskový význam

Prostředí, ve kterém žijeme, je složeno z hmoty ve třech skupenských stavech. Atmosféru tvoří převážně plynné látky, hydrosféra je tvořena hlavně vodou a zemskou kůru budují převážně pevné krystalické látky. Základem všeho jsou atomy, které můžeme pojmenovat podle jejich vnitřní stavby názvy jednotlivých chemických prvků. Tyto jednotlivé atomy, nebo jejich spojení ve sloučeninách, tvoří vše, co nás obklopuje. Pokud to velmi zjednodušíme, tak je to vzduch, voda, minerály a horniny.

Definice minerálu a horniny se probírá v úvodu do studia neživé přírody, ale pojďme si je rozebrat ve zjednodušení, kterému porozumí i žáci ZŠ. *Minerál je homogenní, anizotropní přírodní látka, která je definována svým složením a strukturou.* Jak tuto definici dobře pochopit a co je důležité? Minerál je přírodní látka, tzn. že vzniká v přírodních procesech bez vědomého zásahu člověka. Homogenita v definici znamená jediné: budeme-li minerál zmenšovat na menší a menší části, budou jejich fyzikálně-chemické vlastnosti stejné, jinými slovy nezmění se ani složení, ani struktura. Chemické složení definuje konkrétní minerál, ale nemusí být zcela konstantní a totéž platí pro jeho vnitřní uspořádání (strukturu). Tyto dvě věci spolu neoddělitelně souvisí. Chemické složení minerálu můžeme vyjádřit chemickým vzorcem, v případě ortoklasu je to KAlSi_3O_8 . Žádný ortoklas ale nemá v přírodě toto ideální složení, draslík je vždy částečně nahrazen určitým, byť jen malým množstvím sodíku, vápníku nebo baria. Stejně je to se strukturou – ortoklas má definovanou silikátovou kostru, ve které jsou uloženy pozice atomů draslíku. Tu a tam do některé pozice vstoupí již zmíněné sodík, vápník nebo barium a tím se tato pozice deformuje, a navíc mohou mít hliník a křemík v silikátovém skeletu různou míru uspořádání. Každý minerál je tedy vlastně takovým strukturním a chemickým typem s většími nebo menšími odchylkami.

U definice horniny je to asi trochu jednodušší. *Hornina je heterogenní směs různých minerálů vzniklých v určitých tlakově-teplotních podmínkách.* Zde není výklad nijak složitý, hornina se prostě skládá z různých minerálů, i když existují i horniny, které označujeme jako monominerální (např. dolomit, vápenec, kvarcit). Půjdeme-li však do důsledku, žádná z hornin není 100% monominerální, i velmi čisté vápence obsahují kromě kalcitu i malý podíl křemene nebo jílových minerálů. Tlakově-teplotními podmínkami máme na mysli prostředí, ve kterém hornina vznikla: pískovec v povrchových podmínkách vodního toku, vápenec v mělkém šelfovém moři, žula v magmatickém krbu několik kilometrů pod povrchem nebo rula ve spodní části zemské kůry.

Klasifikace minerálů

Doposud byl popsáno něco kolem 5000 minerálů, tedy prvků nebo jejich sloučenin, definovaných jejich strukturou (vnitřní stavbou), které v přírodě vznikají přirozenou cestou. Je to už dostatečně velké množství, takže bylo vytvořeno několik systémů, jak je klasifikovat – tedy rozdělit do menších skupin se společnými znaky nebo vlastnostmi.

Asi nejpoužívanější klasifikace vychází z jejich chemického složení a přihlíží i k jejich strukturnímu typu. Jen pro připomenutí uvedme stručný přehled jednotlivých tříd.

Prvky

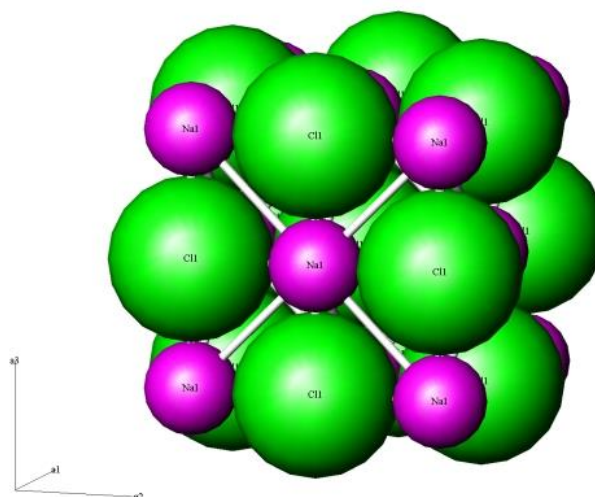
Tyto minerály nejsou sloučeniny a většina prvků se ani v přírodě nevyskytuje v ryzí formě. Tradičně se tato třída dělí na kovy (Au, Cu, Ag), polokovy (As, Sb, Bi) a nekovy (S, C).

Sulfidy (dříve siričky)

Nejběžnější minerály této třídy jsou jednoduché sloučeniny síry a kovového prvku, existují ale i velmi komplexní sloučeniny. Většina minerálů této třídy má vysokou hustotu a značná část tvoří významné rudní ložiskové minerály, ze kterých se získávají především kovy. Z nejčastějších je to galenit (PbS), sfalerit (ZnS), chalkopyrit (CuFeS₂), molybdenit (MoS₂) nebo antimonit (Sb₂S₃).

Halovce

Jedná se o iontové sloučeniny (obrázek 1), kdy aniont tvoří nejčastěji chlór nebo fluor. Místy tvoří rozsáhlé ložiskové akumulace vzniklé odpařováním mořské vody, k nejběžnějším patří halit (NaCl), sylvín (KCl) nebo fluorit (CaF₂).



Obrázek 1. Struktura halitu. Většina halovců jsou iontové sloučeniny s vysokou symetrií.

Oxidy a hydroxidy

Základem těchto minerálů je kyslíkový nebo hydroxylový aniont. Často to bývají minerály, v jejichž strukturách převažuje kovalentní vazba a vykazují tak relativně vysokou tvrdost a někdy i hustotu.

Některé z nich jsou významnými ložiskovými minerály – magnetit (Fe_3O_4), korund (Al_2O_3), kasiterit (SnO_2) nebo rutil (TiO_2).

Karbonáty (dříve uhličitany)

Aniontovou skupinou těchto minerálů je skupina CO_3 . Karbonáty nejsou nijak významně zastoupenou skupinou s výjimkou dvou velmi důležitých horninotvorných minerálů – kalcitu a dolomitu. Mezi ložiskové minerály patří jen vzácně, většinou tvoří hlušinou výplň na hydrotermálních žilách (kalcit, siderit, rodochrozit).

Sulfáty (dříve sírany)

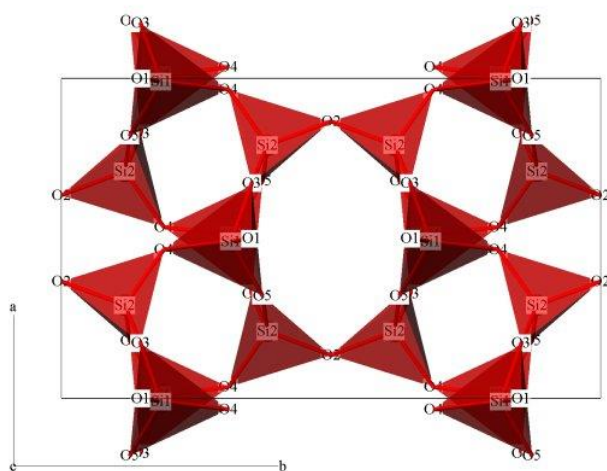
Základem struktury je aniontová skupina SO_4 . Kromě anhydritu a sádrovce, které mají ložiskový význam, jsou to méně běžné minerály, často bývají dobře rozpustné ve vodě.

Fosfáty

Většina jsou nevýznamné minerály, jen několik může mít ložiskový význam a pouze jeden je zcela běžným akcesorickým minerálem v mnoha horninách (apatit).

Silikáty

Je to nejdůležitější třída minerálů. Mezi silikáty patří všechny významné horninotvorné minerály. Základem jejich struktury jsou koordinační tetraedry SiO_4 , ve kterých může být část křemíku nahrazena hliníkem (obrázek 2). Důležitou vlastností je schopnost polymerizace těchto tetraedrů. Rozeznáváme potom tyto skupiny silikátů:



Obrázek 2. Základem struktury silikátů jsou tetraedry SiO_4 (červeně). Příklad základního strukturního skeletu u živců – tektosilikáty. Ve struktuře je $\frac{1}{4}$ pozic křemíku obsazena atomy hliníku.

- nesilikáty – tetraedry jsou ve struktuře odděleny jinými kationty (olivín, granát)
- sorosilikáty – tetraedry křemíku jsou spojeny do dvojic (skupina epidotu)
- inosilikáty – tetraedry vytvářejí různé typy nekonečných řetězců (amfiboly, pyroxeny)
- cyklosilikáty – křemíkové tetraedry jsou propojeny do uzavřených, vzájemně oddělených kruhů (beryl, turmalín)

- fylosilikáty – ve struktuře se střídají různé typy vrstev tetraedrů křemíku a dalších prvků (mastek, jílové minerály, slídy)
- tektosilikáty – tetraedry jsou propojeny do trojrozměrného skeletu (živce, foidy)

Význam jednotlivých tříd je relativní, záleží, z jakého úhlu pohledu hodnotíme. Skutečností ale zůstává, že z hlediska stavby zemské kůry a svrchního pláště, jsou naprosto zásadní třídou silikáty.

Rozdělení horninotvorných minerálů

Označení horninotvorný minerál nepředstavuje nijak specificky definovaný pojem. Jsou to prostě všechny minerály, které se podílí na stavbě hornin zemské kůry a svrchního zemského pláště. Spodní zemský plášť a jádro nechme stranou, jednak se s jejich horninami přímo nesetkáme a jednak zde vládou tak specifické fyzikální podmínky, že minerály, které známe z povrchu, se zde vůbec nevyskytují.

