

Aktuální problémy geologie 3

Vyhledávání, průzkum a oceňování nerostných surovinových zdrojů

Část II – Vyhledávání a průzkum nerostných surovinových zdrojů

Miloš René
rene@irsm.cas.cz

Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i.

Praha 2007

2. Vyhledávání a průzkum nerostných surovinových zdrojů

Vyhledávání a průzkum nerostných surovinových zdrojů jsou činnosti, které jsou určeny k nalezení a ověření nových zdrojů nerostných surovin. Vzhledem k tomu, že se jedná o činnosti doprovázené obvykle různě velkými zásahy do přírodního prostředí, případně do práv pozemkových vlastníků, jsou tyto činnosti vymezeny zákonnými normami. V České republice jsou tyto činnosti vymezeny především zákonem č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění pozdějších předpisů, zákonem č. 61/1988 Sb. o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů a zákonem č. 62/1988 Sb. o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, ve znění pozdějších předpisů (7 novelizací). Vzhledem k tomu, že průzkum ložisek nerostných surovin a následná těžba výrazně ovlivňuje přírodní prostředí, tak je nutno rovněž respektovat ustanovení zákona č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů.

Podobné zákonné normy jsou platné i v ostatních průmyslově vyspělých zemích a začínají se v různé míře uplatňovat i v rozvojových státech. Při podnikání v zahraničí je nutné rozlišovat, zda jde o činnost vázanou mezivládními dohodami, případně aktivitami OSN (např. dohody o zahraniční pomoci méně rozvinutým zemím, program UNDP OSN apod.) nebo o činnost soukromých subjektů. V případě činnosti soukromých subjektů jsou obvykle nutné pro vyhledávání a průzkum zahraničních společností na daném teritoriu vládní licence, opravňující k vyhledávání a průzkumu na území toho kterého státu.

Vlastní vyhledávání a průzkum ložisek nerostných surovin jsou v České republice vymezeny předpisy Ministerstva životního prostředí (MŽP ČR), zejména pak vyhláškou MŽP č. 282/2001 Sb., o evidenci geologických prací, ve znění vyhlášky MŽP č. 368/2004 Sb., vyhláškou č. 368/2004 Sb., o geologické dokumentaci a vyhláškou č. 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek. V následujícím textu budou přiměřeně použita vybraná ustanovení výše uvedených zákonných a podzákonných norem. Současně budou uvedeny i možnosti a úskalí řešení daného úkolu v podmínkách zahraničního podnikání.

2.1. Metody vyhledávání

Vyhledávání představuje činnost vedoucí k nalezení nového zdroje určité nerostné suroviny, nebo skupiny nerostných surovin (např. polymetalické rudy Pb, Zn, Ag, Cu, stavební suroviny aj.). Součástí vyhledávání nerostných surovin je rovněž zpracování prognóz

výskytu takovýchto surovin v návaznosti na dosavadní poznatky o geologické stavbě daného území nebo pozůstatky po starší těžbě nerostných surovin. Dosavadní poznatky o geologické stavbě se uplatňují zejména v málo obydlených oblastech, kde ani v minulosti nedošlo k pokusům o nalezení, případně těžbu hledaného nerostného zdroje. Naopak ve státech s různě rozsáhlou historickou těžbou nerostných surovin jsou významné poznatky o této historické těžbě. Tyto poznatky lze rozdělit na poznatky získané z archeologického výzkumu, poznatky získané z historických dokumentů (staré důlní mapy, archivní záznamy o vyhledávání a těžbě nerostných surovin) a konečně poznatky z terénní rekognoskace (nálezy starších průzkumných a těžebních prací). Metody výzkumu opírající se o využití historických stop při vyhledávání a prognózním ocenění daného území byly po 2. světové válce s úspěchem použity při prognózním oceňování a vyhledávání nerostných surovin na území České republiky (vyhledávání ložisek uranových rud v letech 1945-1948, prognózní ocenění na výskyt rud stříbra a zlata v 70. letech 20. století).

Každému novému úkolu vyhledávání ložisek nerostných surovin musí předcházet vypracování projektu této činnosti. V případě vyhledávání ložisek vyhrazených nerostů musí být nejdříve stanoveno průzkumné území ve smyslu zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, ve znění pozdějších předpisů. Vyhledávání ložisek nevyhrazených nerostů je dnes vázáno pouze na souhlas vlastníka pozemku. V projektu musí být vymezen druh a etapa geologických prací, cíl geologických prací a soubor činností projektovaných k dosažení daného cíle. Součástí projektu musí být rovněž vymezení případných střetů zájmů (ochrana minerálních vod, ochrana produktovodů, ochrana kabelových sítí, ochrana zvláště chráněných území přírody a krajiny aj.). Jestliže součástí projektu je rovněž použití technických prací (odkopy, rýhy, šachtice, vrty aj.), musí být zpracován rovněž projekt technických prací. Lokalizace území projektu se dokládají mapami, řezy, případně technickými výkresy. Nedílnou součástí projektu je rovněž rozpočet geologických prací a evidenční list geologického úkolu.

2.1.1. Geologické metody

Geologické metody se opírají zejména o geologické mapování. Využívá se přitom jednak rukopisných nebo tištěných map státní geologické služby, případně starších geologických map zpracovaných jinými subjekty. V České republice jsou archivní geologické mapy uloženy zejména v archivu České geologické služby-Geofond a v archivu organizace zabývající se vyhledáváním a těžbou uranových rud (DIAMO). Podobné archivy existují

rovněž v zahraničí a to buď ve státní geologické službě nebo v geologické službách jednotlivých zemí v případě federálního uspořádání státu (Německo, USA, Kanada, Austrálie). V řadě případů lze získat první informace z mapových internetových serverů těchto organizací. V České republice jsou k dispozici relevantní informace na mapových serverech České geologické služby (www.cgu.cz) a České geologické služby-Geofondu (www.geofond.cz).

Dalším zdrojem informací jsou archivy rukopisných zpráv státních geologických služeb, případně archivy těžebních a geologicko-průzkumných organizací. V České republice jsou nejvýznamnějším zdrojem těchto informací archivy České-geologické služby-Geofondu a organizace DIAMO. Méně významným zdrojem jsou publikované zdroje, zejména monografie o výskytech minerálů, případně regionálně geologické studie. Vzhledem k tomu, že informace o potenciálních zdrojích nerostných surovin mají obvykle velkou finanční hodnotu, jsou takovéto informace volně přístupné na internetu spíše vzácností.

Vzhledem k tomu, že v etapě prognózního oceňování jsou technické geologické práce (rýhy, šachtice, vrty) využívány spíše vzácně, je detailní charakteristika těchto prací popsána v kapitole věnované technice geologického průzkumu. Po kamerální etapě prognózního oceňování vycházející z dosud provedených geologických prací následuje vlastní etapa geologického mapování. Geologické mapování se obvykle soustřeďuje na zhotovení a sestavení geologických map větších, případně středních měřítek. V dobře prozkoumaných regionech je součástí etapy vyhledávacího průzkumu účelové mapování v měřítcích 1:10 000 až 1: 5000. V méně prozkoumaných regionech se obvykle sestavují, resp. reambulují geologické mapy středních měřítek (1:50 000 až 1:200 000). Geologické mapování se v případě vyhledávání ložisek nerostných surovin často kombinuje s dalšími, zejména geochemickými a geofyzikálními metodami.

