

## GEOLOGICKÉ PODMÍNKY UKLÁDÁNÍ RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ

### Migrace paleofluidů v granitoidních horninách: studium fluidních inkluze v horninách a žilách melechovského masívu

#### Migration of paleofluids in granitoids: A study of fluid inclusions in rocks and veins of the Melechov massif

PETR DOBES

(23-12 Ledeč nad Sázavou)  
Melechov massif, Fissure fillings, Fluid flow, Fluid inclusions

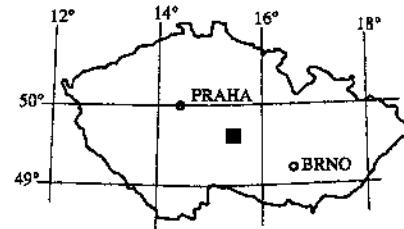
Melechovský masiv v současné době slouží jako studijní modelová lokalita pro trvalé úložiště vysoko radioaktivního odpadu. Masiv je situován v severní části moldanubického plutonu (ca 120 km v. od Prahy) a probíhá zde komplexní geofyzikální a geologický výzkum. Mikrotermometrické a mikrostrukturní studium fluidních inkluze může přispět k pochopení recentní cirkulace fluidů v granitoidních horninách, interakce voda-hornina a transportu hrnuty a k rekonstrukci fluidního režimu v granitoidních horninách během geologického času. Výzkum byl proveden na vybraných lokalitách melechovského masívu, lomech Lipnice III, Březek u Dolního Města a Dolní Březinka.

V horninách a puklinových žilných minerálech byly sledovány tři typy fluidů: (A) magmatická fluida, odmíšená v pozdním stadiu taveniny, která lze studovat pomocí inkluzí tavenin v horninotvorném křemenu, (B) raně pomagmatická fluida spojená s počátečními stadii výstupu granitu, interakcí s okolními horninami a tvorbou skarnů a (C1–C4) pozdní, externí fluida, která jsou spojena s křehkým porušením granitů. Ta byla studována pomocí fluidních inkluze v pegmatitu, v žilném křemenu a v puklinovém fluoritu a pomocí sekundárních fluidních inkluze ve vyhojených drobných puklinách v horninotvorném křemenu, tzv. „fluid inclusion trails“ (FIT).

Ad A) Inkluze tavenin mají význam především pro petrogenetické studium hornin (určení solidu a likvidu magmat, jevy nemírovosti tavenin atd.). V rámci tohoto výzkumu byla pouze testována metoda výpočtu obsahu vodného roztoku v tavenině v inkluzích v křemenu granitu mrákotínského typu. Vypočtené hodnoty jsou v rozmezí od 1,9 do 7,8 % a při přesnosti použité metody představují pouze orientační údaje.

Ad B) V lomu Březek u Dolního Města byl nalezen kontaktně-metamorfický skarn o složení granát, klinozoisit, vesuvian, křemen a kalcit. Analýza primárních fluidních inkluze ukázala, že skarn vznikal při teplotách nejméně 330 až 380 °C z vodného roztoku o salinitě do 6 hmot. % NaCl ekv. a malou příměsi CO<sub>2</sub> do 5 mol. %.

Ad C1) Pravděpodobně nejstarší mineralizaci podél křehkých poruch jsou subhorizontální žily o mocnosti do 10 cm tvořené pegmatitem s muskovitem, biotitem a turmalinem, které charakterizují orientaci prototektonického zlomového systému (Coubal 1994). Fluidní inkluze v kře-



menu pegmatitu mají obdobné složení jako inkluze ve skarnu, teploty homogenizace (Th) se pohybovaly od 330 do 360 °C.