Minerálů, které se podílí na stavbě hornin, není v porovnání s jejich celkovým počtem tolik. Velmi hrubým odhadem můžeme hovořit o 150-200 minerálech. Ani v této vyčleněné skupině horninotvorných minerálů není jejich kvantitativní zastoupení rovnoměrné. Proto se někdy setkáme s rozdělením horninotvorných minerálů na:

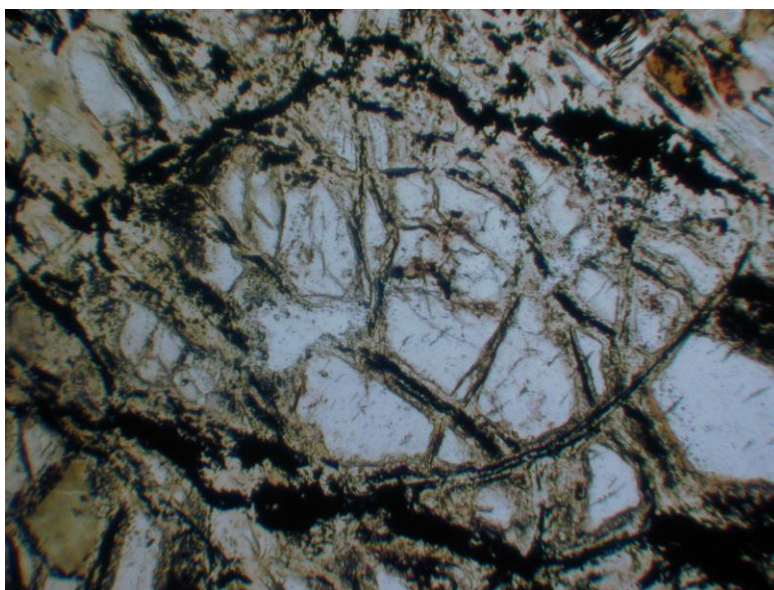
- ✓ hlavní (křemen, živce)
- ✓ vedlejší (granát, chlorit)
- ✓ akcesorické (zirkon, apatit).

Kritéria pro řazení do jednotlivých skupin jsou různá. Můžeme je však zjednodušit s vědomím drobných, bezvýznamných nepřesností. Mezi hlavní horninotvorné minerály řadíme všechny, které mají v dané hornině význam pro její klasifikaci nebo jsou v ní zastoupeny více jak 5 %. Jako vedlejší horninotvorné minerály označujeme zpravidla všechny, které jsou v hornině zastoupeny v množství 1-5 %. Mezi akcesorické horninotvorné minerály počítáme takové, jejich zastoupení je nižší než 1 %.

Je zřejmé, že každý jednotlivý minerál může být zařazen v různých horninách do jiné kategorie a co více, jeho zastoupení se může měnit i v rámci jednoho horninového typu. Příkladně K-živce bude v granitu hlavním horninotvorným minerálem, zatímco ve svoru akcesorickým, nejvýše vedlejším minerálem. Stejně tak v rámci jednoho granitového tělesa může být muskovit hlavním, vedlejším i akcesorickým minerálem.

Horninotvorné minerály v jednotlivých typech hornin

Podle způsobu vzniku rozlišujeme magmatické (vyvřelé), metamorfované (přeměněné) a sedimentární (usazené) horniny. Vyskytují se v nich různé horninotvorné minerály – některé ve všech genetických typech, jiné jsou specifické jen pro určitý způsob vzniku horniny. Podle časového intervalu vzniku minerálů v hornině musíme ještě rozlišit minerály primární a sekundární. *Primární minerály* jsou ty, které vznikaly společně s horninou – u magmatitů během krystalizace (obrázek 3), u sedimentů během jejich ukládání a diagenézi a v metamorfovaných horninách v určitých tlakově-teplotních podmínkách. *Sekundární (druhotné) minerály* se v hornině objevují až v časovém odstupu po jejím vzniku. Souvisí to s jejím dalším vývojem: horninou mohou procházet mladší roztoky a jejich reakcí s primárními minerály mohou vznikat minerály druhotné (v magmatických horninách typické metasomatózy, např. přeměna K-živců na albit).



Obrázek 3. Pohled do polarizačního mikroskopu – bezbarvý je olivín (primární minerál v hornině), všechno kolem s krémovým až hnědým odstínem jsou druhotně vzniklé minerály serpentínové skupiny.

V jiných případech se mohou z roztoků v již existující hornině vysrážet nové minerály. Neodvratným procesem v rámci horninového cyklu jsou procesy zvětrávání, kdy v hornině dochází k přeměně primárních (původních) minerálů na minerály nové, příkladem je přeměna živců na kaolinit a sericit, přeměna biotitu na chlorit nebo olivínu na minerály serpentínové skupiny (obrázek 3).

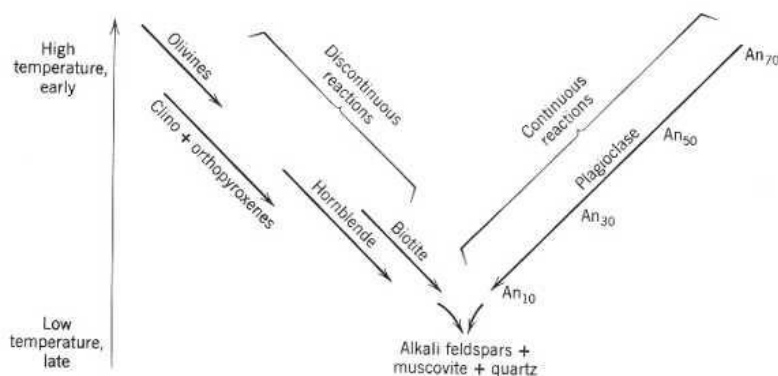
Následuje přehled horninotvorných minerálů, které se vyskytují v jednotlivých typech hornin, nemůže však postihnout celou šíři všech aspektů této problematiky.

Magmatické (hlubinné a výlevné) horniny

Magmatické horniny vznikají krystalizací horninotvorných minerálů z taveniny, a to hluboko pod povrchem (plutonické) nebo na povrchu či mořském dně (vulkanické). Další

horninotvorné minerály pak mohou vzniknout později (druhotné minerály) tak, jak hornina prodělává svůj postupný vývoj (viz výše).

O minerálním složení nám mnohé řeknou tzv. krystalizační schémata (např. Bowenovo, obrázek 4), která vychází z konkrétního složení krystalizující taveniny, teplot, tlaků a dalších



Obrázek 4. Bowenovo krystalizační schéma dokumentuje postupný vznik tmavých minerálů na levé straně a živců na pravé straně schématu. Při vhodném složení taveniny jako poslední krystalizují muskovit a křemen. Při zvětvávání se rychleji rozpadají minerály stojící výše v Bowenově schématu.

jsou zde křemen a živce. V některých převládají živce draselné (ortoklas, mikroklin, sanidin) v jiných plagioklasy (albit, oligoklas, andezín). Velmi často se zde jako hlavní horninotvorné minerály objevují ještě muskovit, biotit, amfibol nebo pyroxen. Běžnými vedlejšími a akcesorickými minerály bývají granát, turmalín, andalusit, cordierit, apatit nebo zirkon. Druhotně může vznikat epidot, kaolinit nebo sericit.

Horniny intermediální a bazické se vyznačují nižšími obsahy SiO_2 než předchozí skupina a můžeme k nim zařadit zejména syenity, diority, gabra, andezity a bazalty. V těchto horninách se stává křemen vedlejším minerálem nebo zde zcela chybí, hlavními složkami jsou K-živce nebo plagioklasy, biotit, amfiboly, pyroxeny a často se přidává olivín. V některých typech se objevují foidy, tj. zástupci živců – leucit a nefelin. Mezi akcesorickými minerály najdeme pyrit, ilmenit, magnetit, apatit nebo zirkon. Druhotně se vyskytují epidot, zoisit, chlorit nebo kalcit.

Ultrabazické horniny jsou svým vznikem vázány na hlubší partie zemské kůry nebo svrchní plášť. Z nejběžnějších jsou to dunity, lherzolity, peridotity, pyroxenity nebo výlevné bazanity. Obecně obsahují jen malý podíl světlých minerálů, nejčastěji vápníkem bohatých plagioklasů někdy i leucit a nefelin. Převládajícími minerály jsou olivín, monoklinický a romboický pyroxen, případně amfibol. Jako vedlejší a akcesorické minerály se objevují biotit,

fyzikálních ukazatelů. Alespoň schématicky pojďme pojmenovat důležité horninotvorné minerály ve významných horninových typech.

Skupina tzv. granitoidů (granity, granodiority, tonality, ryolity a dacity) jsou převážně kyselé horniny. Základními horninotvornými minerály

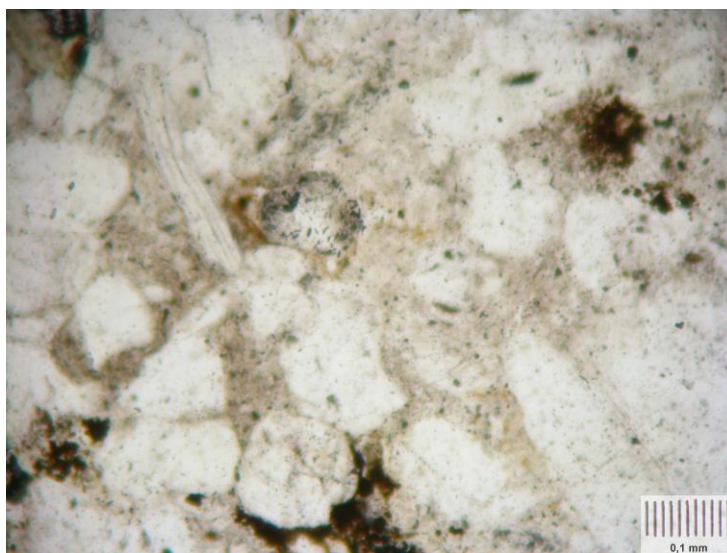
magnetit, chromit, ilmenit a některé sulfidy. Nejčastějšími druhotnými složkami jsou minerály serpentínové skupiny, chlority a epidot.