Na základě geologického mapování lze již obvykle v daném území vymezit prognózní zdroje nerostných surovin. Prognózní zdroje se vymezují na základě znalosti geologické stavby území se zřetelem k zákonitostem vzniku a tvorby ložisek nerostných surovin. Nejčastěji se přitom využívá metoda analogie s existujícími zdroji nerostných surovin, kdy je však nutno pro větší věrohodnost takového ocenění zdůvodnit oprávněnost použitého modelu vzniku ložisek nerostných surovin. Modely ložisek nerostných surovin jsou pro účely vyhledávání zpracovány zejména pro ložiska rud, případně pro ložiska vybraných nerudných surovin (fluorit, baryt, diamanty, kaoliny apod.) (Eckstrand 1984, Cox a Singer 1986, Roberts a Sheahan 1988). V sovětské i v naší starší literatuře (Kužvart a Böhmer 1982) jsou pro

jednotlivé typy surovin často vymezovány indicie a příznaky projevů koncentrací jednotlivých nerostných surovin. Podobně jako v případě ložiskových modelů byly soubory příznivých faktorů a indicií ekonomicky zajímavých koncentrací zpracovány zejména pro ložiska rudních surovin (Rundkvist 1986). Takovéto příznivé faktory jsou obvykle shrnovány do pojmu **prognózní kritéria**. Pro řadu nerostných surovin, zejména rudních surovin byly vypracovány v rámci geologických služeb RVHP specializované příručky shrnující jak genetické modely ložisek nerostných surovin, tak jejich indikační příznaky. Tyto metodické příručky se soustředily zejména na prognózování a vyhledávání ložisek Au, Ag, Sn-W, Pb-Zn-Cu a uranových rud (Rundkvist a Denisenko 1970, Krivcov 1983). Obecné principy prognózování ložisek nerostných surovin lze nalézt mimo jiné v publikaci Satrana (1977).

2.1.2. Geochemické metody

Geochemické metody vyhledávání a průzkumu ložisek nerostných surovin vycházejí z nehomogenit geochemického pole, které indikují přítomnost možného nahromadění užitkového nerostu. **Geochemickým polem** se rozumí geochemicky stejnorodá oblast svrchní zemské kůry, kterou lze charakterizovat homogenní plošnou distribucí určitého chemického prvku nebo určité prvkové asociace. Někdy se vymezují geochemická pole rozptylu a geochemická pole koncentrace. Pole rozptylu se často označuje též jako klidné geochemické pole, které se vyznačuje jen ojedinělými nesystematickými fluktuacemi hodnot koncentrace prvků od jeho průměrného obsahu ve svrchní zemské kůře. Naopak pole koncentrace se někdy označuje jako porušené geochemické pole, které je charakteristické přítomností anomálních akumulací daných prvků (koncentračních anomálií) nebo přítomností neobvyklých prvkových asociací (konstitučních anomálií). Geochemické pole lze rozdělit na oblasti geochemického pozadí s koncentrací prvků neodlišující se od průměrných obsahů v zemské kůře (**klarku**), oblasti slabě zvýšených koncentrací prvků s geochemicky specializovanými horninovými komplexy (např. cínonosné granity, ultrabazika s vyšším obsahem Ni, Co, Pt-kovů) a oblasti s anomálními obsahy sledovaných prvků. Poslední skupina zahrnuje jednak bodové výskyty užitkových minerálů, jednak akumulace, které lze na základě ekonomicko-geologických kritérií hodnotit jako ložiska nerostných surovin.

V oblastech s anomálními obsahy sledovaných prvků je základním problémem stanovení **geochemického pozadí** a jeho odlišení od **geochemické anomálie**. Geochemické anomálie se projevují koncentrací daného prvku výrazně vyšší nebo výrazně nižší než je hodnota geochemického pozadí. Pro rozlišení geochemické anomálie od geochemického

pozadí se používají různé statistické metody opírající se o příslušné statistické modely (normální, logaritmické aj.). Pro geochemické metody prospekce rudních i nerudných ložisek se často využívají vhodné **indikační prvky**, případně **indikační prvkové asociace**. Na základě geochemické specializace hornin byly v minulosti definovány **geochemická kritéria rudonosti**. Jedná se o kritéria vycházející ze zvláštností distribuce obvykle stopových prvků v horninách, distribuce stopových prvků v minerálech (např. Sn v biotitu) a kritéria založená na vztazích obsahů různých prvků v horninách a minerálech. Pro studium vztahů obsahů jednotlivých prvků v horninách a minerálech se často používají korelační a multivariační statistické metody (korelační, faktorová, diskriminační analýza aj.).

Pro potřeby prognózní ocenění a regionálního vyhledávacího průzkumu se používá **geochemické mapování** založené na výzkumu plošné distribuce daného prvku nebo prvkové asociace. Pro odběr vzorků se používá obvykle vzorkovací síť různé hustoty, univerzální pravidlo vychází z hustoty jeden vzorek/cm² mapy. V řadě zemí, včetně České republiky byly sestaveny regionální geochemické atlasy, nejčastěji v měřítcích 1:200 000. Tyto atlasy byly sestavovány nejen z hlediska potřeb prognózního oceňování surovinového potenciálu daného území, ale zejména z hlediska vymezení geochemických geofaktorů přírodního prostředí (sledování distribuce As, Se, Hg aj.). V příslušném předpisu o provádění geologických prací (vyhláška č. 369/2004 Sb.) je rozlišována etapa regionálního geochemického průzkumu prováděná obvykle ve středních měřítcích 1: 50 000, etapa základního geochemického průzkumu (etapa vyhledávacího průzkumu) a etapa podrobného geochemického průzkumu (etapa předběžného a podrobného průzkumu). Etapy základního a podrobného geochemického průzkumu jsou prováděny obvykle v měřítcích 1:5000 až 1:25 000.

Z hlediska vzorkovaného prostředí jsou geochemické metody vyhledávání nerostných surovin obvykle rozdělovány na metody **litogeochemické**, **hydrogeochemické**, **atmogeochemické** a **biogeochemické**. Metody litogeochemické se dále dělí na metody **horninové litogeochemie** a metody **půdní litogeochemie (metalometrie)**. Metody horninové litogeochemie jsou využívány jednak při sledování geochemické specializace vybraných horninových komplexů (cínonosné granity, ultrabazika s platinovými kovy), jednak při sledování výskytu **primárních geochemických aureol**. Primární geochemické aureoly vznikají jako syngenetické aureoly kolem ložiskových akumulací sledovaných prvků. S ohledem na jejich vztah ke klidnému geochemickému poli se často rozlišují **přínosové** a **výnosové** aureoly. Jejich velikost, zejména jejich šířka velmi kolísá a obvykle se pohybuje v řádu metrů až několika stovek metrů. Metody **horninové litogeochemie** se používají ve

všech etapách geochemických metod vyhledávání a průzkumu. V regionální etapě se odebírají kusové vzorky, pokud možno nezvětralých hornin ze všech dostupných výchozů. Jejich hmotnost by měla být nejméně 1-2 kg, v případě hrubě zrnitých hornin 4-5 kg. V etapě podrobného geochemického průzkumu se obvykle odebírají vzorky vrtných jader nebo půlených vrtných jader. Délka vzorkovaného jádra činí obvykle 1 m/vzorek, pokud není nutné z důvodů pestrého litologického vývoje vzorkovat kratší intervaly. V případě velmi homogenního litologického vývoje se někdy používá metoda tzv. bodové brázdy, kdy je odebíráno v rámci jednoho vzorku 5-6 úseků jádra o délce 5-10 cm. Podrobnou charakteristiku metod horninové litogeochemie lze najít zejména v monografii Govetta (1983).

