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

„Fluid inclusion trails" (dále FIT) byly studovány v horninotvorném křemenu orientovaných vzorků granitů (Dobeš - Hladíková 1995). V 1 cm^2 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 procházejí celým zrnem, a pohybuje se od 0,1 do 3 mm. Hodnoty orientace FIT byly vyneseny do růžicových diagramů a porovnány s měřeními mesoskopických 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 měřeními inkluzí v puklinových minerálech. Nejvyšší teploty homogenizace, až 370 °C, měly inkluze vodného roztoku na FIT orientace zhruba S-J a Th inkluzí 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 mikrostrukturní 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 masívu. – MS Čes. geol. úst. Praha.

Český 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 MLČOCH

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 tíhové 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 geologického 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 současnému 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 témže měřítku proběhlo i pozemní tíhové mapování. Existující anomálie letecké geofyziky byly pozemně ověřeny, stejně tak byl geofyzikálně ověřován i průběh tektonických linií, předpokládaných geolo-

gickým mapováním. Výsledky regionálních geofyzikálních podkladů byly kvalitativně i kvantitativně interpretovány a byly tak získány prvotní informace o tvaru, hloubce a vnitřní struktuře masivu. Na základě předchozích geologicko-geofyzikálních prací byl v r. 1996 zahájen podrobný pozemní geofyzikální výzkum komplexem metod na vybraném testovacím polygonu v okolí Dolního Města.

Geologickou mapu s. části melechovského masivu v měř. 1 : 10 000 a rozsahu 32 km^2 sestavil Novotný (1980). Zbylou část území mapoval Novotný postupně v letech 1980–1982 a 1990–1993 v rámci různých úkolů a jeho výsledky byly převzaty pro sestavení geologických map 1 : 50 000 (Štěpánek et al. v tisku). Hustota mapovacích tůr odpovídá měř. 1 : 10 000, ale vzhledem k tomu, že v té době nebyly k dispozici topografické mapy Křovákovy sítě, byly použity mapy odvozené, které jsou poněkud méně podrobné a přesné. Pro sestavení geologické mapy nebyly použity vlastní technické práce. Geologickou mapu, pokrývající území o rozloze 76 km^2 do nových podkladů přenesl a část j. okraje melechovského masivu reambuloval Mlčoch (1994). Stejným způsobem bylo postupováno i při sestavování nově předkládané geologické mapy v měř. 1 : 10 000, na jejíž reambulaci se podíleli B. Mlčoch a B. Schulmannová. Pokrývá území o rozloze 122 km^2, zahrnující převážnou část melechovského masivu (obr. 1).

Pararuly v plášti granitů melechovského masivu patří z větší části k monotónní sérii moldanubika kromě jeho z. okraje, lemovaného pestrou sérií. Jedná se většinou o silně granitizované pararuly, charakteru arteritických až nebulitických migmatitů. Při j. okraji masivu je intenzita granitizace tak silná, že se stírá ostrý kontakt mezi granity a horninami pláště.

Melechovský masiv je součástí centrálního masivu moldanubického plutonu, který představuje nejrozsáhlejší variský komplex vyvřelých hornin v Českém masivu. V současném erozivním řezu je od něj oddělen úzkým pruhem pararul. Jsou zde zastoupeny celkem čtyři základní typy granitů – lipnický, koutský, melechovský a typ Stvořidla, makroskopicky odlišné zrnitostně a poměrným zastoupením slíd. V klasifikačním diagramu IUGS spadají téměř všechny do pole granitů typu B a část do pole granodioritů. V podřízeném množství jsou zde granity leukokrátní a z žilného doprovodu aplity a pegmatity. Ve srovnání s granity moldanubického plutonu byly doposud řazeny k typům eisgarnskému a landštejnskému. Podle nového vyhodnocení na základě jejich chemismu se ukazuje, že ke granitům eisgarnského typu lze přiřadit typy melechovský a Stvořidla, typ koutský lze přirovnat nejspíše k typu Číměř a že lipnický granit nemá v moldanubickém plutonu ekvivalent.

Geologická stavba melechovského masivu má charakter koncentricky uspořádané intruze. Novotný (1980) rozděluje tuto intruzi do tří, časově oddělených fází. K nejstarší intruzivní fázi řadí lipnický a koutský typ, do druhé melechovský typ, který má s granity předchozí fáze ostré intruzivní kontakty a k třetí, nejmladší intruzivní fázi, řadí typ Stvořidla, který proniká granity melechovského typu. K poněkud dynamičtějšímu modelu intruze granitů melechovského masivu dochází Schulmann et al. (1997) na základě studia magmatických staveb. Definuje jej jako polyfázově zvrstvenou intruzi s teleskopicky pronikajícími porcemi nového magmatu. Na základě současného vyhodnocení geochemických údajů rozčleňuje K. Breiter melechovský masiv do tří základních jednotek, které representují tři časově a patrně i zdrojově odlišné pulsy. První představuje lipnický typ a druhý koutský. Třetí, melechovský typ, spojuje dohromady s typem Stvořidla, protože si jsou chemicky velmi blízké a předpokládá, že tvoří jednu intruzivní jednotku, v níž lze pozorovat určitý frakcionační vývoj od okrajů do centra.