Sedimentární horniny

Minerální složení sedimentů se odvíjí od způsobu jejich vzniku. Mechanismus jejich vzniku se výrazně liší u klastických sedimentů a biochemických sedimentů. Jen na okraj dodejme, že existuje početná skupina hornin, kde se oba typy vzniku různou měrou kombinují.

Klastické (úlomkovité) sedimenty vznikají z materiálu starších hornin po různě dlouhém transportu a následném usazení. Materiál je vystaven intenzivnímu chemickému a mechanickému zvětrávání, takže ve výsledném sedimentu se objeví jen „odolné“ minerály.

V samotném klastickém sedimentu pak můžeme rozlišit klasty (úlomky různé velikosti podle typu sedimentu) a pojivo – jemnozrnější složku (obrázek 5), která tvoří prostor mezi klasty. Pojivo může vznikat během sedimentace (označení matrix) nebo může vzniknout později druhotně (označení tmel). Mezi hlavní horninotvorné minerály klastů patří křemen, živce a muskovit. V pojivu sedimentů



Obrázek 5. Bezbarvé klasty křemene v pískovci spojené do jednoho celku jemnozrnější hmotou pojiva. Záběr z polarizačního mikroskopu v režimu PPL.

(primárním i druhotným) najdeme kromě křemene, živců a muskovitu rovněž kalcit, dolomit, hematit, sádrovec, biotit, jílové minerály, kaolinit, chlority a některé další.

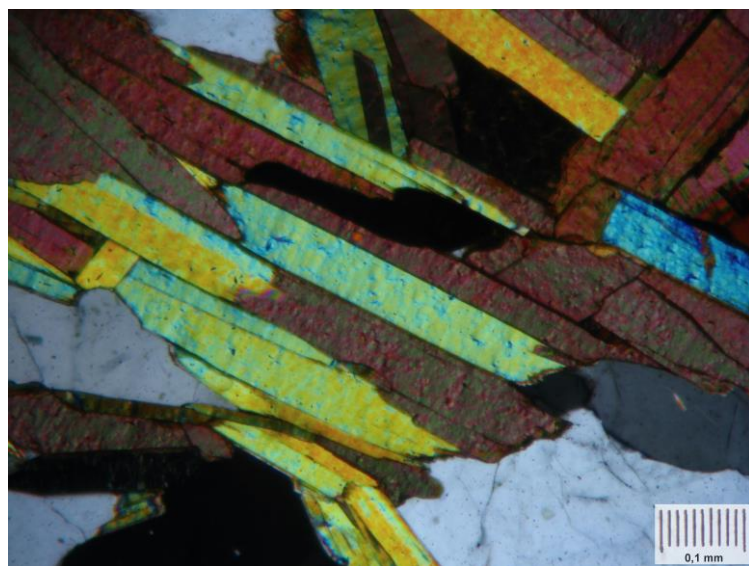
Biochemické sedimenty vznikají nahromaděním schránek odumřelých živočichů nebo v chemických pochodech, nejčastěji vysrážením z různých typů roztoků. Objemově nejzastoupenější jsou různé typy vápenců, kde hlavním horninotvorným minerálem je kalcit nebo méně často dolomit. V podružném množství může být přítomen křemen, živce, slídy, jílové minerály nebo hematit. Při hromadění křemitých schránek pak vznikají horniny tvořené křemenem, opálem nebo chalcedonem. Další velkou skupinou jsou evapority, vznikající odpařováním mořské vody ve vhodném prostředí. Zde se setkáme zejména s halocci, sírany, dusičnany a boráty, konkrétně halitem, sylvínem, thenarditem, anhydritem, sádrovcem nebo

boraxem. Fosfority jsou horniny s podstatným zastoupením apatitu, jílu, kalcitu nebo oxidů a hydroxidů železa. Ferolity obsahují jako hlavní složku hematit, goethit, siderit, Fe-chlority (chamosit), pyrit nebo ankerit a z dalších složek je to křemen, jílové minerály nebo kalcit. Manganolity jsou horniny se zvýšeným podílem manganolitu, pyroluzitu nebo rodochrozytu. Skupina allitů (laterity, bauxity) obsahují minerály hliníku – gibbsit, böhmit, diaspor, a také goethit, lepidokrokit, hematit, křemen, jílové minerály nebo kalcit.

Metamorfované horniny

Minerály metamorfovaných hornin vznikají v závislosti na mnoha faktorech: složení původní horniny před metamorfózou, tlakových a teplotních podmínkách, délce působícího času nebo množství a kvalitě kolujících roztoků v hornině. Zatímco některé minerály se vyskytují téměř ve všech metamorfovaných horninách bez ohledu na tlak a teplotu (křemen, živce), jiné jsou na tyto ukazatele velmi citlivé (muskovit, kyanit). Z pohledu výskytu jednotlivých horninotvorných minerálů je těžké provést funkční dělení metamorfovaných hornin, proto zde uvedeme jen zjednodušené schéma podle stupně metamorfózy.

Nízce a středně regionálně metamorfované horniny můžeme detailněji rozdělit podle výchozího složení, protože to je pro vznik metamorfních horninotvorných minerálů velmi



Obrázek 6. Šedá zrna křemene a tabulkovitá zrna muskovitu a biotitu ve svoru. Záběr z polarizačního mikroskopu v režimu XPL.

důležité. Jsou-li výchozím předmetamorfním materiálem jemnozrné klastické sedimenty, vznikají fylity a svory. V těchto horninách jsou hlavními minerály křemen, plagioklasy, muskovit, biotit případně chlority (obrázek 6). K vedlejším a akcesorickým minerálům můžeme počítat kalcit, grafit, granát, staurolit, andalusit, chloritoid, turmalín, zirkon nebo apatit. Připomeňme ještě jednou, že množstevní zastoupení uváděných minerálů je jakýmsi

průměrem a v některých horninách může značně kolísat (např. ve svorech najdeme živce jen jako vedlejší minerál).

Pokud dojde ke slabé nebo střední metamorfóze převážně karbonátových hornin, vznikají mramory. Jejich hlavní složkou je kalcit nebo dolomit, jako vedlejší minerály nalezneme křemen, amfibol, albit, epidot, mastek, muskovit nebo diopsid.

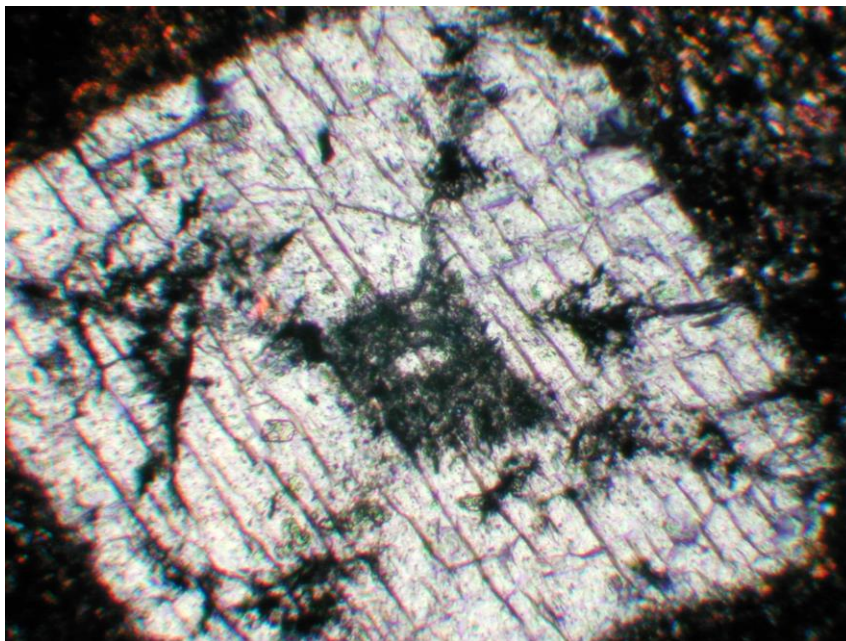
Z původně bazických hornin vznikají zelené břidlice, mastkové břidlice, krupníky, modré břidlice nebo sericitové břidlice. K hlavním horninotvorným minerálům těchto hornin patří křemen, albit, chlorit, epidot, aktinolit (amfibol), muskovit, mastek nebo glaukofan (alkalický amfibol). Z dalších minerálů zde najdeme zoisit, dolomit, kalcit, granát, titanit, biotit nebo magnetit.

Vysoce regionálně metamorfované horniny vznikly za vysokých teplot a někdy i vyšších tlaků a opět je rozdělíme podle složení výchozí horniny. Z jemnozrnných klastických sedimentů vznikají vysokou metamorfózou ruly a migmatity. Mezi jejich hlavní horninotvorné minerály řadíme křemen, K-živec, plagioklas, biotit, muskovit, amfiboly nebo pyroxeny. K vedlejším minerálům patří granát, sillimanit, kyanit, cordierit mezi akcesorie pak zirkon, apatit, monazit, allanit nebo pyrhotin.

Z karbonátových hornin vznikají stejně jako při slabé metamorfóze mramory tvořené kalcitem nebo dolomitem. Z vedlejších minerálů se objevuje grafit, plagioklas, forsterit (olivín), spinel, chondroit, granát nebo diopsid.

Z bazických hornin vznikají při silné metamorfóze amfibolity a eklogity. V nich patří k hlavním horninotvorným minerálům amfibol, plagioklas, pyroxen a granát. Z vedlejších se objevuje biotit, granát, epidot, kyanit nebo rutil.

Kromě regionální metamorfózy mohou vznikat horniny i v jiných typech metamorfních procesů. Za zmínku stojí *kontaktně metamorfované horniny*, jejichž tělesa bývají spíše menších rozměrů. V kontaktně metamorfovaných rohových a břidlicích se setkáváme zejména



Obrázek 7. Krystal andalusitu se symetricky uspořádaným pigmentem v kontaktně metamorfované břidlici. Záběr z polarizačního mikroskopu v režimu PPL.

s těmito horninotvornými minerály: křemen, plagioklas, biotit, andalusit (obrázek 7), cordierit, pyroxen, granát a grafit. V případě taktitů, erlanů a skarnů jsou to křemen, živec, diopsid, granát, epidot, vesuvián, wollastonit nebo skapolit.