Sekundární geochemické aureoly, které vznikají ve zvětralinovém plášti nad anomálními koncentracemi užitečných nerostů jsou nejlépe indikovány s využitím **půdní litogeochemie**. Největší koncentrace sledovaných prvků se obvykle vyskytují v půdním horizontu označovaném v pedologii jako **horizont B**. Tento horizont je tudíž v případě půdní litogeochemie nejčastěji vzorkován, přičemž pro analytické stanovení se následně odděluje zrnitostní frakce půdy pod 0,07-0,18 mm. V případě obou typů litogeochemické prospekce se vzorkování v etapě základního a podrobného geochemického průzkumu provádí v pravidelných profilových sítí se vzdáleností jednotlivých profilů 500-200 m a hustotou odběru vzorků na profilu 50-20 m. V etapě regionálního geochemického průzkumu, kdy se využívá zejména metoda horninové litogeochemie, se obvykle vzorkuje v nepravidelné síti vycházející z možností odkrytosti terénu. V etapě podrobného geochemického průzkumu se využívá naopak zejména metoda půdní litogeochemie. V tomto případě se obvykle odebírá půdní vzorek ze spodní části horizontu B, případně z rozhraní horizontů B a C. Hmotnost odebíraných vzorků je obvykle cca 500 g. Další úprava vzorků litogeochemické prospekce se provádí až v chemických laboratořích.

V archivu České geologické služby-Geofondu jsou v digitální podobě uloženy rozsáhlé soubory geochemických dat získaných jak metodou horninové litogeochemie, tak zejména metodou půdní litogeochemie. Jedná se jednak o soubory převzaté z činnosti Geochemického střediska Geoindustria Jihlava, jednak o soubory převzaté z průzkumné činnosti Geologického průzkumu Uranového průmyslu (dnes DIAMO). Významný soubor dat horninové litogeochemie odpovídající svojí hustotou vzorkování etapě regionálního geochemického průzkumu je uložen rovněž v digitální podobě v databázi České geologické služby.

Zvláštním typem litogeochemické prospekce, která není založena na sledování distribuce vybraných prvků, nýbrž na sledování jednotlivých, nejčastěji akcesorických nebo ekonomicky zajímavých minerálů (zlato, scheelit, baryt, diamant, pyrop) je metoda sledování **distribuce těžkých minerálů**. Jedná se o klasickou prospekční metodu, používanou již ve starověku a raném středověku při vyhledávání ložisek zlata a cínových rud. Tato metoda, označovaná v české literatuře též jako **rýžování** nebo **šlichová prospekce**, je kromě klasického vzorkování vodotečí využívána rovněž při průzkumu geochemické specializace horninových komplexů a jako doplněk standardní horninové nebo půdní litogeochemie. V tomto případě je tato metoda využívána zejména v etapě regionálního geochemického průzkumu, případně v etapě základního geochemického průzkumu. V měřítcích 1:500 000 – 1:100 000 je vhodná vzdálenost mezi jednotlivými vzorky 5-1 km, pro větší měřítko 1:50 000 – 1:10 000 je krok vzorkování obvykle 500-100 m. Pro území Českého masivu existují rozsáhlé datové soubory regionální šlichové prospekce, které jsou dnes k dispozici v archivu České geologické služby-Geofondu. V minulosti byla v rámci Českého masivu šlichová prospekce využívána zejména pro vyhledávání ložisek zlata, Sn-W rud, fluorit-barytových rud, omezeně i ložisek monazitu (Pootaví v době 2. světové války).

Odběr vzorků pro potřeby šlichové prospekce je vhodné provádět zejména v místech s mírným prouděním nebo v blízkosti nárazového břehu. Pro rýžování jsou vhodné zejména sedimenty s širokým zrnitostním spektrem, s výskytem větších valounů i jemnozrnného písčitého podílu. V členité síti vodních toků je nezbytné respektovat vliv sedimentace podél hlavního toku a přítoky se proto začínají vzorkovat výše nad soutokem. Vzorkování se provádí v místech s největším předpokládaným nabožením těžkých minerálů, z hloubky maximálně 50 cm. Optimální hloubka odběru je 20-40 cm. Vstupní objem vzorku by měl být 5-15 litrů. Nejdůležitější fází terénní etapy je vlastní rýžování, které spočívá v odplavování jednak jílového podílu, jednak lehčích minerálů. Pro rýžování se nejčastěji používají klasické rýžovnické misky tvaru „čínského klobouku“. Rýžovnickou techniku je nutné přizpůsobit hustotě hlavnímu minerálu nebo skupiny minerálů, které chceme šlichovou prospekci sledovat. Před vlastním rýžováním se obvykle odebraný vzorek přeseje pod vodou přes síto s velikostí ok 2 mm. Nadsítná frakce se po pečlivém prohlédnutí odloží. Získaný výsledný šlich obvykle šedé barvy v němž jsou zachované i světlé těžké minerály jako je zirkon, scheelit, topaz aj. se odebere pro další laboratorní zpracování. Základním pracovním postupem laboratorního zpracování je mineralogická analýza, doplněná chemickou analýzou vybraných, obvykle nejjemnějších zrnitostních frakcí pod 0,1 mm. Před vlastní

mineralogickou analýzou se vzorek rozdělí na obvykle čtyři zrnitostní frakce, které se následně dělí podle magnetických vlastností a podle hustoty s použitím permanentního magnetu, resp. elektromagnetu a s použitím těžkých kapalin. Při vlastní mineralogické analýze se provádí jednak identifikace jednotlivých minerálů, jednak odhad relativního množství zájmových minerálů.

