

rzr. živcové droby v průseku 600 m na V od Vápenného Ji-9 jzr. droba z výchozu u cesty 850 m na SV od Zdislavského Špičáku

Ji-18 droby v průseku 600 m na JV od Vápenného

machnínská skupina:

Ji-6 kvarcitu kolem kóty Dlouhá hora

V tabulce 1 jsou shrnuty analýzy průsvitných těžkých minerálů. Koláčkové diagramy (obr. 3) znázorňují charakteristické asociace pomocí poměru nejdůležitějších vybraných minerálů.

Ze skupiny jítravských vzorků je nutno posuzovat zcela samostatně analýzu Ji-12, která zcela jednoznačně prokázala, že výchozí horninou byl krystaloklastický tuf, či tufit. To dokazuje jednak dominující zastoupení idiomorfních zirkonů, hojně apatity a minimum zbývajících minerálů. Z machnínských vzorků poněkud vybočuje pouze ultrastabilní bezapatitová APTM kvarcitu z Dlouhé hory (Ji-6).

Zbývající vzorky obou skupin reprezentující psamity a metapsamity mají některé společné rysy z hlediska APTM, tak jak bylo výše popsáno na základě obecně petrografického studia.

Společnými rysy jsou:

- apatit-zirkonový, nebo zirkon-apatitový základní charakter asociací
- hojně zastoupení purpurových variet zirkonů (i přes 10 % zirkonové populace)

– běžný výskyt brookitu

– poměrně sporadické zastoupení granátů, epidotů, titanitů a ostatních TM.

I když počet zpracovaných vzorků zdaleka neopravňuje k definování APTM machnínské a jítravské skupiny, zdá se, že některé rozdíly mezi oběma celky jsou dostatečně výrazně naznačeny:

– machnínské APTM se vyznačují vysokými obsahy apatitů a vzácným turmalínem

– jítravské APTM mají obecně výrazné zastoupení turmalínů, stabilní, byť nízké zastoupení rutilů

Provedené analýzy APTM naznačují, že vzorky psamitů machnínské a jítravské skupiny jsou pro studium TM rozhodně perspektivní. Jednak umožňují jednoznačné definování tufů, event. jejich datování, jednak dávají možnost, po statistickém zhodnocení reprezentativních souborů, přispět k vyčlenění dílčích litostratigrafických celků a podcelků.

## Literatura

- DICKINSON, W. R. - SUCZEK, C. A. (1979): Plate tectonics and sandstone compositions. – Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 63, 12. Tulsa.
- FOLK, R. L. (1974): Petrology of sedimentary rocks. – Hemphill Publishing Co. Austin, Texas.
- CHALOUPSKÝ, J. (ed.) (1989): Geologie Krkonoš a Jizerských hor. – Ústí. úst. geol. Praha.
- INGERSOLL, R. V. (1990): Actualistic Sandstone Petrofacies: Discriminating Modern and Ancient Source Rocks. – Geology, 18, 733–736. Boulder.
- KUKAL, Z. (1986): Základy sedimentologie. – Academia, Praha.
- PROCHÁZKOVÁ, M. (1987): Geologické poměry severozápadní části Ještědského pohoří a litologie vápenců v horním lomu na Velkém Vápenném východně Jitřavy. – Dipl. práce, kat. geol. PřF UK, 1–102. Praha.

## PETROLOGIE TMAVÝCH ŽILNÝCH HORNIN JÁCHYMOVSKÉHO RUDNÍHO REVÍRU A JEJICH PETROFYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI

### Petrology of mafic dykes from the Jáchymov ore district and their petrophysical properties

MIROSLAV ŠTEMPROK<sup>1</sup> - MARTA CHLUPÁČOVÁ<sup>2</sup> - FRANTIŠEK V. HOLUB<sup>1</sup> - JIŘÍ NOVÁK<sup>3</sup> - MILOŠ LANG<sup>3</sup> - EDVÍN PIVEC<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, 128 43 Praha 2, Albertov 6