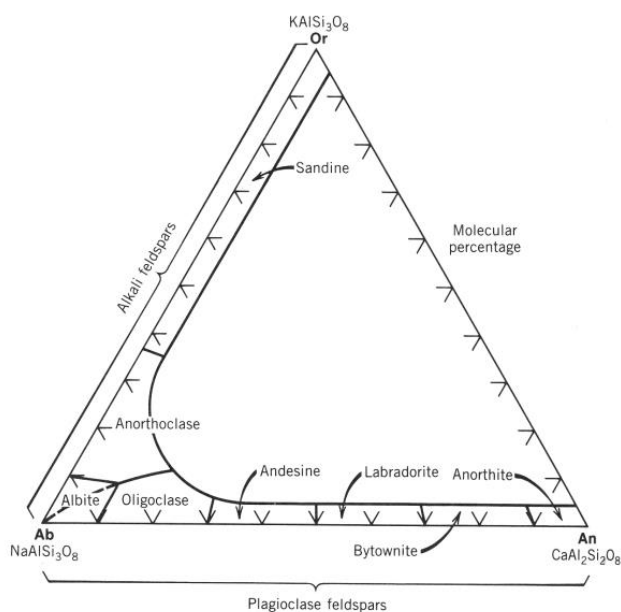
Stručný přehled významných horninotvorných minerálů

Následující přehled horninotvorných minerálů je řazen podle významu tak, že začíná silikáty a dále pokračuje k méně významným minerálům. Významnost je však z pohledu jednotlivých horninových typů velmi relativní.

Připomeňme jen, že podle různých odhadů, se zemská kůra skládá z asi 39 % plagioklasů a 12 % K-živců, což je více než polovina objemu. Následuje křemen s 12 %, pyroxeny s 11 % a amfiboly s 5 %. Nesilikátové minerály jsou v zemské kůře obsaženy v množství do 8 %.

Skupina živců

Složení minerálů této skupiny lze vyjádřit pomocí trojúhelníkového diagramu ortoklas (KAlSi₃O₈) – albit (NaAlSi₃O₈) – anortit (CaAl₂Si₂O₈). Členy v řadě albit – ortoklas se



Obrázek 8. Mísitelnost ve skupině živců a názvy plagioklasů podle složení.

označují jako alkalické živce (obrázek 8), členy řady albit – anortit jako plagioklasy (nebo sodno-vápenaté živce). Živce jsou charakterizovány nejen svým složením (podíl koncových členů Or, Ab a An), ale i svým strukturním stavem, tj. distribuce atomů Al v tetraedrických pozicích. Z toho vyplývá značná komplikovanost celé skupiny, zvláště když se přihlíží k vysokoteplotním a nízkoteplotním formám jednotlivých minerálů.

Zastavme se ještě u výše popsaného dvojího postavení albitu. Na jedné straně patří mezi alkalické živce v řadě ortoklas – albit a na druhé straně je součástí plagioklasové řady albit – anortit. Trochu to komplikuje klasifikaci magmatických hornin, obecná domluva je taková, že albit obsahující do 5 % anortitové komponenty se řadí k alkalickým živcům.

Alkalické živce, někdy trochu nesprávně označované jako draselné živce (viz postavení albitu), jsou zastoupeny ortoklasem, mikroklinem a sanidinem. Všechny mají shodné složení $KAlSi_3O_8$, liší se ale svojí strukturou a typem výskytu. Ortoklas a mikroklin jsou běžné živce plutonických magmatických hornin, zejména granitů, granodioritů, syenitů a jejich žilných ekvivalentů (aplity, pegmatity). Zcela běžně se vyskytují v metamorfovaných horninách typu rul a migmatitů. V sedimentech se s nimi setkáme v arkózách. Sanidin je forma vysokoteplotního alkalického živce a setkáme se s ním výhradně ve výlevných magmatických horninách typu ryolitů a trachytů.

Alkalické živce mají velmi podobné vlastnosti. Bývají bílé, světle šedé nebo narůžovělé, mají dokonalou štěpnost podle dvou směrů, zcela průměrnou hustotu a tvrdost stupeň 6. V horninách se dobře poznávají, ale jejich vzájemné rozlišení je běžnými metodami nemožné.

Plagioklasy (sodno-vápenaté živce) tvoří kontinuální řadu albit – oligoklas – andezín – labradorit – bytownit – anortit, tak jak postupně přibývá vápník v jejich struktuře na úkor sodíku. Pro tuto chemickou změnu se běžně používá pojem bazicita plagioklasů (pozor, bazicita hornin souvisí s obsahem SiO_2). Jsou běžnou součástí široké škály plutonických i vulkanických hornin – granodiority, diority, gabra, andezity, bazalty. V metamorfovaných horninách mají širší uplatnění než alkalické živce – fylity, ruly, migmatity, amfibolity, zelené břidlice nebo kontaktně metamorfované horniny. V sedimentech se s nimi nejčastěji setkáme v drobách.

Plagioklasy mají světle šedou barvu, některé bazičtější členy mohou být úplně tmavé. Mají velmi dokonalou štěpnost, mírně vyšší hustotu než K-živce a stejnou tvrdost (stupeň 6).

Skupina křemene (SiO_2)

Struktura je sestavena pouze z tetraedrů SiO_4 a existuje několik způsobů, jak mohou být tetraedry v prostoru uspořádány – to odpovídá existenci jednotlivých polymorfních modifikací SiO_2 . Struktura je hlavní důvod řadit křemen mezi tektosilikáty, i když podle chemického vzorce se jedná o oxid křemičitý.

V přírodě se běžně setkáváme s nízkoteplotní modifikací křemene (tzv. alfa křemen), který při teplotě 573 °C přechází na vysokoteplotní křemen (beta křemen) a při ještě vyšších teplotách vznikají polymorfní modifikace tridymit a cristobalit. Existují i vysokoteplotní a vysokotlaké polymorfní modifikace SiO_2 – stišovit (rutilová struktura) a coesit.

Křemen je velmi běžným minerálem zejména kyselých plutonických a vulkanických hornin – granit, granodiorit, tonalit, pegmatit, aplit, ryolit a dacit. V metamorfovaných horninách se vyskytuje ve všech stupních metamorfózy – fylit, svor, rula, migmatit, zelené

břidlice, kontaktně metamorfované horniny. V klastických sedimentech je to zcela převládající minerál – slepence, pískovce, arkózy, prachové a jílové břidlice.

Křemen je v horninách zpravidla světle šedý až bezbarvý, nevykazuje štěpnost, má zcela průměrnou hustotu a vysokou tvrdost (stupeň 7).

Za zmínku stojí ještě opál – hydratovaný oxid křemičitý. Jeho struktura není zpravidla pravidelně uspořádaná, takže ho můžeme označit za amorfní. Opál bývá významným horninotvorným minerálem v některých klastických (pískovec) a biochemických (silicity) sedimentech.

Olivín

Olivín se používá pro obecné označení minerálů, které jsou svým složením mezi dvěma krajními členy neomezeně mísitelné olivínové řady – forsteritem (Mg_2SiO_4) a fayalitem (Fe_2SiO_4). V přírodě mají běžné olivíny podíl kolem 20% fayalitové komponenty.

Olivín je typickým minerálem některých bazických a ultrabazických magmatických hornin. Nikdy se primárně nevyskytuje v hornině s křemenem. Téměř monominerální horninou s olivínem je dunit, běžný je také v peridotitech, gabrech nebo bazaltech. V metamorfovaných horninách se vyskytuje jen jako nepřeměněný zbytek v serpentinitech nebo jako



Obrázek 9. Olivín je nápadný svojí zelenou barvou a je typickým minerálem bazaltů, gaber a ultrabazických plášťových hornin.

forsterit v některých mramorech. V sedimentech ho nenajdeme, zvětrává jako jeden z prvních minerálů a rozkládá se na minerály serpentínové skupiny.

Olivín je většinou žlutozelený až zelený (obrázek 9), nezřetelně štěpný a relativně tvrdý (stupeň 6,5 – 7). Hustota je mírně nadprůměrná, kolem $3,5 \text{ g.cm}^{-3}$.

Skupina pyroxenů

Ve skupině pyroxenů se definuje 20 koncových členů. Obecný vzorec pyroxenů lze psát ve tvaru: XYZ_2O_6 , kde pozice X je obsazována ionty Na, Li, Ca, Mg, Fe nebo Mn, zatímco

pozice Y je zastupována ionty Mn, Fe, Mg, Fe, Al, Cr, Ti. Z je tetraedrická pozice v silikátovém řetězci a je obsazována Si a Al. Z uvedeného vyplývá, že složení většiny pyroxenů je poměrně komplikované, horninotvorný význam mají ale jen některé typy pyroxenů.

Podle uvedené klasifikace se pyroxeny člení do několika skupin na základě svého chemického složení. Pro potřeby základního přehledu můžeme vyčlenit řadu rombických (kosočtverečných) pyroxenů (řada enstatit – ferrosilit), řadu monoklinických pyroxenů (řada diopsid – hedenbergit) a alkalických pyroxenů (aegirín, jadeit).

Pyroxeny jsou inosilikáty, které obsahují jednoduché dvojčlankové řetězce Si tetraedrů (motiv $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{-4}$ ve směru osy c). Při magmatické krystalizaci vznikají jako jedny z prvních minerálů, ale zároveň se při zvětrávání poměrně rychle rozkládají, často na amfiboly. *Kosočtverečné pyroxeny* řady enstatit ($\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$) – ferrosilit ($\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6$) se běžně vyskytují v magmatických horninách typu noritu nebo pyroxenitu. V metamorfovaných horninách jsou typické pro granulity, serpentinity nebo eklogity. Do sedimentárních hornin se pyroxeny nezachovávají a podlehnou některé z přeměn – uralitizace (vzniká amfibol), talkizace (vzniká mastek) nebo chloritizace (vzniká chlorit).



Obrázek 10. Sloupcovité krystaly světle zeleného diopsidu – jeden z nejběžnějších pyroxenů.