Hydrogeochemická prospekce využívá sledování anomálních koncentrací rudních nebo indikačních prvků ve vodotečích (pramenech, potocích, řekách, jezerech). Mimo koncentrace indikačních prvků je přímo při odběru sledována rovněž hodnota pH a Eh vody, případně měřeny koncentrace sledovaných prvků (např. fluoru) s využitím iontových selektivních elektrod. Předností metody je snadné vzorkování a v případě použití terénních analytických přístrojů rychlé získání výsledků. Nevýhodou je častá nutnost specifické úpravy analytických procedur pro stanovení velmi nízkých koncentrací sledovaných prvků a značné nebezpečí ovlivnění antropogenními kontaminacemi. Síť odběru vzorků vychází z hustoty vodní sítě a vzorkování se provádí pokud možno v období sucha, v krátkém časovém úseku, aby byl vyloučen nepříznivý vliv klimatických změn. Při vzorkování je vhodné odebírat z jednoho místa nejméně tři vzorky o minimálním objemu jednotlivého vzorku 100 ml. Odběr je prováděn do polyethylenových lahvíček, předem vymytých kyselinou dusičnou a redestilovanou vodou. Při každém odběru je nutné lahvíčku ještě dvakrát vypláchnout vzorkovanou vodou. Lahvičky musí být naplněny až po okraj, nemá zůstat vzduchová bublina. Vodu ve dvou lahvíčkách je třeba ještě v terénu stabilizovat kyselinou dusičnou v poměru 2,5 ml HNO₃/litr vody. Tím se voda okyselí na pH 2-4 a zabrání se vysrážení kovů před zpracováním vzorků v laboratoři. Třetí odebíraný vzorek se v terénu neupravuje. Na každých 100 odebíraných vzorků je vhodné odebrat 3-5 vzorků o objemu pět litrů pro komplexní analýzu vody. Na každém odběrovém místě se rovněž měří teplota vody a vzduchu, hodnota pH, případně se zaznamenává výskyt CO₂, sraženin a celková charakteristika místa odběru. Odebrané vzorky by měly být analyzovány v co nejkratší době od dne odběru. Hydrogeochemická prospekce je obvykle spolu s metodou řečištních sedimentů součástí komplexní geochemické prospekce a podle rozsahu je někdy rozlišován rekognoskační hydrogeochemický průzkum v měřítku 1: 200 000 až 1: 500 000 (hustota vzorkování vzorek/3-35 km²), plošný hydrogeochemický průzkum v měřítku 1: 100 000 až 1: 50 000 (hustota vzorkování (vzorek/0,5-2,5 km²) a podrobný hydrogeochemický průzkum v měřítku 1:25 000 až 1: 5 000.

Na vzorkování vodotečí je rovněž zaměřená již výše uvedená metoda šlichové prospekce a geochemická prospekce **řečištních sedimentů** (stream sediments). V tomto případě je vzorkována jemná písčito-jílovitá frakce řečištních sedimentů pod 0,18 mm. Někdy je doporučováno odebraný vzorek v laboratoři dodatečně síťováním rozdělit na více zrnitostních frakcí a ty analyzovat samostatně. Pro odběr vzorků se vybírají jílové polohy pokud možno bez rostlinných zbytků. Vzorky se odebírají pokud možno ve středu proudnice, z úrovně nejčastější polohy vodní hladiny. Dává se přednost místům, v nichž dochází ke koncentraci těžkých minerálů, kde tudíž lze očekávat přítomnost jejich úlomků i v jemném podílu řečištního sedimentu. Takovými místy jsou často ostrůvky aluvia v řečišti, jesepty a místa s přirozenými překážkami. Vzorek se odebírá z více poloh, tak aby z daného místa odběru byl odebrán pokud možno reprezentativní vzorek. Ve většině případů postačuje velikost o hmotnosti do 100 g. Odběr vzorků řečištních sedimentů by měl být pokud možno doprovázen měřením pH vody, případně dalších veličin. Vzhledem k tomu, že tato metoda je velmi citlivá na antropogenní znečištění, je třeba se vyhnout místům v blízkosti skládek odpadů, průmyslových závodů apod. V oblastech s četným výskytem jezer (Kanada) je s výhodou využíváno vzorkování jezerních sedimentů. Vzorkování jezerních sedimentů je využíváno zejména při rekognoskační nebo regionální etapě geochemického průzkumu. Podobně jako v případě půdní litogeochemie jsou pro vybraná území Českého masivu k dispozici archivní datové soubory výsledků prospekce řečištních sedimentů v České geologické službě-Geofondu.

Na sledování chemického složení rostlinného, výjimečně i živočišného materiálu jsou založeny **biogeochemické metody**. Biogeochemická prospekce se používá zejména v oblastech s mocným půdním pokryvem. Hloubkový dosah metody, závislý na hloubce kořenového systému vzorkovaného rostlinného druhu, se pohybuje obvykle v rozmezí 1-15 m. Při odběru dřevin se doporučuje odebírat vzorky 2-4-letých větví, u bylin je doporučován odběr celé nadzemní části. Velikost vzorku by měla být taková, aby spálením byl získán nejméně 1 g popelu. Toto množství odpovídá nejméně 20 g rostlinného materiálu, často se však doporučuje odběr 0,5-1 kg rostlinného materiálu. Vzorkování je potřebné provést v rozmezí 2-3 týdnů, aby nedošlo v důsledku vegetačních procesů k velkým změnám v distribuci prvků v rostlině. Vzorky rostlinného materiálu jsou často doplňovány odběrem asi 100 g humusu z bezprostředního okolí vzorkované rostliny. Aplikace biogeochemické metody je vhodná v oblastech se souvislým vegetačním pokryvem. V Českém masivu byla tato metoda použita zejména při vyhledávání ložisek Pb-Zn-Ag a Au rud.

Biogeochemické metody jsou někdy doplňovány **geobotanickými**, případně **geozologickými metodami**. V tomto případě se využívá skutečnosti, že existují druhy rostlin, které rostou jen na místech s akumulací některých rudních prvků. Geobotanické metody v posledních letech získaly na významu v souvislosti s metodami dálkového průzkumu Země (DPZ). V tomto případě se obvykle využívá vyhodnocování spektrozonálních leteckých a družicových snímků. Biochemickým a geobotanickým metodám prospekce je věnována monografie Brookse (1983).

Na uvolňování některých plynných komponent jsou založeny **atmogeochemické metody**. Tyto metody jsou využívány jen při vyhledávání některých specifických typů nerostných surovin. Je to zejména sledování plynných uhlovodíků při vyhledávání ložisek ropy a zemního plynu, sledování radonu při vyhledávání ložisek uranových rud nebo sledování par rtuti při vyhledávání ložisek rud rtuti, případně dalších rudních ložisek, kde jsou např. rudy stříbra, zlata, olova a zinku doprovázeny výskytem cinnabaritu. Emanometrické metody založené na sledování výskytu radonu v půdním vzduchu jsou obvykle považovány za součást geofyzikálních metod vyhledávání uranových rud. Pro sledování koncentrací radonu nebo par rtuti byly vyvinuty speciální terénní detekční přístroje, přičemž nejznámější jsou přístroje vyráběné kanadskou firmou SCINTREX. Relativně novým objektem atmogeochemických metod je sledování výskytu metalorganických sloučenin, které mají charakter aerosolů. Sledováním těchto kovoносných aerosolů se u nás zabýval zejména Krčmář (Krčmář a Vylita 2001). Atmogeochemické metody jsou využívány zejména v etapě podrobného geochemického průzkumu a nejvyššího rozšíření na území České republiky dosáhly v souvislosti s vyhledáváním ložisek uranových rud.

2.1.3. Ostatní metody

Pro vyhledávání a průzkum ložisek nerostných surovin mají rozhodující význam rovněž **geofyzikální metody**, kterým je v rámci studijního programu věnována samostatná přednáška. Pro vyhledávání a průzkum rudních ložisek mají největší význam geoelektrické a magnetometrické metody. V případě vyhledávání ložisek uranových rud se využívají různé varianty radiometrických metod a metod založených na terénní nebo letecké gamaspektrometrii. Pro vyhledávání ložisek ropy a zemního plynu mají rozhodující význam seismické metody, zejména metody 3D seismiky. V některých případech se při vyhledávání ložisek nerostných surovin využívají s výhodou rovněž gravimetrické metody.