<sup>2</sup>Petromag, Praha

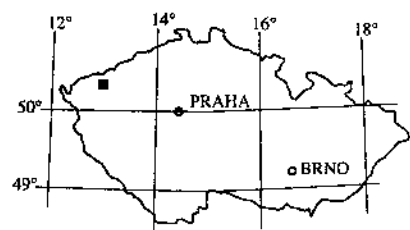
<sup>3</sup>Geologický ústav AV ČR, 160 00 Praha 6, Rozvojová 135

(11 - 21 Karlovy Vary)

*Key words: lamprophyres, mafic dykes, Jáchymov district, petrophysical properties, feldspar and biotite compositions, radioactivity*

## ÚVOD

V rámci projektu Grantové agentury UK (165/1998/B-GEO) jsme studovali petrologii tmavých žilných hornin jáchymovského rudního revíru v západních Krušných horách. Současně s výzkumem minerálního a chemického složení byly změřeny petrofyzikální vlastnosti, které přinesly údaje zejména o jejich magnetických vlastnostech, hustotách a porositě. Tento výzkum si klade za cíl doplnit



chybějící údaje zejména o lamprofyrech Krušných hor, které jsou důležitými indikátory účasti plášťových magmat na granitickém magmatismu nebo na mineralizaci s ním spojené. Koncentrace tmavých žilných hornin a žilných granitů je typická pro hlubinný jáchymovský lineament označovaný také jako hlubinná zóna Gera-Jáchymov.

Vzhledem k tomu, že důlní díla, ve kterých byly tmavé žilné horniny v minulosti zachyceny, jsou uzavřena, soustředili jsme se na odběr vzorků z hald, kde lze stále najít materiál vhodný pro laboratorní výzkum (haldy dolů Eva, Adam, Rovnost I a Rovnost II, Barbora, Panorama, Abertamy). Odebrané vzorky byly relativně čerstvé, nenavětralé a vyskytly se v blocích o objemu několika dm<sup>3</sup>. Kromě haldového materiálu bylo možné odebrat čerstvé lamprofyry také z povrchových výchozů v kusových vzorcích. Tak se podařilo ovzorkovat výskyt minety z blízkosti osady Hluboký jz. od Jáchymova nedaleko Bílého vrchu.

Popis žilných vyvřelých hornin z Jáchymovska uvádí v rozsáhlé studii Sattran (1965), který rozlišil ve skupině tmavých žilných vyvřelých hornin granodioritové a křemenné dioritové porfyry a lamprofyry (zejména kersantity a spessartity). Podle Sattrana byly v jáchymovských dolech zjištěny případy vzájemného protínání lamprofyřů (např. na sledné žíly Boží sen), pronikání lamprofyřů do žulového porfyru, ale i naopak protínání lamprofyřů žulovým porfyrem (např. důl Eliáš Z - IV). Remněvová a Žukovová (in SATTRAN 1965) uvádějí tento sled žilných vyvřelých hornin: rané žíly lamprofyřů (většinou kersantitů), žíly žulových porfyřů (křemenných porfyřů červené nebo narůžovělé barvy), žíly lamprofyřů (většinou spessartitů), žíly žulových porfyřů šedé barvy, aplity, žíly a výlevy tercierních čedičových hornin a tufobrekcie. Na německé straně Krušných hor existuje podrobná analýza petrografie a chemického složení lamprofyřů od Kramera (1976).

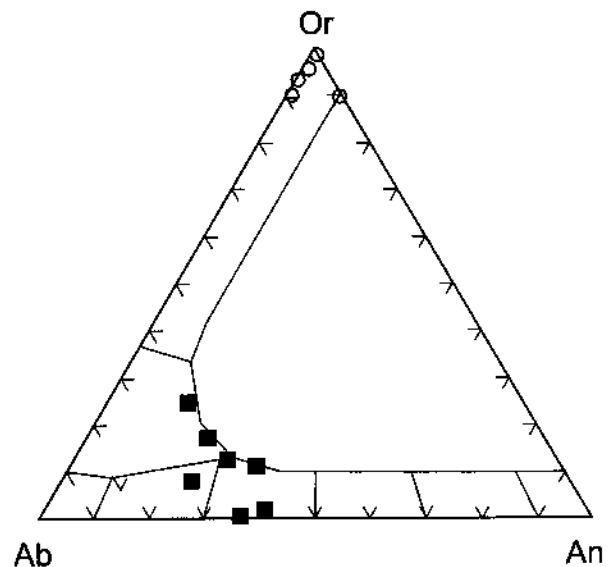
## DOSAVADNÍ VÝSLEDKY PETROGRAFICKÉHO STUDIA

Podle našich výzkumů tmavé žilné horniny na Jáchymovsku obsahují 4 základní petrografické skupiny: a) lamprofyry, b) biotitové dioritové porfyry, c) granodioritové porfyry, d) uralitizované diority.