Monoklinické pyroxeny jsou nejčastěji zastoupeny řadou diopsid ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) – hedenbergit ($\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$). Můžeme k nim také zařadit augit, který má poměrně komplikované složení. Jako horninotvorné minerály jsou monoklinické pyroxeny nejběžnější. V magmatických horninách se vyskytují v gabrech, syenitech,

pyroxenitech a bazaltech. V metamorfovaných horninách se s nimi setkáme v erlánech, skarnech, pyroxenových rulách nebo některých mramorech. V sedimentech se monoklinické pyroxeny nevyskytují.

Alkalické pyroxeny mají rovněž monoklinickou symetrii a patří k nim jadeit ($\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$) a aegirín ($\text{NaFeSi}_2\text{O}_6$). Jejich výskyt v horninách můžeme považovat za velmi specifický, jsou

běžnou součástí některých alkalických nefelinických syenitů a fonolitů. V metamorfovaných horninách se vyskytují téměř výhradně ve vysokotlakých horninách, např. modré břidlice.

Vzhled pyroxenů je vzhledem k chemické variabilitě různý. Hořčíkem bohaté odrůdy bývají bílé, světle šedé nebo nazelenalé, při vyšším obsahu železa tmavě zelené nebo hnědé. Augit je typicky černý. Pyroxeny jsou dobře štěpné, mají mírně nadprůměrnou hustotu a tvrdost kolem stupně 6.

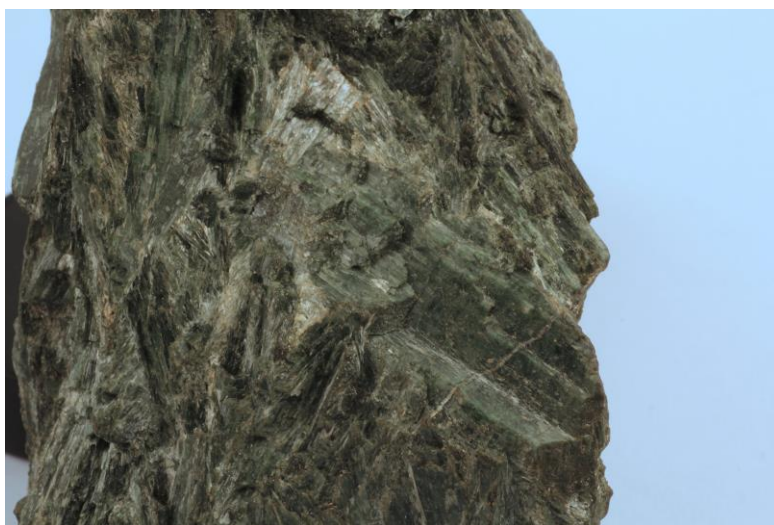
Skupina amfibolů

Jedná se o velmi komplikovanou skupinu inosilikátů s dvojitými dvojlánkovými řetězci tetraedrů SiO_4 . Podobně jako pyroxeny mohou být rombické a monoklinické, z hlediska tvorby hornin mají význam jen monoklinické amfiboly. Skupina amfibolů je mimořádně komplikovaná se širokou izomorfní mísitelností na všech strukturních pozicích, popsáno bylo přes 70 koncových členů. Pro snazší orientaci můžeme vyčlenit čtyři základní skupiny:

- Fe-Mg-Mn amfiboly (grunerit, antofylit, gedrit)
- Ca amfiboly (tremolit, aktinolit, edenit, hastingsit)
- Na-Ca amfiboly (richterit, barroisit, kataforit)
- alkalické amfiboly (glaukofán, riebeckit)

Jako hlavní horninotvorné minerály se nejčastěji vyskytují jen určité typy vápenatých a sodnovápenatých amfibolů, které se často souborně označují jako obecné amfiboly.

Ca-amfiboly typu tremolitu a ferroaktinolitu (obrázek 11) jsou běžné v nízce a středně metamorfovaných horninách typu zelených, aktinolitových nebo tremolitových břidlic, objevují se i v mramorech.



Obrázek 11. Hrubě zrnitý, tmavě zelený agregát amfibolu, který se často označuje jako aktinolit a je běžný zejména ve středně metamorfovaných břidlicích (zelené břidlice).

Obecné amfiboly jsou běžné v magmatických horninách typu syenitů, gaber, dioritů nebo hornblenditů. V metamorfovaných horninách jsou běžnou součástí rul a amfibolitů. V sedimentech se nevyskytují.

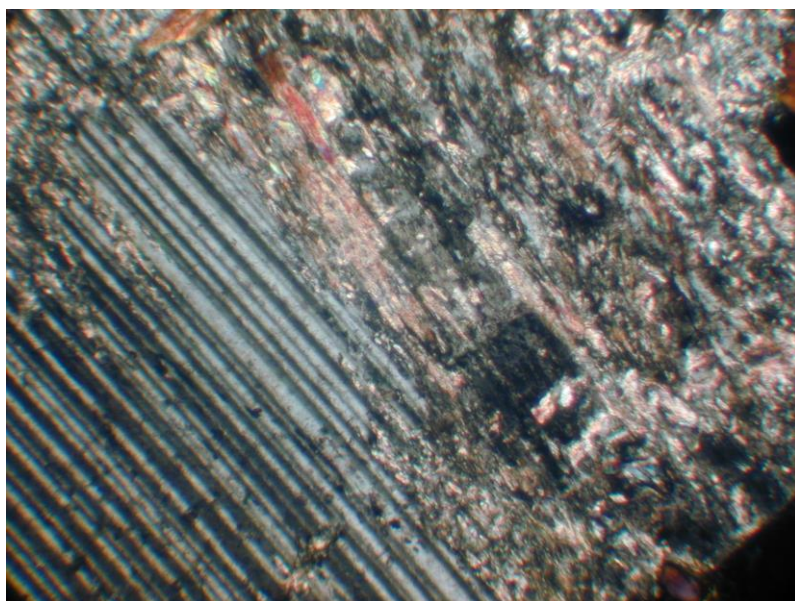
Alkalické amfiboly jsou součástí speciálních vysokotlakých metamorfovaných hornin – glaukofanitů (tzv. modré břidlice).

Amfiboly tvoří většinou dlouze sloupcovité nebo stébelnaté agregáty, barva se mění v závislosti na chemickém složení od světle zelené přes zelenou, hnědou až k černé. Stejně jako ostatní vlastnosti velmi záleží na chemickém složení, které bývá variabilní. Není výjimkou, když se v jedné hornině vyskytuje několik různých amfibolů.

Skupina slíd

Tato skupina fylosilikátů se člení na základě strukturních typů a chemického složení. Ve skupině slíd je více než deset koncových členů, které se mezi sebou mohou mísit jen omezeně. Mezi významné horninotvorné minerály patří jen dva členy skupiny slíd – muskovit a biotit.

Muskovit je dioktaedrická hlinitá slída, která je zastoupena především v kyselých magmatických plutonických nebo žilných horninách, jako jsou alkalické granity, granity, pegmatity nebo aplity. V metamorfovaných horninách je mnohem častější, především v nížce a středně metamorfovaných typech – fylit, svor, některé ruly, sericitické břidlice. Muskovit je relativně stabilní minerál, při zvětrávání se často jen mechanicky rozpadá, takže se s ním



Obrázek 12. Sericit vzniká zvětráním plagioklasů (pruhovaný minerál) a tak jedním z nejběžnějších druhotných minerálů magmatických hornin. Polarizační mikroskop, režim XPL.

variabilní složení, nicméně je velmi blízká muskovitu. Má značný význam v mnoha horninách, kde se objevuje jako druhotný produkt rozpadu živců (obrázek 12). Je zpravidla mikroskopicky šupinkatý a někdy se označuje jako jemně šupinkatý muskovit.

běžně setkáme v klastických sedimentech od slepenců, přes pískovce, arkózy až po prachové nebo jílové břidlice.

Muskovit je světlá slída, většinou je bezbarvý až stříbrný, tvoří šupinkaté nebo lupenité agregáty, přes tenké lupínky je průhledný. Je dokonalé štěpný, lupínky jsou pružné, hustota průměrná a tvrdost nízká (stupeň 3).

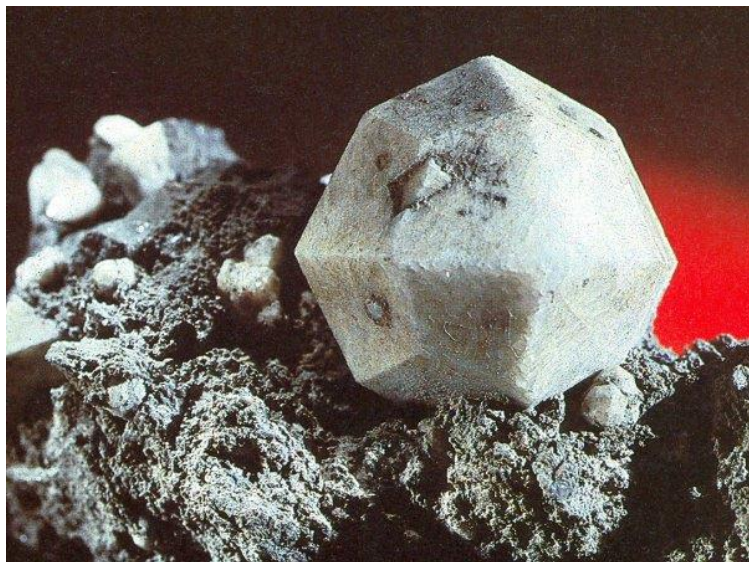
Světlá slída, označovaná jako *sericit*, má velmi

Biotit je označení pro trioktaedrickou hořečnato-železnatou slídu. Koncovými členy je čistě hořečnatý flogopit a čistě železnatý annit. Označení biotit se používá pro běžné horninotvorné slídy s mírnou převahou hořčíku. Pojmenování je sice klasifikačně nesprávné, ale je dlouhodobě vžitě a obecně přijímané. Na rozdíl od muskovitu je biotit mnohem rozšířenější minerál, ale při zvětrávání hornin také výrazně méně stabilní. V magmatických horninách se ve významném množství objevuje v granitech, granodioritech, tonalitech, syenitech dioritech, ryolitech nebo andezitech. V metamorfovaných horninách je běžný ve svorech, rulách, granulitech a flogopit bývá zastoupen v mramorech. Do sedimentárních klastických hornin se zachovává jen zcela výjimečně.