Stále větší význam pro vyhledávání a průzkum ložisek nerostných surovin mají **metody dálkového průzkumu Země (DPZ)**, založené na vyhodnocování leteckých a družicových snímků, resp. snímků pořizovaných digitálními kamerami v různých oblastech jak viditelné části spektra, tak v oblasti infračerveného nebo blízko infračerveného záření. S možnostmi těchto metod a možnostmi jejich použití při vyhledání a průzkumu ložisek nerostných surovin se lze seznámit jednak v učebnici Dobrovolného (1998), jednak v samostatných přednáškách a cvičeních zajišťovaných katedrou geoinformatiky. Podrobnou charakteristiku metod DPZ ve vztahu ke geologickému mapování a vyhledávání ložisek nerostných surovin lze najít rovněž v monografiích Prosta (1994) a Druryho (1997).

V současné době jsou metody dálkového průzkumu Země obvykle propojovány s komplexním zpracováním výsledků všech ostatních metod vyhledávání a průzkumu v rámci projektů **geografických informačních systémů (GIS)**. Česká geologická služba i řada dalších průzkumných organizací k tomu dnes využívá zejména systém ArcGIS 9.x společnosti ESRI. Datový model systému ArcGIS je rovněž standardním datovým modelem evropských geologických služeb sdružených v zájmovém sdružení EuroGeoSurveys (www.eurogeosurveys.org). Pro další studium využití GIS metod při vyhledávání a průzkumu ložisek nerostných surovin lze doporučit zejména učebnici Bonham-Cartera (1994).

2.2. Metody průzkumu

Na prognózy výskytu nerostné suroviny, resp. na zjištění potenciálně ekonomického zdroje nerostné suroviny v průběhu geologického mapování nebo regionálního geochemického, případně geofyzikálního průzkumu bezprostředně navazuje vlastní průzkum ložisek nerostných surovin. Organizace geologického průzkumu nerostných surovinových zdrojů je významně závislá na legislativní úpravě průzkumu těchto zdrojů v té, které zemi. V centrálně řízených ekonomikách (Rusko, Kuba, Vietnam, Čína aj.) je geologický průzkum ložisek nerostných surovin obvykle nejen kontrolován, ale i řízen a financován vládou nebo regionálními státními orgány. V zemích s různým podílem tržní ekonomiky je průzkum nerostných surovin jen vzácně financován ze státních prostředků, nicméně je kontrolován zejména při vyhledávání a průzkumu surovinových zdrojů spravovaných státem (výhradních surovin). V některých případech se tato kontrola vztahuje na vyhledávání všech nerostných surovinových zdrojů. Základní formou kontroly je administrativní řízení spojené s vydáním průzkumné licence. Například v západní Austrálii se vydává dvouletá licence na průzkum na území do 200 ha, pětiletá licence může pokrývat území mezi 10-200 km² (Evans 1995).

V České republice je nástrojem pro kontrolu průzkumu ložisek vydání rozhodnutí o **průzkumném území**, které vydává Ministerstvo životního prostředí na základě žádosti průzkumné organizace v souladu se zákonem č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, ve znění pozdějších předpisů. V souladu s tímto zákonem lze vyhledávání a průzkum ložisek vyhrazených nerostů a průzkum výhradních ložisek nevyhrazených surovin provádět pouze v průzkumném území, které bylo stanoveno právnické nebo fyzické osobě, která má oprávnění k hornické činnosti ve smyslu zákona č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů. Účastníkem řízení jsou mimo žadatele rovněž obce na jejichž území leží navrhované průzkumné území a mimo to osoby, které mohou být účastníkem řízení podle dalších zákonů, např. podle zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů. Na určité výhradní ložisko může být stanoveno jen jedno průzkumné území. V případě, že je na jedno ložisko podáno současně více žádostí o udělení průzkumného území, je schválena ta žádost, která zaručuje získání úplnějších geologických informací a lepší ochranu zákonem chráněných zájmů (např. ochranu přírody a krajiny). Za vymezení průzkumného území musí žadatel zaplatit správní poplatek, jehož výše je závislá na velikosti průzkumného území a na době po kterou bude prováděn průzkum. Zvláštní ustanovení platí zejména pro stanovení průzkumného území určeného k vyhledávání a průzkumu ložisek ropy a zemního plynu, kdy se navíc přihlíží k technické a finanční způsobilosti žadatele o průzkumné území.

Podle evidence průzkumných územích vedené MŽP ČR existovalo v roce 2005 šedesát pět průzkumných území schválených v předchozích letech (z toho 40 průzkumných území na ropu a zemní plyn) a navíc bylo ve stejném roce schváleno dalších 19 nových průzkumných území (8 na ropu a zemní plyn, 3 na štěrkopísky, po 2 na polodrahokamy a živcové suroviny, po jednom na rudy molybdenu, jíly, bentonity a křemenné suroviny). Současně stát prostřednictvím MŽP ČR vydal v roce 2005 4,1 mil. Kč na geologické práce spojené s vyhledáváním, průzkumem a ochranou výhradních ložisek (bentonity, jíly, kaoliny, přehodnocení ložiska černého uhlí Slaný).

2.2.1. Etapovost geologického průzkumu

Významným prvkem organizace geologického průzkumu ložisek nerostných surovin je jeho rozdělení na jednotlivé etapy, které se od sebe významně liší zejména použitými metodami a náklady na prováděné práce. Rozdělení na jednotlivé etapy souvisí zejména s tím,

že vyhledávání a průzkum ložisek nerostných surovin je stále více organizovaná, plánovitá a cílevědomá činnost vyžadují obvykle značné finanční prostředky, vybavení přístrojovou a průzkumnou technikou a zabezpečení kvalifikovanými pracovníky. Jednotlivé etapy spolu však vzájemně souvisejí. Základní etapou geologického průzkumu navazující bezprostředně na základní geologické mapování, případně prognózní ocenění surovinového potenciálu daného území je **etapa vyhledávacího průzkumu**. Součástí této etapy je základní ověření v průběhu geologického mapování nebo prognózního ocenění nalezených výskytů nerostných surovin. V této etapě probíhá podrobné geologické mapování, v závislosti na povaze nerostné suroviny doplněné základním geochemickým a geofyzikálním průzkumem. Již v průběhu této etapy jsou provedeny nezbytné technické, kopné nebo rovněž vrtné práce, na základě nichž je následně možno vymežit alespoň přibližnou velikost koncentrace dané nerostné suroviny a její předpokládaný ekonomický potenciál. Pokud v průběhu průzkumu je nalezeno ložisko výhradního nerostu nebo jsou zjištěny nové další zásoby již stávajícího výhradního ložiska, je organizace vlastníci oprávnění k průzkumnému území povinna ohlásit tuto skutečnost MŽP ČR, včetně nově stanovených zásob daného nerostu.