Odlišnými metodickými postupy došli autoři v podstatě k obdobnému modelu, který by bylo možné upřesnit či pozměnit jen na základě podrobnějšího výzkumu. Z dosavadních poznatků vyplývá, že k první, iniciální fázi intruze, spojenou s intenzivní granitizací a asimilací okolních pararul, je možné přiřadit lipnický typ granitu, následovaný intruzí koutského typu. Rozdíly mezi nimi se ukazují zásadnějšího charakteru, než jim původně přisuzoval Novotný (1980). Postavení koutského typu granitu a jeho vztahu k lipnickému typu není ale doposud uspokojivě vyřešeno. Typ melechovský a typ Stvořidla jsou si po chemické stránce velmi blízké a i v terénu byly mezi nimi nově zjištěny náznaky pozvolného přechodu, takže je možné je považovat za součást jedné intruze, patřící k nejmladší fázi. Souslednost těchto tří patrně zdrojově odlišných intruzí je z hlediska časového rozmezí limitována zjištěním, že mladší intruze ovlivňovaly vnitřní stavbu ještě ne zcela utuhlého granitu nejstarší intruzivní fáze, představovaného lipnickým typem. Diapirický výstup hluboce zakořeněného granitového tělesa vedl k rychlé exhumaci nadloží až na jeho současnou erozivní úroveň. Ze studia křehkých struktur lze usuzovat, že nejprve probíhal v režimu střižné deformace, který se po doznění termální aktivity plutonu změnil na extenzní.

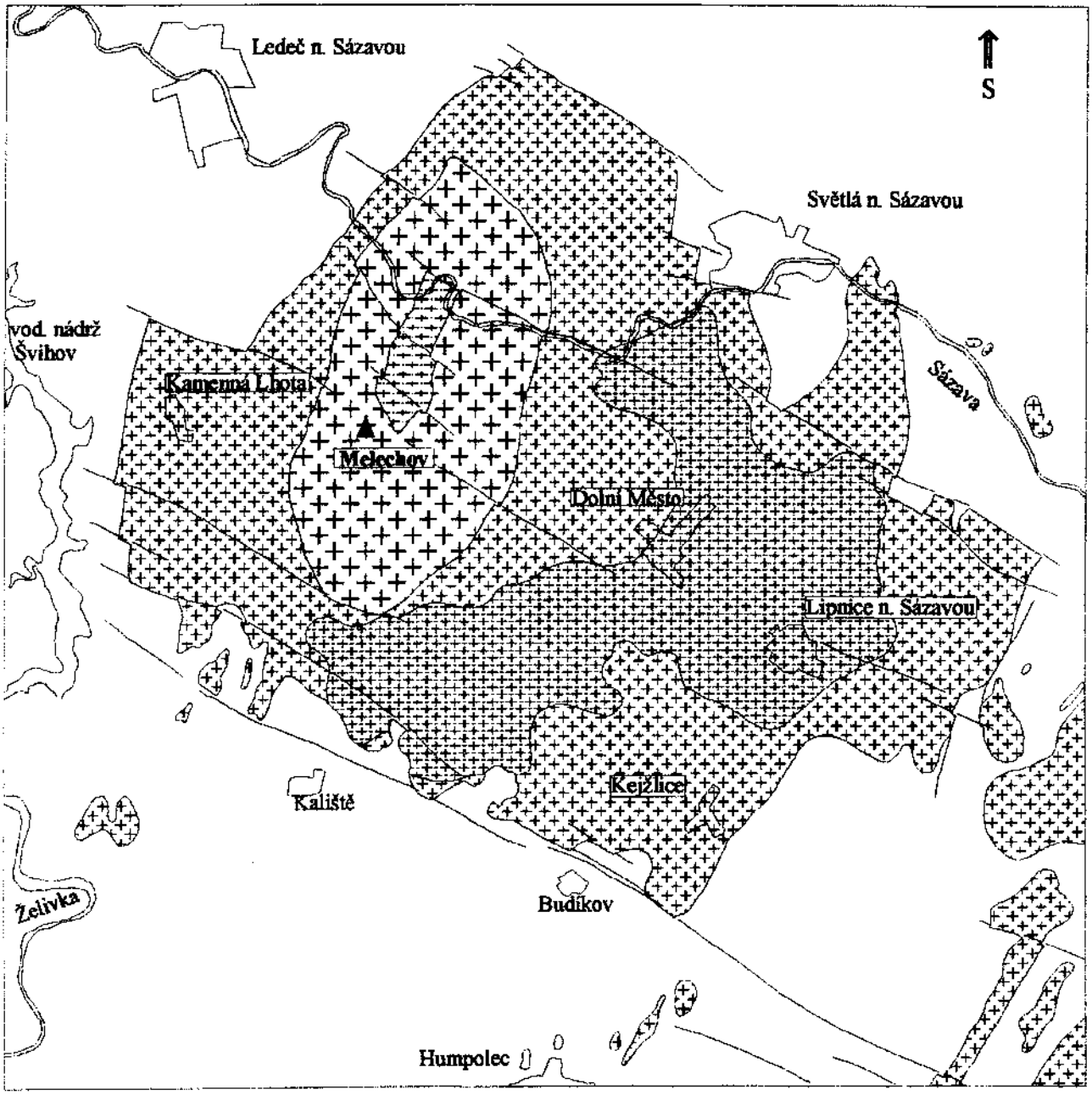
Na základě kombinace geologických a geochemických údajů lze melechovský masiv rozčlenit do tří základních jednotek, které reprezentují tři časově a patrně i zdrojově odlišné pulzy granitového magmatu:

1. lipnický granit,
2. drobno až střednězrnné granity (typ Kouty či Světlá),
3. vlastní peň Melechova (typ melechovský a typ Stvořidla),

Lipnický granit lze přitom jednoznačně definovat i pouze chemicky, zatímco ostatní granity si jsou chemicky velmi blízké.

Lipnický granit se vyznačuje zejména poněkud nižším obsahem SiO_2 (do ca 71 %) a vyššími obsahy kompatibilních prvků Ti (nad 0,4 % TiO_2), Mg (nad 0,6 % MgO), Fe (nad 2 % Fe_2O_3tot), Ca (nad 1 % CaO), Zr (nad 150 ppm), Th (nad 40 ppm) a REE (např. 120–180 ppm Ce). Obsahy Na_2O jsou v průměru mírně nižší a obsahy F a Rb mírně vyšší než u ostatních diskutovaných typů. Vyjmenované charakteristiky odlišují lipnický granit od všech granitoidů centrálního moldanubického plutonu. Lze očekávat, že tento chemismus se mineralogicky projeví poměrně nižším modálním obsahem křemene, vyšší bazicitou plagioklasu, větším zastoupením biotitu (a pravděpodobně i jeho vyšší hořečnatostí) a větší hojností akcesorií (zirkonu, apatitu etc.).

Melechovský granit tvoří s granitem Stvořidla jednu in-



0 5 km

drobnozrnný biot.-musk. granit
typ Stvořidla

hrubozrnný biot.-musk. granit
melechovský typ

drobně až středně zrnitý biot.-musk. granit
typ koutský

drobnozrnný musk.-biot. granit
typ lipnický

moldanubické pararuly

zlomy

geologické hranice

Obr. 1. Geologické schéma melechovského masivu (sestavil B. Mlčoch)

truzivní jednotku, v níž lze pozorovat určitý frakcionační vývoj od typu melechovského k typu Stvořidla, tedy od okrajů směrem do centra tělesa. Jde o typický moldanubický peraluminický dvojslídný granit s 72–74 % SiO_2, poměrně nízkými obsahy kompatibilních prvků (TiO_2 ca 0,1 %, Fe_2O_3 okolo 1 %, Zr do 50 ppm, Th do 5 ppm). Obsahy draslíku jsou poměrně nižší (ca 4 % K_2O) a sodíku vyšší (nad 3,4 % Na_2O) než v lipnickém typu. Frakcionace se projevuje zejména v obsazích hlavních prvků, rozdíly v obsazích stopových prvků jsou malé až nepatrné. Běžně používané kvantifikátory frakcionace, jako např. poměry K/Rb, Rb/Sr, U/Th, ukazují na celkově primitivní chemismus magmatu a jeho pouze nepatrný vývoj během krystalizace.

Granit drobnozrnný, tvořící periferii melechovského masivu (typ koutský či světelský), je hornina značně nehomogenní. Nehomogenita tohoto granitu může být zčásti způsobena nedostatečnou homogenizací výchozího magmatu před začátkem krystalizace, zčásti asimilací rulových hornin pláště masivu in situ. Vysoký stupeň chemické nehomogenity je ostatně charakteristický pro celou severní část moldanubického plutonu, kterou současný erozivní řez odkrývá patrně mělce pod úrovní původního stropu intruze.

Z hlediska stanovení současné stability oblasti melechovského masivu mohou být do značné míry zdrojem cenných informací výskyty kvartérních a terciérních hornin a různých úrovní paleoreliéfu. Drobné ostrůvky terciéru odpovídají patrně známým výskytům u Ledče n. Sázavou, popsaných již Koutkem (1949), které Havlena in Mísař et al. (1983) považuje za denudační relikty údolních výplní větších toků, nebo lokálních jezerních pánví a řadí je mezi kontinentální sedimenty neogénu. Terciérního stáří je patrně fosilní zvětrávání granitů, vázáné na nejstarší úrovně paleoreliéfu. Ve větším rozsahu se zachovaly zvětraliny spodní části zvětrávacího profilu, tvořené písčitým eluviem, ze kterého vystupují skalní výchozy, představující bázi tohoto profilu. Často jsou na povrchu doprovázeny bloky a balvany granitů, jejichž akumulace vznikly během kvartéru odnosem zvětralin, které je obklopovaly.