Biotit je tmavá slída, většinou je tmavě hnědý až černý s perleťovým leskem, tabulkovité nebo lupenité agregáty jsou dokonale štěpné, tenké lupeny nejsou průhledné, ale jsou pružné. Hustota je vyšší než u muskovitu, tvrdost je nízká (do stupně 3).

Zástupci živců (foidy)

Tato skupina tektosilikátů je zcela zásadní pro horniny s nízkým obsahem SiO_2 , ve kterých zcela nebo jen částečně nahrazují živce. V QAPF klasifikačním diagramu magmatických hornin se jedná o horniny zobrazené v dolním trojúhelníku. Primárně se foidy nikdy nevyskytují s křemenem. V České republice se s těmito typy hornin setkáme



Obrázek 13. Leucit je typický svým tvarem a bílou barvou, vyskytuje se jen v horninách chudých na SiO_2 .

v oblastech třetihorního vulkanismu, zejména v Českém středohoří a Doupovských horách.

Mezi dva nejběžnější zástupce živců patří leucit KAlSi_2O_6 a nefelin $(\text{Na,K})\text{AlSiO}_4$. Leucit často tvoří vyrostlice pseudokubického tvaru, je bílý nebo šedý (obrázek 13). Má mírně podprůměrnou hustotu a tvrdost do stupně 6. Nefelin tvoří krátce sloupcovitá zrna bílé nebo světle šedé barva. Tvrdost je podobná

leucitu, hustota je průměrná. Oba minerály poměrně snadno zvětrávají.

Leucit i nefelin se vyskytují výhradně v magmatických horninách. V plutonických a žilných horninách se s nimi setkáme v některých gabrech, syenitech, pegmatitech nebo velmi

speciálních horninách. Ve výlevných horninách jsou běžnou hlavní součástí fonolitů, trachytů, bazanitů, tefritů a foiditů.

Řada kalcitu

Mezi karbonáty řady kalcitu patří minerály se stejnou strukturou, ale odlišným chemickým složením. Horninotvorný význam mají kalcit (CaCO_3) a magnezit (MgCO_3). Siderit (Fe), rodochrozit (Mn) a smitsonit (Zn) mají jen lokální ložiskový význam. Mezi minerály existuje omezená izomorfní mísitelnost, takže kalcit vždy obsahuje kromě Ca i jiné prvky.

Kalcit se v magmatickém cyklu vyskytuje primárně jen ve speciálních typech hornin – karbonatitech. V ostatních magmatických horninách bývá přítomen jako druhotný minerál, často produkt přeměny starších minerálů. V metamorfovaných horninách je kalcit hlavním minerálem mramorů, erlanů a skarnů. Méně často se objevuje v nížce a středně metamorfovaných břidlicích. V sedimentech je hlavní složkou organogenních sedimentů – vápenců, nebo v kombinaci s klastickými sedimenty – slíny a slínovce (opuky). Vysrážením kalcitu z roztoků vznikají travertiny.



Obrázek 14. Paralelní srůst klencových krystalů kalcitu je běžný zejména na hydrotermálních žilách. Zde také často bývá hlušinou výplň ložisek.

Kalcit je dokonale štěpný minerál, bezbarvý, bílý, světle šedý, narůžovělý nebo i jinak zbarvený (obrázek 14). Jeho tvrdost odpovídá stupni 3, má průměrnou hustotu a relativně snadno se rozpouští.

Minerál magnezit tvoří sedimentární nebo hydrotermálně metasomatickou horninu stejného označení. Často také vzniká při zvětrávání serpentinizovaných peridotitů.

Řada dolomitu

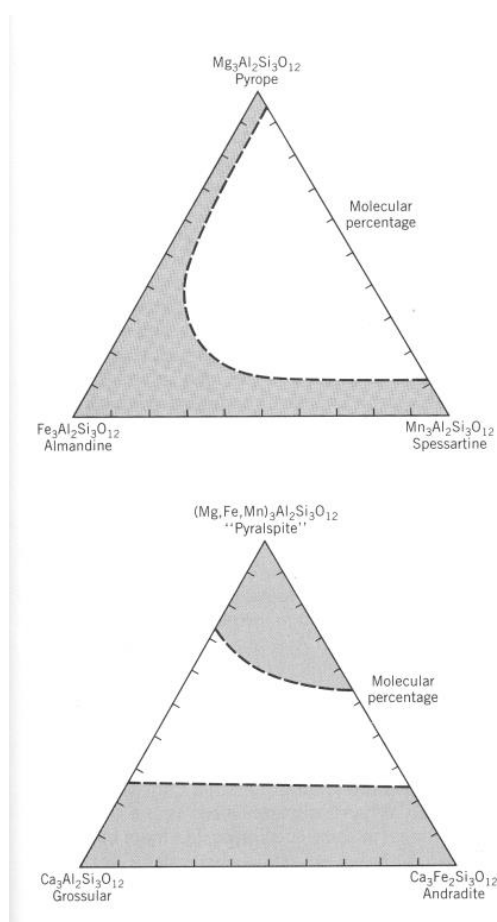
Z minerálů řady dolomitu má horninotvorný význam pouze dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Někdy obsahuje i menší podíl Fe a Mn. V magmatických horninách se vyskytuje jako druhotný minerál, je významným hlušinouvým minerálem mnoha hydrotermálních rudních žil. V metamorfovaných horninách tvoří některá tělesa mramorů nebo se objevuje v mastkových

břidlicích. Hlavní význam má dolomit v komplexech sedimentárních hornin, kde je monominerální složkou sedimentů, které se rovněž označují jako dolomity.

Skupina granátu

Ve skupině granátu existuje několik koncových členů, z nichž jen čtyři mají větší horninotvorný význam. Z hlinitých granátů jsou to pyrop $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ a almandin $\text{Fe}^{+2}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$, z vápenatých granátů jsou významné grossulár $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ a andradit $\text{Ca}_3\text{Fe}^{+3}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$.

Mezi některými koncovými členy je široká izomorfní mísitelnost (obrázek 15), takže většina přírodních granátů má poměrně komplikované chemické složení. Variabilita složení



Obrázek 15. Tmavá pole představují oblasti neomezené mísitelnosti mezi jednotlivými koncovými členy ve skupině granátu.

souvisí s typem výskytu granátu, většina z nich se objevuje ve specifických minerálních asociacích a horninách. Obecně jsou granáty většinou vedlejšími nebo akcesorickými horninotvornými minerály, v některých horninách ale tvoří i hlavní složku.

Pyrop je typický minerál ultrabazických magmatických hornin, jako jsou peridotity a kimberlity. V metamorfovaných horninách je zcela běžný v serpentinitech (obvykle vznikají z peridotitů) a eklogitech. V sedimentech najdeme pyrop zejména v oblastech zvětrávání výše uvedených hornin, v ČR se například těží pyroponosné šterky u Podsedic.

Almandin může být akcesorickým minerálem granitů a pegmatitů. Typický a zcela běžný je v metamorfovaných horninách typu svorů, rul nebo amfibolitů. V sedimentech je pak opět obsažen v oblastech zvětrávání výše jmenovaných hornin, často se na rýžoviskách těží.

Granáty s převládající grossulárovou a andraditovou složkou jsou typické pro horniny vzniklé při kontaktní metamorfóze – erlány, skarny, taktity. V těchto horninách mohou tvořit jeden z hlavních horninotvorných minerálů.

Pro granáty je typické jejich časté krystalové omezení s kubickou symetrií, červené, červenohnědé nebo zelené odstíny barvy a absence štěpnosti. Granáty mají mírně nadprůměrnou hustotu a značnou tvrdost (stupeň 8). Většina je velmi odolná vůči chemickému i mechanickému zvětrávání.

Skupina Al_2SiO_5

Do této skupiny řadíme tři nesilikáty stejného složení, ale s rozdílnou strukturou a fyzikálními vlastnostmi – andalusit, sillimanit a kyanit. Všechny minerály se vyskytují převážně v hliníkem bohatých horninách, většinou metamorfního původu.

Andalusit je minerál stabilní za nižších a středních teplot a nízkých tlaků. V magmatických horninách ho najdeme v hliníkem bohatých granitech a pegmatitech. V metamorfovaných horninách je častou akcesorií svorů, výrazný podíl může mít v kontaktně metamorfovaných rohovecích a břidlicích. V sedimentech se objevuje jen ojediněle. Typická je jeho růžová barva, dobrá štěpnost a v kontaktně metamorfovaných horninách obsahuje grafitový pigment (obrázek 7).

Sillimanit je typický minerál vyšších stupňů metamorfózy. V některých rulách je významně zastoupeným vedlejším minerálem, v moldanubiku jsou takové horniny hojně zastoupeny. V magmatických a sedimentárních horninách je velmi ojedinělý. Typická je jeho bílá nebo světle šedá barva a zejména forma jehlicovitých nebo vláknitých agregátů.

Kyanit je typický minerál metamorfovaných hornin, kdy část z nich vzniká za vysokých tlaků – granulity a eklogity. Objevuje se i ve svorech a rulách. V magmatických horninách bývá v některých pegmatitech a občas se objevuje v klastických sedimentech. Naprosto typická je jeho modrá barva (obrázek 16) a dokonalá štěpnost spolu s vysokou tvrdostí (kolem stupně 7).



Obrázek 16. Modrý, dokonale štěpný agregát kyanitu, vyskytuje se zejména v metamorfovaných horninách za vysokého tlaku.

Serpentinová skupina

Do této skupiny fylosilikátů patří několik minerálů, jejichž teoretické složení můžeme vyjádřit vzorcem $Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$. K nejběžnějším patří antigorit, chrysotil a lizardit. Jejich rozlišení pouhým okem není většinou možné, ve většině hornin vytváří žlutozelenou až černozelelou jemnozrnnou hmotu.