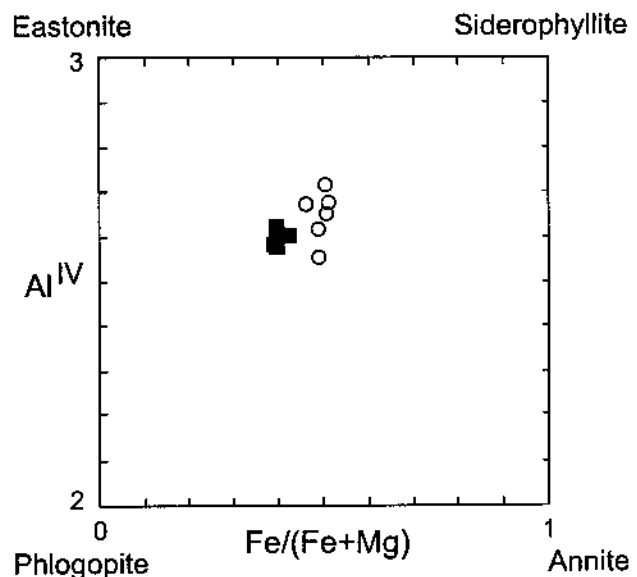
Z lamprofyřů převládají amfibolové kersantity, vzácný je spessartit. Zcela ojediněle v granitovém terénu sv. od Jáchymova byla zjištěna mineta s fenokrysty automorfního biotitu a pseudomorfózami po klinopyroxenu v základní hmotě složené z lištovitěho alkalického živce (draselného živce a albitu), biotitu, křemene a sekundárního chloritu a epidotu. Některé kersantity obsahují vyrostlice plagioklasu a přecházejí tak do biotitových dioritových porfyřů. Lamprofyry se na haldách uranových dolů vyskytují často s úlomky žulových porfyřů až porfyřických mikrogranitů.

Podle literárních údajů v žilném uzlu jámy Barbora, který je vázán na centrální zlom (VESELÝ, 1985), protíná skupina lamprofyřových žil žulové porfyry. Pod souhrnným označením lamprofyř se však skrývá více odrůd tmavých

žilných hornin, nejčastěji kersantit s amfibolem, přechodní typ lamprofyru od kersantitu ke slídnatému mikrodiortu a vzácně uralitizovaný spessartit. Enklávy lamprofyru tmelelé růžovým žulovým porfyrem jsme našli rovněž na haldě jámy Eva. Na haldě dolu Rovnost v centru jáchymovského rudního revíru byl zatím ověřen jediný druh lamprofyru (kersantit s uralitizovanými vyrostlicemi klinopyroxenu) pocházející asi z jižního systému rudních žil, kde byla dokumentována složená žíla lamprofyru s granitovým porfyrem. Biotitový porfyrit s podřadným uralitizovaným klinopyroxenem a ofitický mikrodiort z haldy jámy Panorama byl v důlní dokumentaci označován pod souhrnným názvem „lamprofyř“ (VESELÝ 1985). Amfibol-



Obr. 1. Klasifikační diagram živců v projekci Ab-An-Or v kersantitu a žulovém porfyru z haldy jámy Barbora (čtverečky – kersantit, vzorek 117, kroužky – žulový porfyř, vzorek 122).



Obr. 2. Klasifikační diagram Fe-Mg trioktaedrických slíd z kersantitu a žulového porfyru z haldy jámy Barbora (čtverečky – kersantit, kroužky – žulový porfyř).

biotitový dioritový porfyrit z haldy jámy Adam má porfyrickou strukturu a obsahuje tmavé shluky o průměru 0,4 až 0,6 mm, které jsou složeny z amfibolu a podružného plagioklasu a kolem nichž se vytvořila biotitová obruba.