Výsledky interperetace magmatické stavby melechovského masivu (Schulmann et al. 1997) ukazují na to, že struktury lipnického typu granitu jsou konformní s okolím plutonu, a to zejména na jeho v. okraji. Jsou vyvinuté koncentricky, i když dominantní je sv.-jz. směr protažení tělesa. Na východním okraji je foliace definována relikty restitu, které v podobě šlírů tvoří kontinuální foliace. Je zřejmé, že prekursorem tohoto heterogenního anatektického granitu byly okolní migmatity a hlavní rozdíl tkví především v množství nataveného materiálu. Jak ukazuje analýza AMS jsou zde intenzity staveb velmi variabilní, což je jistě způsobeno nerovnoměrnou distribucí nositelů magnetických vlastností v restitu a ve světlé tavenině. Hornina však stále ještě nebyla zcela mobilní ve smyslu pohybu kapaliny, spíše si představujeme magma jako směs ne zcela roztavených minerálů.

Směrem do středu intruze se lipnický granit mění na homogennější, lépe vykrystalovanou varietu bez restitových šlírů. Intenzita stavby charakterizovaná parametry AMS narůstá. Je zřejmé, že magma se stalo daleko více mobilní, i když stále ještě velmi viskozní, takže i při malém stupni tečení došlo k silnému uspořádání magnetické stavby. Stavba je stále ještě koncentrická a zdá se, že magma volně obtékalo tvar intruze. Směrem k centrální části intruze, tj. ke kontaktu s melechovským typem granitu, se pravidelná koncentrická stavba bortí, klesá její intenzita a dochází k přeorientování lineací do sv.-jz. směru. Dalším významným jevem je protiklonné zapadání lineací v lipnickém granitu na sv. a jz. okraji melechovského typu. Tyto skutečnosti jsou interpretovány jako výsledek určitého přehřátí taveniny lipnického granitu díky podestlání melechovským typem. Velmi mobilní tavenina zřejmě reagovala na výstup spodního tělesa nejenom termálně ale i mechanicky, takže v této části lze hovořit o omezeném balónovém efektu způsobeném spodní melechovskou intruzí.

Melechovská intruze má opět koncentrickou stavbu magnetických lineací a velmi ploché magnetické foliace. Magma bylo zřejmě mobilní a a během výstupu koncentricky obtékalo vnucený eliptický tvar. Lze předpokládat, že horká intruze melechovského granitu jednak termálně ovlivnila nadložní lipnický granit, ale i výstupem mechanicky ovlivnila pohyb magmatu v nadloží.

Strukturní a metamorfní vývoj pláště a strukturní vývoj polyfázové intruze melechovského masivu ukazuje na složitou interakci mezi korovou anatexí, kompresí hornin orogenního kořene – moldanubika, výstupem hornin spjatým s postupným extenzním kolapsem a výstupem postupně segregovaného magmatu. Vztahy mezi metamorfním vývojem pláště, segregací a výstupem generovaného magmatu jsou velmi intimní geometricky i termálně, často se vzájemně a zpětně ovlivňující. Komprimované horniny monotonní serie moldanubika se intenzivně tavily, přičemž segregované magma houbovitým způsobem vystupovalo vzhůru díky zmenšené viskozitě a gravitaci, termálně ovlivňovalo okolní horniny, které dodatečně změkčovalo. Výsledkem je koncentrický tvar lipnického granitu a melechovského granitu a značná koherence mezi magmatickými a metamorfními stavbami. Výstup magmatu byl nepochybně poněkud rychlejší než výstup okolních metamorfitů, což způsobilo progresivní extenzní rozpad jeho pláště. Hlubší porce krustálního magmatu melechovského granitu se dále protlačovaly ve stejném tektonickém režimu nedokonale utuhlým lipnickým granitem. Lokální změkčení lipnického granitu pak vedlo k porušení staveb a jeho extenznímu kolapsu při kontaktu s vystupujícím melechovkým granitem.

Podle mineralogického složení bylo v lipnickém granitu rozlišeno 5 hlavních typů puklinových mineralizací: a) pegmatitové žíly a pukliny vyplněné turmalínem a muskovitem; b) puklinové mineralizace typu alpských žil; c) hydrotermální žilky křemenné, křemen-fluoritové, lokálně s příměsí sulfidů; d) supergenní mineralizace oxidů a hydroxidů železa a manganu; e) pukliny bez mineralizace s výplní fyzikálního jílu.

V letech 1993–1994 byla oblast melechovského masivu a jeho blízkého okolí pokryta regionálním geofyzikálním měřením měřítka 1 : 25 000. Šlo o pozemní tíhová měření, leteckou magnetometrii a spektrometrii gama. Měření provedla a.s. Geofyzika Brno (Dědáček 1994, Šrámek 1994a, b), pozemní ověření části leteckých anomálií a kva-

litativní vyhodnocení výsledků uskutečnil ČGÚ Praha (Procházka 1994). Svojí úvodní etapou byl rovněž zahájen seismologický výzkum oblasti, realizovaný Ústavem fyziky Země Masarykovy University Brno. Byla také zahájena první etapa výzkumu fyzikálních vlastností hornin. Na 130 vzorcích, odebraných z povrchu v prostoru vlastního tělesa masivu i z hornin přilehlého krystalinika byly stanoveny hustoty, porózity, magnetické susceptibility a radioaktivní vlastnosti.