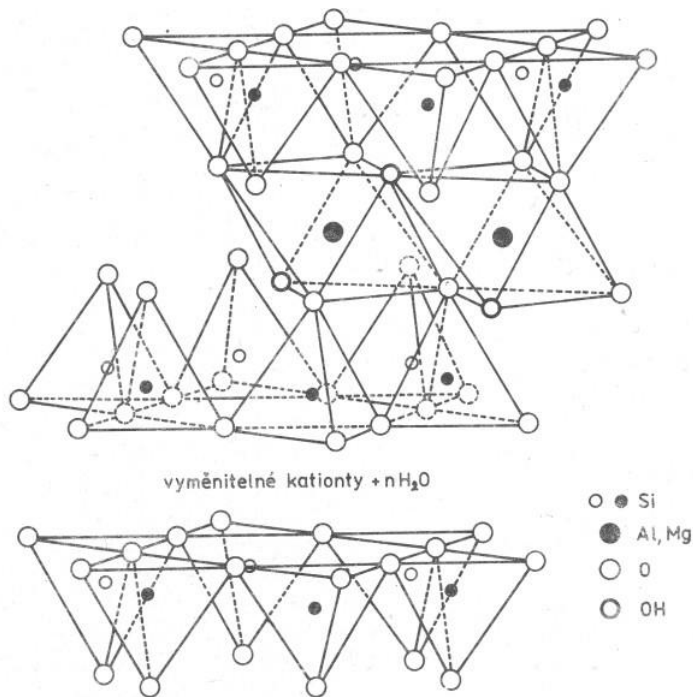
Minerály serpentinové skupiny jsou typickým produktem zvětrávání olivínu, takže se dříve nebo později objeví ve všech ultrabazických nebo bazických horninách s jeho obsahem. Jsou hlavním horninotvorným minerálem serpentinitů (hadců), které vznikly metamorfózou peridotitů.

Jílové minerály

Pojem jíl je vyhrazen nezpevněnému klastickému sedimentu přesně definované zrnitostní frakce. Jílové minerály jsou některé fylosilikáty, které se z větší části podílí nejen na stavě jílu, jílovců nebo jílových břidlic, ale také na složení půd. Množství a kvalita jílových minerálů způsobuje typické vlastnosti půd – plasticitu, bobtnavost nebo sorpční schopnosti.

Z mnoha jílových minerálů budou uvedeny jen některé nejznámější.

Kaolinit ($Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$) je typický druhotný minerál vznikající zvětráváním žilců v kyselém prostředí. Postihuje žilce zejména granitů, arkóz nebo některých rul a v konečném důsledku se vytváří zvětralinový plášť, který lze označit jako kaolinitový jíl. Rozsáhlá ložiska jsou pak zdrojem jedné z nejvýznamnějších keramických surovin. Kaolinitová „hmota“ má bílou barvu, má charakter práškovitých nebo zemitých agregátů a je plastická.



Obrázek 17. Vrstevnatá struktura některých fylosilikátů umožňuje vstup některých kationtů do mezivrstevních prostor, což má velký význam zejména v půdách.

Illit je minerál strukturně i chemicky blízký muskovitu, nicméně vykazuje trochu jiné vlastnosti. Je produktem přeměny řady hlavních horninotvorných minerálů (živce, slídy) a je běžnou součástí jílu a půd.

Skupina smektitů (nejběžnějším minerálem je montmorillonit) představuje fylosilikáty, které bývají obsaženy v mnoha jílech a většině půd. Jejich hlavním přínosem je schopnost iontové výměny – dokáží ve své struktuře vázat řadu iontů, které pak postupně uvolňují (obrázek 17). To má zásadní význam pro výživu rostlin.

Skupina turmalínu

Jedná se o rozsáhlou skupinu cyklosilikátů s velmi proměnlivým chemickým složením. Významnou součástí některých hornin je pouze jeden člen celé skupiny – skoryl. Tvoří typické sloupcovité nebo jehlicovité agregáty černé barvy (obrázek 18), má vysokou tvrdost (stupeň 7) a vůči zvětrávacím pochodům bývá odolný.

Je běžným akcesorickým minerálem kyselých magmatických hornin – granitů, aplitů nebo pegmatitů. Často se objevuje v autometamorfovaných žulách – greisenech. Je



Obrázek 18. Černý sloupcovitý skoryl je nejčastěji se vyskytující typ turmalínu v mnoha horninových typech, zde v pegmatitu, Dolní Bory.

běžnou akcesorickou součástí některých metamorfitů – svorů a rul. Občas přechází do sedimentů, tvoří akcesorii v některých slepencích nebo pískovcích.

Skupina chloritů

Tyto fylosilikáty mají několik koncových členů, kromě křemíku nejčastěji obsahují hliník, hořčík a železo. Typické jsou tabulkovité nebo jemně šupinkaté agregáty zelené nebo tmavě zelené barvy. Typická je dokonalá štěpnost a nízká tvrdost.

V magmatických horninách jsou typickým druhotným minerálem vznikajícím přeměnou biotitu. Za hlavní horninotvorný minerál mohou být považovány ve středně metamorfovaných horninách označovaných jako zelené a chloritové břidlice. V sedimentech jsou běžnou součástí chemogenních ferolitů, kde místně tvoří nekvalitní železnou rudu.

Významné ložiskové minerály

Zatímco horninotvorné minerály mají zásadní význam pro vznik různých typů hornin, ložiskové nebo ložiskotvorné minerály hrají nezastupitelnou roli při vzniku ložisek nerostných surovin. Tyto ložiskové minerály jsou dnes zájmem průmyslové těžby a zpracování užitečných složek. Z některých minerálů se získávají konkrétní prvky (např. Ag, Zn, Cu ...), jiné se využívají pro jejich fyzikální nebo chemické vlastnosti (kaolinit, křemen, fluorit ...). V následujícím přehledu jsou uvedeny jen některé nejdůležitější z těchto minerálů.

Argentit – akantit

Oba minerály jsou polymorfními modifikacemi Ag_2S , kdy argentit je stabilní při teplotě nad $179\text{ }^\circ\text{C}$. Oba minerály jsou zpravidla černé s kovovým leskem (obrázek 19), nízkou



Obrázek 19. Shluk drobných, černých krystalů argentitu. Na některých ložiscích bývá důležitou rudou stříbra. Vzorek z ložiska Příbram.

tvrdostí a jsou dobře kujné.

Oba jsou významnou rudou stříbra, zejména na různých typech hydrotermálních ložisek, často spolu s minerály arsenu, kobaltu a niklu. Významná ložiska tohoto typu najdeme v Krušných horách (Freiberg, Annaberg, Jáchymov).

Galenit

Nejvýznamnější ruda olova (PbS) vytváří kubické krystaly nebo zrnité agregáty vyznačující se dokonalou štěpností, nízkou tvrdostí a vysokou hustotou. Často obsahuje izomorfní příměsi jiných prvků, např. Ag, Bi, Cd, nebo Se.

Galenit je typický rudní minerál nejrůznější typů hydrotermálních žil, běžně se vyskytuje společně se sfaleritem a chalkopyritem (Příbram, Stříbro). Je běžným minerálem na teletermálních stratiformních ložiscích ve vápencových horninách a vytváří i rozsáhlá ložiska vulkanosedimentárního typu, která bývají často postižena metamorfózou (Zlaté hory, Horní Benešov).

Sfalerit

Hlavní ruda zinku se složením ZnS , ale většina sfaleritů obsahuje významný podíl Fe (až 25 %). Některé izomorfní příměsi jsou ložiskově velmi zajímavé, zejména Cd, Mn, Hg, Ag

nebo In. Sfalerity mají žlutou, červenou, hnědou nebo černou barvu, barva je tmavší s vyšším obsahem Fe. Charakteristická je dokonalá štěpnost, vyšší hustota a relativně nízká tvrdost (stupeň 4).

Sfalerit téměř vždy doprovází galenit, takže se vyskytuje na stejných typech ložisek. U nás se těžil v Kutné Hoře, Příbrami, Nové Vsi u Rýmařova, Zlatých Horách nebo Horním Benešově.

Chalkopyrit

Jedná se o nejběžnější (i když ne nejbohatší) rudu mědi se složením CuFeS_2 . Tetragonální krystaly nebo zrnité agregáty mají intenzivně žlutou barvu a kovový lesk, je neštěpný, má vyšší hustotu a tvrdost stupeň 4.

Jako ruda mědi se objevuje v bazických a ultrabazických horninách v ložiscích likvačního typu (Staré Ransko). Na hydrotermálních ložiscích často doprovází galenit a sfalerit (Kutná Hora, Příbram). Je hlavní měděnou rudou na objemově rozsáhlých ložiscích porfyrových rud, je součástí řady metamorfních nebo sedimentárních ložisek.

Antimonit

Nejvýznamnější ruda antimonu se složením Sb_2S_3 tvoří sloupcovité až jehlicovité krystaly nebo zrnité agregáty. Ocelově šedá barva má namodralý odstín (obrázek 20), je dokonale štěpný, má vyšší hustotu a nízkou tvrdost (stupeň 2). Může obsahovat příměsi Au, Ag, Pb nebo Cu.

Nejčastěji se vyskytuje na hydrotermálních ložiscích spjatých s mladým vulkanismem pásemných pohoří, často společně se zlatem (slovenské ložisko Kremnica).



Obrázek 20. Jehlicovité, kovově lesklé krystaly antimonitu představují významnou rudu Sb především na některých typech hydrotermálních ložisek.

Molybdenit

Významný ložiskotvorný minerál molybdenu se složením

MoS_2 , může obsahovat také Re. Tvoří lupínky nebo lístkovité agregáty modravě šedé barvy s vysoce kovovým leskem, velmi nízkou tvrdostí a vyšší hustotou. Lupínky jsou ohebné.

Často se vyskytuje na puklinách granitických hornin (Žulová), ale hlavní ložiskotvorný význam má na ložiscích porfyrových rud, která dosahují ohromných rozměrů. U nás byl získáván na greisenových ložiscích v oblasti Krušných hor a objevuje se ve větším množství i v některých skarnech. Méně běžný je v bitumenních břidlicích.