V následné etapě **předběžného průzkumu** jsou stanoveny základní parametry velikosti ložiska nerostné suroviny, obsahu užitečných složek i obsahu případných škodlivin. V této etapě se již vymezují další podmínky budoucího využití ložiska nerostné suroviny, včetně návazností na územně plánovací dokumentaci dané lokality. Výsledkem této etapy je již pokud možno přesné stanovení kontur ložiskového území s možností návrhu stanovení **chráněného ložiskového území (CHLÚ)** ve smyslu zákona č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Výsledky **podrobné průzkumu** již musí poskytnout podrobnou charakteristiku ložiska nerostné suroviny, včetně přesného vymezení objemu jak užitečných, tak škodlivých složek. V případě ložisek uvažovaných pro povrchovou těžbu je nutné v této etapě pokud možno přesně stanovit objem skrývky. V případě velkých objemů skrývkových hmot (těžba uhlí, ale jílu, kaolinů, někdy i těžba stavebních surovin) je nutné v této etapě rovněž vymežit potenciální území vhodná pro založení deponií těchto hmot (**vnější výsypka** hnědouhelných velkolomů). Výsledkem této etapy musí být rovněž získání všech potřebných podkladů pro zahájení předprojektové dokumentace potřebné k vypracování projektu otvírky ložiska. V některých případech, zejména při otvírce povrchových lomů se v rámci podrobného průzkumu ještě vymezuje zvláštní etapa **doplňkového průzkumu**, jejímž cílem je získání všech pokladů pro zpracování vlastního projektového řešení. Jedná se obvykle o podklady,

kteří jsou předmětem **inženýrsko-geologického**, případně **hydrogeologického průzkumu** a slouží pro stanovení parametrů nutných pro výstavbu těžebních a zpracovatelských zařízení. Poslední etapou geologického průzkumu je **průzkum těžební**, který již probíhá na ložiscích těžných s již schváleným dobývacím prostorem v případě výhradních ložisek. Těžební průzkum v tomto případě probíhá vždy jen na území dobývacího prostoru nebo v případě nevýhradních ložisek na území v němž je povolena těžba takového ložiska. Těžební průzkum slouží jednak k zpřesnění kontur jednotlivých geologických nebo těžebních bloků zásob nerostné suroviny nebo k vyhledání vhodných zásob bezprostředně navazujících na předchozím výpočtem schválené zásoby nerostné suroviny.

2.2.2. Technika geologického průzkumu

Pro zdárné provedení výše uvedených etap geologického průzkumu ložisek nerostných surovin jsou nezbytné různé technické práce, které umožňují jednak přesné vymezení tvaru a objemu ložiska nerostných surovin, jednak stanovení všech kvalitativních parametrů zkoumané suroviny. V etapě vyhledávacího průzkumu se pro ověření kvalitativních a kvantitativních parametrů ložiska nerostné suroviny nejčastěji používají průzkumné vrty doplněné podle potřeby povrchovými kopnými pracemi. Spíše výjimečně jsou již v této etapě využívány hornické práce (hlubší šachtice nebo štoly). Vrty jsou nejčastěji prováděné ve vrtných profilech, obvykle s rozstupem 1-5 km a rozstupem vrtů na profilech 100-500 m. První vrty jsou s ohledem na očekávanou hloubkového rozsahu ložiska nerostné suroviny vrtány do hloubek 100-300 m. Ve vyšších etapách průzkumu je výrazně zahušťována síť vrtů a vrtné profily jsou v etapě podrobného a těžebního průzkumu nahrazovány čtvercovou vrtnou sítí s hustotou od prvních stovek metrů do hustoty velmi hustých vrtných sítí 25×25 m až 50×100 m. V závislosti na velikosti ložiska a jeho předpokládaného hloubkového rozsahu jsou hloubeny opěrné vrty do hloubek 300-600 m, případně i do hloubek vyšších (obvykle nepřesahujících hloubku 1 200 m). V převážné většině případů jsou všechny vrty vrtány na jádro. V etapě těžebního průzkumu hlubinně dobývaných ložisek nerostných surovin jsou využívány vodorovné nebo svislé vrty hloubené z podzemí.

Zcela odlišné metody vrtného průzkumu jsou voleny v případě ložisek ropy a zemního plynu. Vzhledem k tomu, že tato ložiska se vyskytují obvykle ve větších hloubkách, pohybuje se hloubka průzkumných vrtů v rozsahu 3 až 6 km, přičemž vrty jsou již od počátku vystrojovány jako potenciální těžební vrty. Vrty jsou s ohledem na větší průměr vrtu a

výrazně větší hloubku vrtány jako vrty bezjádrové s tím, že je jádro odebíráno z ložiskových nebo jinak zajímavých horizontů.

Vrtné průzkumné práce jsou podle způsobu vrtání rozdělovány na rotační vrty, nárazové vrty a kombinované vrtání (Pražský 1964). Rotační průzkumné vrtání je dále členěno na rotační vrtání s plnou čelbou (systém Rotary), vrtání jádrové a vrtání za sucha. Rotační vrtání na plnou čelbu s výplachem v systému Rotary je využívání při vyhledávání, průzkumu a těžbě ložisek ropy a zemního plynu. Touto technologií se dosahuje nejvyšších hloubek, standardně hloubek 4-6 km. K vlastnímu vrtání se využívají nejčastěji valivá dláta osazená zuby ze slinutých karbidů.

Rotační jádrové vrtání je nejrozšířenější metodou průzkumného vrtání používaného při vyhledávání a průzkumu ložisek nerostných surovin. S jeho pomocí jsou z povrchu hloubené svislé nebo šikmé vrty obvykle do hloubek 100-600 m, méně často i do větších hloubek (1200-1500 m). V etapě těžebního průzkumu se u hlubinně dobývaných ložisek používají rovněž podzemní vrtné soupravy (Diamec firmy Atlas Copco), s jejichž pomocí se hloubí rovněž vodorovné průzkumné vrty. Pro vlastní vrtání se používají vrtné korunky osazené slinutými karbidy, diamanty a ocelovými korunkami s využitím litinového, ocelo-litinového nebo ocelového šrotu. Největší rozšíření mají vrtné korunky osazené diamanty. Při průzkumu rudních ložisek a vybraných nerudních ložisek (např. fluorit, baryt, živcové suroviny) jsou používány vrtné korunky o průměru 46-76 mm. Při průzkumu ložisek většiny nerudních, stavebních surovin a uhlí jsou využívány vrtné korunky osazené slinutými karbidy o průměru 112-156 mm. Rotační vrtání je přetržitý opakovaný proces, tvořený zapouštěním vrtného nástroje, odvrtání úseku vrtu (závrtu), vytěžením vrtného nástroje a jinými pomocnými operacemi.

Vzhledem k tomu, že jak při vrtání systémem Rotary, tak při vrtání na jádro se při vrtání používá vrtný výplach, je nezbytnou součástí zařízení vrtu výplachové hospodářství, které vyžaduje mimo jiné zdroj vody. Vrtné soupravy systému Rotary a jádrové soupravy pro vrtání do větších hloubek využívají jako pohonné jednotky elektromotory, což vyžaduje zajištění zdroje elektrického proudu a včasné zajištění provizorní přípojky u příslušného dodavatele elektrické energie. Na druhé straně soupravy využívající spalovací motory jsou náročné na ochranu před znečištěním okolí vrtu ropnými látkami.

Při vrtání na sucho se využívají šapové vrtáky, talířové nebo šnekové vrtáky. Vrtné soupravy vybavené těmito vrtnými nástroji se využívají typicky při průzkumu ložisek kaolínů, jílu, cihlářských surovin a šterkopísků. Vzhledem k tomu, že při vrtání dochází obvykle

k nepřetržitému výnosu vrtané horniny je při vrtání nutná stálá přítomnost vzorkaře nebo odpovědného geologa.