Ve fluoritu na puklinách a v žilném křemenu a kalcitu byly dále rozlišeny tři generace inkluze indikující postupná stadia cirkulace fluidů a vyplňování puklin minerály:

Ad C2) Inkluze vodného roztoku s Th od 270 do 360 °C obsahující směs Ca, Na, K a Mg chloridů o celkové salinitě 5–10 hmot. % NaCl ekv. a s příměsí až 5 mol. % CO<sub>2</sub>. Mineralizace tohoto stadia je téměř monominerální, tvořena křemencem, resp. kříšálem, nebo je křemen doprovázen adulárem, chloritem, muskovitem a kalcitem, příp. fluoritem. Vavřín a Drábek (1997) ji popisují jako mineralizaci alpských žil. Vysoká teplota roztoku podněcuje „episyenitizaci“ – rozpouštění křemene a vznik živců (aduláru) a slíd (muskovitu a fengitu). Mineralizace se nachází především na puklinách s.-j. směru.

Ad C3) Druhé stadium je charakterizováno teplotami homogenizace zhruba od 200 do 300 °C a salinitou roztoků od 2 do 10 hmot. % NaCl ekv. s vyšším podolem CaCl<sub>2</sub>. Žilky jsou 0,5 až 2 cm mocné, orientace převážně S-J, je pro ně typický bělošedý masivní křemen, příp. s kalcitem. Na otevřených stěnách puklin, orientace S-J až SV-JZ, lze místy nalézt drúzové povlaky drobných krychlových křesťalků fluoritu.

Ad C4) Inkluze vodného roztoku s Th pod 200 °C a nízkou salinitou do 5 hmot. % NaCl ekv., s převládajícím podolem NaCl. Žilná výplň je tvořena většinou pouze křemencem, často je patrná tenká zóna alterace, pravděpodobně „smektitizace“, kdy vznikají jílové minerály na úkor všech minerálů kromě křemene.

Další generace puklin jsou otevřené pukliny, na jejichž stěnách bylo identifikováno několik desítek minerálů, především epidot, Fe-chlorit, kalcit, křemen, prehnit, pyrit, ililit, kaolinit, limonit, sádrovec a smektit (Veselovský et al. 1995).

Znaky drcení, místy částečné usměrnění minerální výplň puklin, několik generací sekundárních inkluze v minerá-

lech a více generací žilného křemene podél puklin ukazuje na několikanásobné otevření puklin.

„Fluid inclusion trails“ (dále FIT) byly studovány v horninotvorném křemenu orientovaných vzorků granitů (Dobeš - Hladíková 1995). V 1 cm<sup>2</sup> křemene bylo nalezeno 150 až 200 FIT různých směrů, přičemž se jednotlivé FIT velmi často kříží. Délka FIT je většinou závislá na velikosti křemenných zrn, protože FIT nejčastěji prochází celým zrnem, a pohybuje se od 0,1 do 3 mm. Hodnoty orientace FIT byly vyneseny do růžicových diagramů a porovnány s měřenými mesoskopickými ruptur (Coubal 1994). Oba systémy se poměrně dobře doplňují, což ukazuje na spojitost dějů v mikro i mesoskopickém měřítku. Také měření fluidních inkluzí na FIT přineslo výsledky srovnatelné s měřenými inkluzí v puklinových minerálech. Nejvyšší teploty homogenizace, až 370 °C, měly inkluze vodného roztoku na FIT orientace zhruba S-J a Th inkluze na FIT různých směrů postupně klesaly až k 100 °C. Salinita na jednotlivých FIT celkově nepřekročila 11 hmot. % NaCl ekv.

V některých směrech bylo zjištěno více generací FIT s různými Th a salinitou. Studiem FIT bylo prokázáno, že fluida ke svému proudění nevyužívala pouze otevřených zlomových a puklinových struktur, ale i sítě velmi drobných puklin v minerálech. Na základě analogie mohou být FIT použity jako mikrostrukturalní indikátor změn geometrie permeability geologického prostředí.

#### Literatura

- Coubal, M. (1994): Zpráva o strukturně-geologickém výzkumu na lokalitě melechovský masív. – MS Čes. geol. úst. Praha.  
 Dobeš, P. - Hladíková, J. (1995): Studium paleofluid v granitoidních horninách. – MS Čes. geol. úst. Praha.  
 Vavřín, I. - Drábek, M. (1997): Mineralogie výplní puklin melechovského masivu. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 1996, 49–50. Praha.  
 Veselovský, F. - Ondruš, P. - Gabašová, A. - Frýda, J. (1995): Mineralogická charakteristika minerálů puklin třebíčského, melechovského a nasavrckého masivu. – MS Čes. geol. úst. Praha.