V roce 1995 byl proměřen detailní tíhový profil sz.-jv. směru, protínající všechny zastoupené typy žul melechovského masivu a pokračoval výzkum fyzikálních vlastností hornin. Realizátorem těchto prací byla opět a.s. Geofyzika Brno (Šrámek 1997). Na přelomu let 1995 a 1996 byly výsledky tíhových měření shrnuty, naměřená data byla vizualizována, kvantitativně interpretována a byl vytvořen dvourozměrný fyzikální model melechovského masivu (obr. 2). V tomto roce rovněž ČGÚ dokončil pozemní ověřování anomálií letecké magnetometrie a spektrometrie gama.

V roce 1996 bylo na testovacím polygonu o rozloze ca 3,5 km^2 situovaném na jz. okraji obce Dolní Město uskutečněno podrobné profilové měření komplexem pozemních geofyzikálních metod (kombinované a dipólové profilování, metoda velmi dlouhých vln, magnetometrie, lehká seismika, georadar), jehož cílem bylo – kromě metodických poznatků – i ověření předchozím geologickým mapováním a tíhovým měřením předpokládaných tektonicky narušených zón (Karous 1997). Bylo měřeno v síti profilů ssv.-jjz. směru, na několika izolovaných profilech i ve směru kolmém, vzdálenost profilů byla 100 m, krok měření 10, resp. 20 m. Měření uskutečnila firma Geonika Praha s.r.o.

Vlastními silami ČGÚ bylo v roce 1996 a 1997 uskutečněno pozemní měření spektrometrie gama v jv. a sz. části melechovského masivu. Měření proběhlo na nepravidelně rozmístěných bodech (povětšině skalních výchozech) a sloužilo k diferenciaci zde zastoupeného lipnického granitu do dvou geochemicky odlišných typů. Kromě toho byla uskutečněna profilová měření metodou velmi dlouhých vln (VDV), sloužící k ověření průběhu geologicky předpokládané tektoniky sz.-jv. a s.-j. směru.

V návaznosti na práce z roku 1996 pokračovala i v roce 1997 pozemní geofyzikální měření komplexem metod v zsz. pokračování testovacího polygonu Dolní Město. Území, které bylo pokryto měřením v r. 1997 (ca 0,7 km^2), se nachází přibližně mezi obcí Meziklasí a osadou Loukov. Obdobně jako v r. 1996, kdy byly geofyzikální práce na tomto polygonu zahájeny, byly nasazeny zejména metody geoelektrické, magnetometrické a seismické, z nichž je možno interpretovat stupeň porušení podložních hornin, lokalizovat případné tektonické linie, porušené zóny, stanovit hloubku podloží, mocnost nadložních uloženin a případně jejich litologii, hloubku zvětrávání a příp. další charakteristiky. S ohledem na existující obtíže s povolováním vstupů na pozemky byla v této fázi rovněž testována schopnost vysoce přesného detailního leteckého měření magnetometrie a spektrometrie gama v podmínkách nízkého letu a případná nahraditelnost některých pozemních měření měřením leteckým. Práce provedla firma Geonika Praha (subdodávku leteckého měření zajistila firma Picodas Praha). Pozemní měření byla uskutečněna v síti profilů ssv.-jjz. směru, vzdálených vzájemně 100 m, krok měření na profilech byl 10 m. Letecké detailní měření (zahrnulo plochu pozemně proměřenou v r. 1996 i v r. 1997 a její blízké okolí) bylo uskutečněno ve směru profilů pozemního měření při vzdálenosti letových profilů 100 m a výšce letu 60–80 m, interval registrace měřených hodnot byl ca 3 m.

Na základě dosud provedených geofyzikálních prací a po jejich předběžné souborné interpretaci je možno formulovat následující závěry:

a) Melechovský masiv je hustotně i magneticky vzácně homogenní intruze s nepochybným velmi hlubokým zakořeněním (15–17 km). Jeho kontakt s okolními metamorfity moldanubika je ostrý a strmý, výjimkou je jv. část, kde se jedná o tzv. otevřenou formu kontaktu s postupným přechodem do vnějších hornin a s možným nehlubokým propojením na těleso granitického centrálního masivu moldanubika.

b) Všechny zastoupené typy granitoidů melechovského masivu mají prakticky shodné hustotní parametry.

c) Mezi magnetickými susceptibilitami jednotlivých typů granitoidů melechovského masivu nelze interpretovat rozdíly.

d) Velmi významný (řádový) rozdíl byl zjištěn mezi obsahy Th lipnického granitu (25–60 ppm) na jedné straně a granitů typu Stvořidla a Melechov (4–7 ppm) na straně druhé.

e) V obsazích U a K nelze mezi horninami zastoupenými v melechovském masivu nalézt významnější rozdíly.

f) Plášťové horniny moldanubika se od granitoidů masivu liší vyšší hustotou, vyšší střední magnetickou susceptibilitou a menšími obsahy K.