Nedílnou součástí vrtných prací je následné proměření vrtu s využitím **karotáže**. Karotážní práce jsou založené na spouštění různých sond do vrtu a snímání různých vlastností hornin vyskytujících se ve stěně vrtu. Základní metodou karotáže je **inklinometrie**, která zahrnuje měření prostorového průběhu vrtu, tj. odklonu a azimutu odklonu od svislice. V případě vrtů určených pro vyhledávání a průzkum ložisek nerostných surovin musí být provedena inklinometrie u všech svislých vrtů hlubších než 100 m. Profilometrie a **kavernometrie** slouží k vyšetření skutečného tvaru a průměru vrtného otvoru v celé délce vrtu. Tyto dvě metody jsou dnes často nahrazovány televizním záznamem stěn vrtu. Tyto metody se uplatňují zejména při sledování průběhu tektonických poruch a mocnějších střížných zón. Uvedené metody mají zejména význam, když dojde k vyšší ztrátě výnosu vrtného jádra. Elektrická karotáž, zejména měření elektrických potenciálů slouží ke zjišťování přítomnosti sulfidického zrudnění ve stěně vrtu. K dalším metodám elektrické karotáže patří měření zdánlivého měrného elektrického odporu, měření vlastních potenciálů a měření vyvolaných potenciálů. **Gama karotáž**, resp. gamaspektrometrická karotáž je využívána zejména při vyhledávání ložisek uranových rud. Gama-gama karotáž a neutron-gama karotáž slouží jednak k měření hustoty okolních hornin (vyhledávání a průzkum uhelných ložisek), jednak ke zjišťování složení okolních hornin. Karotážní metody jsou často považovány za **metody vrtné geofyziky**.

Pokud jde o **kopné práce**, nejčastěji jsou hloubeny **mělké šachtice** o rozměru 1×1 m až 1×3 m do hloubek 2-10 m, případně rýhy o šířce 1 m a délce 5-10 m, výjimečně 50-100 m. Ve vyšších etapách průzkumu jsou hloubeny podle potřeby šachtice do hloubek 20-30 m, spíše výjimečně do hloubky 50 m. V etapě podrobného průzkumu je v odůvodněných případech zahájeno hloubení důlních děl s parametry, které již obvykle odpovídají hornickým dílům určeným pro těžbu nerostných surovin nebo alespoň pro odvětrávání těženého ložiska. V podhorských nebo horských oblastech hloubení důlních děl nahrazuje hloubení vodorovných důlních děl (šťol), někdy v několika úrovních nad sebou. Štoly byly v minulosti výjimečně použity i v rámci podrobného průzkumu ložisek stavebního kamene v Českém středohoří (např. ložisko Tlustec). Otvírková důlní díla musí být však lokalizována tak, aby neztížila nebo nevyloučila následné využití ložiska nebo jeho části a nezpůsobila tak neodůvodněné ztráty zásob ložiska.

Průzkum potenciálního umístění odvalů, výsypek a odkališť budoucích úpraven musí vyhledat takové lokality, které neztíží budoucí využití ložiska a naruší co nejméně životní prostředí v jejich okolí. Veškeré technické práce, které jsou zásahem do pozemku je nutné po splnění jejich účelu řádně zlikvidovat, případně zajistit tak, aby byla zaručena bezpečnost povrchu a to i z hlediska možných pozdějších účinků na povrch (vznik propadlin). Při provádění všech technických prací je nutné zamezit narušení režimu podzemních vod a plynových poměrů, volné unikání vody nebo plynů a vnikání povrchové vody do podzemních prostor a vod.

Z hlediska současné legislativy platné na území České republiky jsou veškeré technické průzkumné práce využívané při vyhledávání a průzkumu výhradních ložisek považovány za hornické práce ve smyslu zákona č. 61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, ve znění pozdějších předpisů. Technické práce využívané při vyhledání a průzkumu ložisek nevýhradních surovin jsou považovány podle téhož zákona za práce prováděné hornickým způsobem. Jinými slovy v obou případech mohou takovéto práce provádět pouze organizace mající oprávnění k hornické činnosti nebo k provádění prací hornickým způsobem. Tato skutečnost je důležitá zejména v těch případech, kdy jsou technické práce zajišťovány dodavatelským způsobem. Neméně důležitým prvkem organizace vyhledávání a průzkumu ložisek nerostných surovin je zajištění vstupu na pozemky a uzavření dohody s vlastníkem pozemků před prováděním veškerých technických prací. Součástí dohody musí být i charakteristika způsobu likvidace všech technických prací a jiných zásahů do pozemku (příjezdové komunikace k vrtům, likvidace výplachového hospodářství apod.).

2.2.3. Geologický průzkum a ochrana přírodního prostředí

Vyhledávání a průzkum ložisek nerostných surovin, zejména v případech, kdy je spojeno se zásahy do pozemků, představuje obvykle menší či větší zásah do životního prostředí. Průzkumné organizace a organizace provádějící technické práce musí proto provádět veškeré průzkumné práce s pokud možno šetrným přístupem k okolní přírodě a krajině. Zvláště přísná pravidla platí v blízkosti chráněných území přírody, zejména v oblasti chráněných krajinných oblastí (CHKO). Příprava a organizace vyhledávání a průzkumu v takovém případě vyžaduje úzkou spolupráci s příslušnými orgány ochrany přírody a krajiny (správa CHKO, referáty životního prostředí obcí pověřených výkonem státní správy aj.). Jakékoliv práce v oblasti národních parků jsou dokonce vázány na souhlas zasedání vlády.

Mimoto může při vyhledávání a průzkumu dojít ke zjištění nebo ke vzniku rizikových geofaktorů životního prostředí ve smyslu vyhlášky MŽP č. 369/2004 Sb. Průzkumná organizace má podle této vyhlášky za povinnost přítomnost takového rizikového geofaktoru oznámit neprodleně po jeho zjištění, nejpozději však do 30 dnů od jeho zjištění. Za rizikové geofaktory se považuje narušení režimu proudění podzemních vod, zvýšené koncentrace vybraných anorganických a organických látek (např. Al, As, Ba, Be, Hg, Ni, polycyklické aromatické uhlovodíky aj.), zvýšená radioaktivita, přítomnost svahových pohybů a řízení skal, výstup ropy a zemního plynu a nahromadění CO₂. Hodnoty kritických, případně nadlimitních koncentrací výše uvedených látek jsou podrobně charakterizovány ve výše uvedené vyhlášce.

2.3. Vyhodnocování výsledků vyhledávání a průzkumu

Součástí vyhodnocení výsledků vyhledávání a průzkumu je jednak pořízení prvotní a následně souhrnné geologické dokumentace, jednak sestavení etapové a závěrečné zprávy o provedeném vyhledávání a průzkumu. Náplň a podrobná charakteristika obou činností se řídí jednak obecně platnými doporučeními, jednak zákonnými normami vydávanými obvykle státními orgány v jejichž kompetenci je povolování vyhledávání a průzkumu ložisek nerostných surovin. V České republice je tímto orgánem Ministerstvo životního prostředí, které velmi podrobně vymezilo obsah a rozsah geologické dokumentace ve vyhlášce č. 368/2004 Sb., o geologické dokumentaci a obsah závěrečných zpráv o vyhledávání a průzkumu ložisek nerostných surovin ve vyhlášce č. 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob nerostných surovin.