*Ceský geologický ústav, Klárov 3/131, 118 21 Praha 1*

## Komplexní geologický výzkum melechovského masivu

### Complex geological survey of Melechov massif (E-Bohemia)

JOSEF PROCHÁZKA - BEDŘICH MIČOCH

*Granitoids, Melechov massif, Geological, Geophysical and Geochemical survey, E. Bohemia*

Melechovský žulový masiv, rozkládající se přibližně v prostoru mezi Humpolcem a Světlou n. Sázavou a tvořící více méně samostatný výběžek centrálního masivu moldanubika, ležel až donedávna mimo hlavní zájem geologických výzkumů. Příčinou byla zejména absence významnějších akumulací nerostných surovin, na jejichž vyhledávání byly geologické práce v uplynulých zhruba čtyřiceti letech především orientovány. Z tohoto důvodu byly proto až do nedávné doby v prostoru melechovského masivu k dispozici pouze výsledky prací, souvisejících v naprosté většině se základním geologickým a geofyzikálním mapováním státního území, v menší míře pak i s výzkumem hlubší stavby Českého masivu. Z mapových podkladů tak byly k dispozici geologické a tříhové mapy měřítka 1 : 200 000 a aeromagnetické a radiometrické mapy staršího měření K. Šalanského v měřítku 1 : 25 000. Na konci osmdesátých let pak zde bylo P. Novotným zahájeno i základní geologické mapování měřítka 1 : 25 000.

V roce 1992 byl Českým geologickým ústavem zahájen podrobný výzkum melechovského masivu a jeho okolí komplexem nedestruktivních geologických, hydrogeologických, geofyzikálních a geochemických metod. Tento výzkum, financovaný v počátečních letech pouze z prostředků Ministerstva životního prostředí ČR v rámci výzkumného úkolu ČGÚ 3308, se v roce 1994 stává součástí rozsáhlého komplexu prací, koordinovaných od r. 1996 Ústavem jaderného výzkumu Řež. Vedle Českého geolo-

gického ústavu se na výzkumných pracech podílí i řada kooperujících organizací – např. Přírodovědecká fakulta UK, Ústav fyziky Země Masarykovy University Brno, a.s. Geofyzika Brno, Geonika s.r.o. Praha, Vodní zdroje a.s. Zličín, PICODAS Praha s.r.o. a řada menších soukromých firem.

K současnemu datu jsou s využitím podkladů měřítka 1 : 10 000 sestaveny geologické mapy 1 : 50 000 23-12 Ledeč n. Sázavou a 23-21 Havlíčkův Brod, je sestavena geologická mapa větší části melechovského masivu měřítka 1 : 10 000 a geologické mapování zájmového území dále pokračuje. Byl zahájen a rozvíjí se strukturně-geologický výzkum masivu s cílem získání popisných charakteristik křehkého porušení hornin, je testována metoda výpočtu paleostresu a prováděno studium magmatické stavby granitoidů masivu. V existujících hydrogeologických objektech bylo zahájeno a pokračuje dlouhodobé režimní měření podzemních a povrchových vod tak, aby mohla být hodnocena všechna hydrologická povodí, zasahující do zájmového území. V rámci monitorovacího systému GEOMON bylo vybudováno měrné zařízení v povodí Loukov, v němž je pravidelně sledována jeho geochemická bilance včetně látkových toků. Území melechovského masivu a jeho okolí bylo proměřeno leteckou magnetometrií a spektrometrií gama v měř. 1 : 25 000, v témeř měřítku proběhlo i pozemní tříhové mapování. Existující anomálie letecké geofyziky byly pozemně ověřeny, stejně tak byl geofyzikálně ověřován i průběh tektonických linií, předpokládaných geolo-