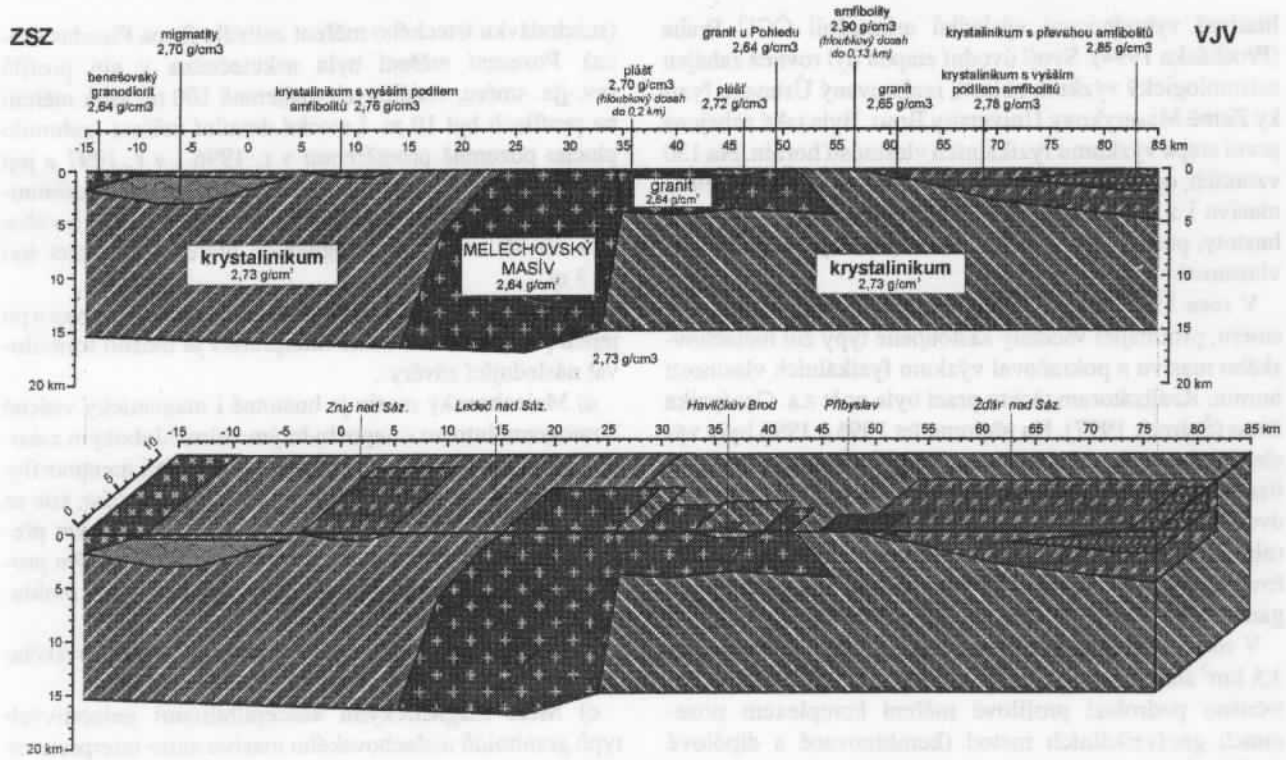
g) V regionálním poli spektrometrie gama se pak minimálními obsahy thoria velmi dobře vyčleňuje melechovský hrubozrnný granit včetně drobně zrnitého typu Stvořidla, který po této stránce nelze od melechovského granitu odlišit. Rozsáhlou kladnou anomálií thoria se na druhé straně projevuje část drobnozrnného lipnického granitu v j. a v. části masivu, kde se setkáváme i s hojnými lokálními nabohaceními uranem. Tato regionální thoriová anomálie překvapivě zčásti koreluje s regionálním magnetickým minimem. Výrazných rozdílů v obsazích Th je využíváno při mapování jednotlivých typů granitů, zastoupených v melechovském masivu, přičemž významné je zejména rozlišení dvou makroskopicky totožných variet lipnického granitu.

h) Úvodní etapa seismologické studie zájmové oblasti prokázala, že dané území je velmi vhodné pro umístění lokální monitorovací sítě.

i) Naprostá většina letecky zjištěných geofyzikálních anomálií má svůj původ v reálné geologické situaci, malé procento z nich bylo pozemním ověřovacím měřením přisouzeno civilizačním vlivům.

j) Pomocí profilových měření metodou VDV byla zpřesněna pozice a průběh geologicky mapovaných či předpokládaných zlomů.

k) Prostor melechovského masivu je svými fyzikálními parametry velmi vhodný pro aplikaci elektromagnetických



Obr. 2. Regionální tíhový řez přes melechovský masiv a jeho blokdiagram (podle Šrámka 1994)

metod, možnosti dalšího uplatnění spektrometrie gama a zejména pak gravimetrie jsou rovněž slibné.