Prvotní dokumentace se pořizuje průběžně při provádění geologických prací souvisejících s vyhledáváním a průzkumem ložisek nerostných surovin s tím, že autorský originál musí být dokončen nejpozději do 15 dnů od ukončení dokumentovaných technických prací. Součástí prvotní dokumentace jsou rovněž veškeré odebrané vzorky sloužící jednak k dokumentaci zjištěných typů hornin a ložiskové substance, jednak k následnému analytickému zpracování těchto vzorků. Součástí dokumentace odebraných vzorků musí být rovněž podrobný popis použití metody odběru vzorků. V případě dokumentace technických prací se vždy zaznamenává naražená a ustálená hladina podzemních vod, případně vnikání plynu nebo ropy do technického díla. U svislých vrtů hlubších než 100 m a u vrtů šikmých horizontálních nebo dovrchních (v báňských dílech) musí být součástí prvotní dokumentace, inklinometrický záznam prostorového průběhu vrtu.

Součástí souhrnné geologické dokumentace je zejména mapa zájmového území, souhrnný přehled všech provedených prací, definitivní výsledky pozorování, měření, zkoušek a všech provedených terénních a laboratorních rozborů. V případě, že se pro záznam pozorování a zpracování laboratorních vzorků využívá digitálního záznamu, musí být mimo uložení dat na digitálních nosičích pořízen i výpis těchto dat v listinné podobě.

Podrobnosti obsahu a rozsahu souhrnné geologické dokumentace jsou charakterizovány především ve výše uvedené vyhlášce č. 369/1992 Sb. Závěrečná zpráva vyhledávání a průzkumu ložisek nerostných surovin musí obsahovat detailní charakteristiku všech použitých metod a technických prací, přehled všech provedených měření a odebraných vzorků, charakteristiku případných střetů zájmů, včetně způsobu jejich řešení, způsob likvidace a zajištění technických prací. Zkoumaná oblast a nalezená ložiska nerostných surovin musí být výstižně charakterizovaná z hlediska jejich geologické stavby, charakteristiky ložiskových těles, jakostní a technologické charakteristiky ložiska. Součástí jakostní charakteristiky ložiska jsou chemické, mineralogické, fyzikální a technologické vlastnosti suroviny, charakteristika hlavní a vedlejších užitkových a škodlivých složek. V hydrogeologické části závěrečné zprávy je třeba charakterizovat zkoumané území, zvodnělé vrstvy a pásma, jejich hydraulické a hydrogeologické parametry, kolektorské vlastnosti hornin, vliv tektoniky na hydrogeologické poměry ložiska a případné výskyty krasových vod. Přehled financování všech průzkumných prací je zpracováván, pokud je úkol plně nebo částečně hrazený z prostředků státního rozpočtu. Významnou součástí závěrečné zprávy prognózního ocenění, vyhledávání a průzkumu ložisek nerostných surovin je výpočet zásob, jehož bližší charakteristiku obsahuje následující část učebního textu věnována hodnocení nerostných zdrojů.

Významnou součástí závěrečné zprávy jsou grafické a textové přílohy. Grafické přílohy jsou tvořeny geologickou a dalšími účelovými mapami (důlní mapy, mapy dokumentačních bodů a technických prací, geochemické, geofyzikální, technologické, hydrogeologické, inženýrskogeologické aj. mapy). Prostorový pohled na ložisko je založen na podélných a příčných řezech, případně na 3D modelu jednotlivých ložiskových těles. Prostorové modely jsou často vytvářeny s využitím 3D GIS a CAD software (ArcGIS, AutoCAD Map, MicroStation apod.). Souhrnná grafická dokumentace je doplňována grafickou dokumentací významných odkryvů a technických prací (šachtice, rýhy, vrty, důlní díla), případně fotografickou dokumentací. Textové přílohy obsahují měřickou zprávu s uvedením souřadnic všech provedených technických prací, seznamy všech analyzovaných vzorků, analytické

protokoly, případně výsledky speciálních studií (mineralogické, petrografické, geofyzikální, hydrogeologické, geotechnické, technologické aj. zprávy).

2.4. Použitá a doporučená literatura

- Bonham-Carter G.F. (1994): Geographic information systems for geoscientists. Modelling with GIS. – Pergamon, 398 s.
- Brooks R.R. (1983): Biological methods of prospecting for minerals. – Wiley.
- Cox D.P. – Singer D. (1986): Mineral deposits models. – US Geol. Surv. Bull., 1693.
- Dobrovolný P. (1998): Délkový průzkum Země. Digitální zpracování obrazu. – Přírodovědecká fakulta MU, 210 s.
- Drury S.A. (1997): Image Interpretation in Geology. – Chapman and Hall.
- Eckstrand O.R. (Ed.) (1984): Canadian mineral deposit types: a geological synopsis. – Geol. Surv. Canada, Econ. Report, 36.
- Evans A.M. (1995): Introduction to Mineral Exploration. – Blackwell Science Ltd., 370 s.
- Fletcher W.K. et al. (1987): Exploration geochemistry: Design and interpretation of soil surveys. – Reviews in Economic Geology, 3. – Society of Economic Geology.
- Govett G.J.S. (1983): Rock geochemistry in mineral exploration. – Handbook of Exploration Geochemistry, vol. 3. Elsevier.
- Jelínek E. – Janatka J. – René M. (1988): Metody geochemické prospekce. – Státní pedagogické nakladatelství, 149 s.
- Krčmář B. – Vylita T. (2001): Unfilterable „geoaerosols“, their use in the search for thermal, mineral and minealized waters, and their possible influence on the origin of certain types of mineral waters. – Environ. Geoch., 40, 678-682.
- Krivcov A. I. (1983): Geologičeskije osnovy prognozirovanija mědno-porfirovych městorožděnij. – Něždra, 254 s.
- Kužvart M. – Böhmer M. (1972): Vyhledávání a průzkum ložisek nerostných surovin. – Academia, 429 s.
- Mrňa F. (1991): Užité geochemie. – Academia, 418 s.
- Pluskal O. – René M. (1977): Metody vyhledávání a průzkumu ložisek radioaktivních surovin. – Státní pedagogické nakladatelství, 172 s.
- Pražský J. (1964): Průzkumný vrt. – SNTL.
- Prost G.L. (1994): Remote sensing for geologists. – Gordon and Breach Sci. Publ.

- Roberts R.G. – Sheahan P.A. (1988): Ore deposit models. – Geol. Assoc. Canada Reprint Series 3.
- Rose A.W. – Hawkes H.E. – Webb J.S. (1979): Geochemistry in mineral exploration. – Academic Press.
- Rundkvist D.V. (Ed.)(1986): Kriterii prognoznoj ocenki territorij na tverdyje poleznyje iskopajemyje. – Něždra, 752 s.
- Rundkvist D.V. – Denisenko V.K. (1970): Regionalnyje i lokalnyje zakonoměrnosti razměščenija greizenovych olovjanno-volframovych městorožđenij. – Něždra, 71 s.
- Sattran V. (1977): K metodice vědeckých prognóz zdrojů nerostných surovin. – Ústřední ústav geologický.
- Voženílek V. (1998): Geografické informační systémy I. Pojetí, historie, základní komponenty. – Vydavatelství Univerzity Palackého, 173 s.