Tetraedrit – tennantit

Oba minerály jsou významnou měděnou rudou – tetraedrit obsahuje antimon $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ a tennantit arsen $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$. Na některých ložiscích mají oba minerály vysoký podíl rtuti nebo stříbra. Tvoří krystaly tetraedrického typu nebo zrnité agregáty a mají ocelově šedou barvu s kovovým leskem. Tvrdost je kolem stupně 4, hustota je vysoká.

Jako ložiskové minerály se objevují na některých hydrotermálních žilách (Kutná Hora, Příbram), na žilách spojených s greisenovými ložisky a objevují se i na metamorfovaných a metamorfních ložiscích.

Halit

Halit je velmi důležitou nerudní surovinou a to nejen z hlediska technického využití, ale i základních lidských výživových potřeb. Tvoří kubické krystaly (obrázek 21), většinou se ale



Obrázek 21. Kubické krystaly halitu mají nízkou tvrdost a hustotu a navíc se snadno rozpouští ve vodě.

vyskytuje v podobě zrnitých agregátů bílé barvy, tvoří povlaky a kůry. Hlavním diagnostickým znakem je rozpustnost ve vodě, slaná chuť, nízká tvrdost (stupeň 2) a nízká hustota.

Obrovská ložiska halitu vznikají evaporizací (odpařováním) mořské vody, kdy jsou těžena hlavně fosilní ložiska tohoto typu často spolu se sádrovcem a anhydritem. Halit může vznikat i na sopečných fumarolách, nebo tvoří výkvěty na půdách

v aridních oblastech. U nás žádná ložiska nejsou, ale v blízkém okolí jsou to velká ložiska v Německu, Polsku nebo Rakousku. Sůl je jedním z nejstarších obchodních artiklů (tzv. solné stezky).

Fluorit

Jednoduchý halovec CaF_2 tvoří většinou kubické krystaly nebo celistvé agregáty velmi proměnlivého zbarvení od bílé, žluté, přes zelenou, modrou až po fialový odstín. Má mírně nadprůměrnou hustotu, tvrdost stupeň 4. v UV záření často jeví fluorescenci.

Běžně se vyskytuje v magmatických horninách postižených procesy greisenizace, ale největší ložiskový význam má na hydrotermálních žilách, kde bývá běžně s barytem a někdy galenitem. U nás se těžilo několik ložisek – Harrachov, Moldava, Běstvina, Kožlí u Ledče nad Sázavou.

Rutil

Se svým složením TiO_2 a fyzikálními vlastnostmi je významnou rudou titanu. Velmi často tvoří tetragonální krystaly, někdy v dvojčatných srůstech, bývá v hrubě zrnitých agregátech, nebo ve formě tenkých jehlic (sagenit) je častou uzavřeninou v biotitu. Má nadprůměrnou hustotu a tvrdost kolem stupně 6, barva je červenohnědá až černá s vysokým polokovovým leskem. Stejně složení mají ještě minerály anatas a brookit, ale jejich význam je zanedbatelný. Rutil někdy obsahuje zajímavé příměsi Nb a Ta.

Jako častá akcesorie se vyskytuje v řadě magmatických a metamorfovaných hornin, kde jen ojediněle tvoří ložiskové akumulace. Vzhledem k jeho mechanické a chemické odolnosti se získává z rozsypů – zejména plážových sedimentů.

Kasiterit

Je to jedna z nejběžnějších rud cínu – SnO_2 . Často obsahuje i malý podíl Fe, Nb a Ta. Velmi často tvoří tetragonální krystaly nebo zrnité agregáty, má hnědou až černou barvu se silným kovovým leskem (obrázek 22). Nápadná je vysoká hustota a tvrdost (stupeň 7).

Je typickým minerálem cínonosných granitů a pegmatitů (greisenová ložiska), objevuje se na některých hydrotermálních žilách. Velmi často se vzhledem k jeho odolnosti těží z náplavů – plážové písky. U nás jsou



Obrázek 22. Kovově lesklé, hnědočerné krystaly kasiteritu z greisenového ložiska Horní Slavkov.

známa dnes již netěžená ložiska v Krušných horách – Krupka, Cínovec nebo Horní Slavkov.

Uraninit

Nejběžnější uranová ruda s teoretickým složením UO_2 , kdy valence uranu se může měnit a navíc bývá zastupován olovem, thoriem, radiem, cerem nebo ytriem. Běžně tvoří žilkovité, ledvinité nebo práškovité agregáty černé barvy, někdy je to neurčitá černá hmota označovaná jako uranová čern. Hustota je vysoká, ostatní fyzikální vlastnosti jsou kolísavé. Je silně radioaktivní, převládá izotop ^{238}U , zastoupení izotopu ^{235}U je asi 0,7 %.

Uraninit je strategická vojenská i energetická surovina. Jeho ložiska jsou poměrně běžná, nejčastěji se jedná o hydrotermální žíly v kombinaci s další mineralizací (Jáchymov, Příbram, Dolní Rožínka) nebo o infiltrační ložiska uložená v pískovcích a slepencích (Stráž pod Ralskem).

Sádrovec

Hojně těžená nerudní surovina se složením $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Ztrátou 1,5 molekuly vody



vzniká bassanit (= sádra) a bezvodou formou je další častý minerál anhydrit. Sádrovec má šedou nebo žlutou až světle hnědou barvu, je dokonale štěpný ve více směrech, je měkký (stupeň 2) a má nízkou hustotu. Většinou se vyskytuje ve štěpných agregátech uložených v jílových sedimentech (obrázek 23).

Obrázek 23. Dokonale štěpné agregáty sádrovice uložené v jílovitých sedimentech na ložisku Koberice. Ložiska vznikají odpařováním mořské vody v okrajových lagunách.

Z hlediska jeho těžby mají význam jen evaporitová ložiska, u nás pouze v okolí Opavy

(Koberice). Tzv. energosádrovec se získává při odlučování nečistot po spalování v tepelných uhelných elektrárnách.

Scheelit

Jedna z rud wolframu se složením CaWO_4 . Tvoří krystaly nebo masivní agregáty šedé až žlutohnědé barvy. Má průměrnou tvrdost (stupeň 5) a vysokou hustotu. Velmi snadno se zamění s křemenem, jeví však výraznou fluorescenci v UV záření.

Bývá rudním minerálem na greisenových a skarnových ložiscích (Horní Slavkov, Obří důl v Krkonoších), méně častý je na hydrotermálních žilách a křemenných žilách se zlatem.

Apatit

Pokud je těžen, tak jako zdroj fosforu – $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$. Tvoří krátce až dlouze sloupcovité krystaly velmi variabilního zbarvení, nejčastěji je bílý, zelený nebo namodralý. Má mírně nadprůměrnou hustotu a tvrdost stupně 5.

Obecně je apatit jeden z nejběžnějších akcesorických minerálů, vyskytuje se v mnoha typech hornin. Ložiskový význam má jen v některých pegmatitech nebo speciálních alkalických magmatických horninách (poloostrov Kola).

Monazit

Je to fosfát obsahující prvky vzácných zemin (Ce, La, Nd, Pr) PO_4 . Většinou tvoří krystalky nebo zrna malých rozměrů, bývá častým akcesorickým minerálem mnoha hornin.

Jako ložiskotvorný minerál se objevuje v některých speciálních typech magmatických hornin, nebo díky své odolnosti přechází do rozsypů (obrázek 24) plážové písky).

Zirkon

Minerál s teoretickým složením ZrSiO_4 může být zdrojem zirkonia, ale často obsahuje i další zajímavé prvky – Hf, Th, U. Většinou tvoří krátce sloupcovité tetragonální krystaly žluté nebo červenohnědé barvy. Má vyšší hustotu a vysokou tvrdost (stupeň 7-8).

Zirkon je běžným akcesorickým minerálem mnoha typů hornin, jako ložiskotvorný je přítomen jen na rozsypových nalezištích, díky své mechanické a chemické odolnosti.



Obrázek 24. Medově žlutá zrnka monazitu, zdroje prvku vzácných zemin (REE) v rozsypech plážových písků.

Mastek

Tato nerudní surovina se složením $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ patří mezi fylosilikáty. Většinou se vyskytuje v celistvých nebo jemně až hrubě šupinkatých agregátech bílé až světle zelené barvy. Vyznačuje se dokonalou štěpností a velmi nízkou tvrdostí.

Vzniká přeměnou ultrabazických hornin, je běžnou součástí mastkových břidlic a krupníků, kde je také nejčastěji těžen.

Postřehy a nápady:

1. Rozlišení minerál – hornina experimentálně: zkuste vzít vzorek minerálu (kalcit) a horniny (ideálně hrubozrnná žula) a oba rozbíjejte na menší kousky. Zatímco minerál má pořád stejnou stavbu a složení shodné s původním vzorkem, heterogenní hornina se rozpadá na drobnější zrnka tvořená již jen jediným minerálem, což neodpovídá původnímu složení vzorku horniny.
2. Nejlépe se horninotvorné a ložiskotvorné minerály ukazují na skutečných vzorcích. Zajímavým zpestřením mohou být ukázky výrobků, které se z jednotlivých surovin nebo minerálů vyrábí.
3. Problémem bývá rozlišení alkalických živců a plagioklasů v hornině. Pokud hornina obsahuje jen jeden typ výše uvedených živců, je jejich určení na základě běžných fyzikálních vlastností obtížné až nemožné. V horninách, kde jsou obsaženy oba typy živců, jsou alkalické živce zpravidla ty barevnější (nejčastěji krémová nebo narůžovělá barva), zatímco plagioklasy jsou bílé. Pravidlo ale nemusí platit zcela na 100%.
4. Většina minerálů s vysokou hustotou, a které jsou dostatečně odolné, se těží v rozsypech. Nejstarší metodou je rýžování (šlichování). Rýžovací pánev lze snadno koupit, a tak je možné metodu této historické těžby vyzkoušet. Základ může být písek, do kterého přidáte kousky („kuličky“) pájecího cínu nebo olova (originální zlatinky asi neseženete). To vše se provádí ve vodě – ideálně dětský bazének.