l) Především na základě provedených tíhových měření je možno prostor melechovského masivu rozdělit do dvou částí. První z nich, zahrnující těleso melechovského granitu s granitem typu Stvořidla v jeho apikální části a přecházející směrem na JV částečně i do prostoru lipnického granitu, se vyznačuje vysokou fyzikální homogenitou, bez výraznějších indikací povrchových i hlubinných fyzikálních rozhraní. Druhá, tvořící východní polovinu masivu a reprezentovaná převážnou částí tělesa lipnického granitu, je méně homogenní, lze v ní potvrdit častější výskyt poruchových zón a svým fyzikálním projevem spíše připomíná podmínky větší části centrálního masivu moldanubika.

m) Detailní profilová geofyzikální měření komplexem metod na testovacím polygonu Dolní Město přinesla řadu konkrétních geologických i metodických poznatků, např:

– Zejména z odporových měření a metody VDV byl stanoven průběh vodivých zón zsz.-jjv. a ssv.-jjz. směru, které nejspíše representují projevy podélné a příčné tektoniky;

– Odporovým měřením a mělkou seismikou byly získány informace o mocnosti pokryvných útvarů nad granitovým tělesem a o hloubkovém průběhu zóny zvětrávání. Mocnost této zóny se v prostoru testovacího polygonu pohybuje od 0 do 5 m, přičemž v místech depresí může v maximech dosahovat i hodnot přes 10 m. Místa takto indikovaných depresí mohou být ztotožňována s projevy tektonického oslabení, které je často příčinou hlubšího zvětrávání.

– Horninové typy, zastoupené v oblasti melechovského masivu, jsou z fyzikálního hlediska velmi homogenní. Nevýhodou této okolnosti je fakt, že na základě měrných odporů, hustot a magnetických vlastností nelze v tomto prostoru od sebe odlišovat blízké lithologické typy. Jedinou výjimkou je výrazně odlišný obsah Th, umožňující vzájemně odlišit zastoupené typy granitů melechovského masivu a uvnitř lipnického granitu i vyčlenit dvě jinak nerozlišitelné variety. Fyzikální homogenita masivu má na druhé straně výhodu v tom, že geofyzikální metody mohou velmi citlivě reagovat na fyzikální stav skalního podkladu, tj. stanovit jeho pevnost, porušenost, stupeň a hloubku zvětrávání, mocnost pokryvu a pod.

– Odporové metody v kombinaci s metodou VDV a lehkou seismikou prokázaly svůj význam pro poznání tektonického modelu území v prostředí granitických masivů. Pomocí nich lze sledovat průběh strmých vodivých linií a skrytý průběh reliéfu skalního podkladu.

– Magnetické pole v prostoru melechovského masivu je značně homogenní, bez výraznějších anomálií. Anomální hodnoty totálního vektoru magnetického pole se pohybují v rozmezí –10 až +10 nT, velmi monotónní průběh má i pole vertikálního magnetického gradientu s hodnotami v intervalu +5 až –5 nT. Tyto skutečnosti nedávají příliš naději v případě další aplikace magnetometrie v celém prostoru melechovského masivu, nicméně existenci nevelkých, avšak geologicky podmíněných magnetických anomálií nelze v případě dalších detailních měření vyloučit. Z těchto důvodů není možno další aplikaci magnetometrie zcela zamítnout, navíc se jedná o nenákladnou metodu, která doplňuje geofyzikální obraz oblasti.

V prostoru melechovského masivu byl rovněž zahájen hydrogeologický a hydrochemický monitoring, který průběžně pokračuje až do současnosti. Jeho celkové zhodnocení bude možné až po uplynutí nejméně pětiletého sledovacího cyklu.

Výsledky dosavadních výzkumů melechovského masivu

jsou shrnuty v souborné zprávě řešitelského kolektivu, předložené v prvním čtvrtletí 1998. Zde jsou rovněž navrženy další směry výzkumů v příštích letech.

Literatura

Dědáček, K. - Gnojek, I. - Janák, F. (1994): Letecký geofyzikální výzkum okolí Dolního Města. – MS Čes. geol. úst. Praha.

Karous, M. (1997): Melechovský masív – geofyzikální průzkum. – Geonika s.r.o. Praha. MS Čes. geol. úst. Praha

Karous, M. et al. (1997): Pozemní a letecká geofyzikální měření ve východní části melechovského masivu (etapy 1996 a 1997). – Geonika s.r.o. Praha. MS Čes. geol. úst. Praha.

Mlčoch, B. (1994): Zpráva o detailním geologickém mapování 1 : 10 000 lokality Dolní Město. – MS Čes. geol. úst. Praha.

Mlčoch, B. - Novotný, P. - Schulmannová, B. - Breiter, K. (1995): Stručná petrologická a petrochemická charakteristika základních typů granitů melechovského masivu. – MS Čes. geol. úst. Praha.

Mlčoch, B. - Štěpánek, P. (1995): Problematika kontaktu mezi granity melechovského masivu a metamorfní sérií pararul. – MS Čes. geol. úst. Praha.

Novotný, P. (1980): Geologie a petrografie centrálního moldanubického plutonu mezi Melechovem a Světlou n. S. – MS Čes. geol. úst. Praha.

Procházka, J. et al. (1994): Předběžné zhodnocení regionálních geofyzikálních měření v oblasti melechovského masívu. – MS Čes. geol. úst. Praha.

Schulmann, K. et al. (1997): Studie strukturních poměrů melechovského masívu a fysikálních vlastností jeho hornin. Přírodov. fak. Univ. Karlovy, Ústav petrologie a strukturní geologie, str. 1–60, Praha.

Šrámek, J. (1994a, b): Tíhové měření 1 : 25 000. Lokalita Dolní Město. 1. a 2. část. – MS Čes. geol. úst. Praha.

Šrámek, J. - Sedlák, J. - Obr, J. (1996): Melechovský masív – vizualizace tíhových dat a kvantitativní tíhový řez. – MS Čes. geol. úst. Praha.

Štěpánek, P. et al. (v tisku): Geologická mapa ČR 1 : 50 000, list 23-12 Ledeč nad Sázavou. – Čes. geol. úst. Praha.

Štěpánek, P. et al. (v tisku): Geologická mapa ČR 1 : 50 000, list 23-21 Havlíčkův Brod. – Čes. geol. úst. Praha.

Český geologický ústav, Klárov 3/131, 118 21 Praha 1

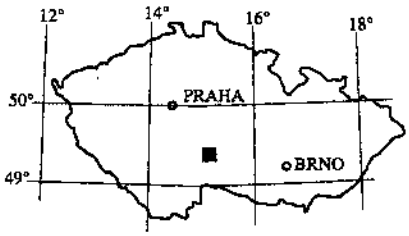
Distribuce uranu a thoria v aplitických granitech a aplitech klenovského plutonu

Distribution of uranium and thorium in aplite granites and aplites of the Klenov pluton

MILOŠ RENÉ

(23-32 Kamenice nad Lipou)
Moldanubian zone, Uranium, Thorium, Aplite granite

Klenovský pluton tvoří největší samostatné granitoidní těleso mimo hlavní těleso moldanubického batolitu. Klenovský pluton představuje relativně homogenní magmatické těleso, které je převážně tvořeno středně zrnitými, dvojslídnými monzogranity, přiřazovanými k typu Deštná ve smyslu klasifikace Klečky et al. (1991). Na řadě míst, zejména na sv. okraji tohoto masivu byl zjištěn již v minulosti (Mrázek 1972) výskyt aplitických granitů, případně aplitů. Vývoj deskovitých těles a žil aplitických granitů bylo možno nejlépe studovat v důlních dílech uranového ložiska Okrouhlá Radouň nebo ve vrtech provedených v širším okolí tohoto ložiska a podél z. okraje klenovského plutonu v okolí Kostelní Radouně a v okolí Kolenců v průběhu průzkumu na uranové rudy. Tyto granity vytvářejí různě mocná deskovitá tělesa nebo žíly. Tato tělesa, případně žíly mají většinou směr SV-JZ až VSV-ZJZ, přičemž smysl a velikost sklonu jsou značně proměnlivé. Ve většině případů upadají k SZ až ZSZ pod úhlem 50–75. Aplitové žíly jsou naproti tomu často svislé nebo mají sklon k JV a jen vzácně k SZ. Vzájemný vztah aplitických granitů a aplitů se nepodařilo nikde zjistit, někdy se zdá, že aplitické granity a aplity jsou si velmi blízké horniny, které se odlišují pouze velikostí zrna, příp. obsahem slíd, jejichž obsah je větší v případě aplitických granitů. Mocnost těles aplitických granitů dosahuje několik desítek metrů, mocnost aplitových žil je od 10 cm do 12 m.



Aplitické granity jsou šedobílé horniny, někdy narůžovělé, drobně až středně zrnité. Velikost zrn je 0,2 až 3 mm. Základními minerály aplitických granitů jsou K-živec, křemen, plagioklas, biotit a muskovit. Akcesorie jsou zastoupené zirkonem, rutilem, apatitem a titanitem. K-živec tvoří xenomorfně omezená zrna. Často je sericitizovaný, přičemž sekundární přeměny jej postihují častěji než plagioklas. Jeho obsah kolísá mezi 20–50 %. Křemen tvoří nepravidelně laločnatá, xenomorfně omezená zrna. Jeho obsah se pohybuje mezi 30–48 %. Plagioklas vytváří hypautomorfní, tabulkovitá, někdy xenomorfně omezená zrna. Plagioklas je obvykle albiticky lamelovaný a jeho bazicita je An_{7-12}. Jeho množství se v aplitických granitech pohybuje mezi 10–35 %. Slídy jsou zastoupené muskovitem a biotitem, přičemž muskovit obvykle převládá. Obsah slíd je obvykle do 10 %. Biotit je výrazně pleochroický, podle Z a Y je červenohnědý, podle X je žlutohnědý. Struktura aplitických granitů je panxenomorfně zrnitá, někdy s přechody do granitické struktury. Aplity jsou šedobílé až čistě bílé horniny a jejich podrobnější petrografická charakteristika byla podána v práci Reného (1997). Ve srovnání s aplitickými granity jsou obvykle jemnozrnnější a obsa-