V lůmku poblíže jámy Tomáš vystupuje žíla porfyrického mikrogranitu s mladším pronikem biotitového dioritového porfyritu v podobě několik decimetrů mocné žíly ve středu lomové stěny. Na obou okrajích žíly mikrogranitu jsou uralitizované mikrodiority až diorit a místy amfibolový kersantit o mocnosti 2–3 m s mikrouzavřeninami rohovce.

Úlomky pilitizované minety pod Bílým vrchem v blízkosti obce Hluboký u Hroznětína naznačují průběh žíly, která je mladší než porfyrický monzogranit staršího intruzivního komplexu (OIC) krušnohorského batolitu. Kromě obvyklých idiomorfních vyrostlic biotitu obsahuje amfiboly a navíc kumuláty středně zrnitého amfibolovce s pilitizovaným olivínem. Xenokrysty křemene vytvářejí ocelární strukturu a jsou lemovány aktinolitovým reakčním lemem. V nejzápadnějším žilném uzlu jáchymovského revíru v Abertamech jsme našli pouze granodioritový porfyrit, který má při kontaktu zónu bohatou biotitem.

Na mikrosondě byl studován vzorek kersantitu z haldy jámy Barbora (č. vz. 117). Z primárních minerálů byly analyzovány živce, odpovídající anorthoklasu, oligoklasu až andesinu, příp. K-andesinu (obr. 1). Analýzy tmavé slídy ukázaly relativně homogenní složení odpovídající biotitu (obr. 2).

Analýzy alkalických živců z žulového porfyru prokázaly draselnou povahu většiny živců, které mají ojediněle vysoký obsah anortitové komponenty (obr. 1). Biotit v žulovém porfyru je bohatší železem než biotit lamprofyru a má větší rozptýl složení (obr. 2). Muskovity byly doloženy pouze v žulovém porfyru, ojediněle s obsahy F do 1 %. Podle poměrů  $Fe_2O_3$ – $MgO$ – $TiO_2$  se analyzované muskovity nejvíce blíží hydrotermálním muskovitům.

Běžnou alterací lamprofyru je přeměna klinopyroxenu na jemně plstnatý aktinolit (uralitizace), chloritizace bio-

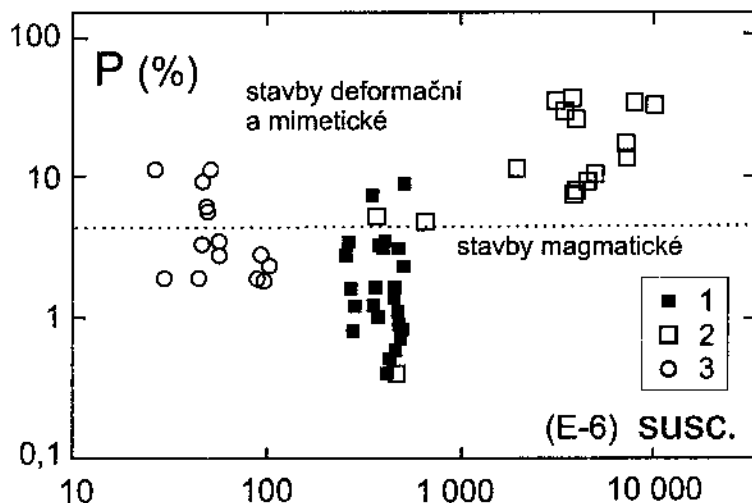
titu a pilitizace olivínu. Častá je sericitizace a kaolinizace lištitového plagioklasu, která zvýrazňuje jeho zonální stavbu. Zcela nově byla prokázána greisenizace lamprofyru. Probíhala jednak podél tenkých trhlinek a jednak v mocnosti celé žíly. Typický greisen obsahuje kromě červenohnědých vyrostlic biotitu také shluky jemně šupinkaté oranžově pleochroické Li-Fe slídy a menší množství zeleně pleochroické Li-Fe slídy. Namísto plagioklasové základní hmoty se objevují pseudomorfozy oranžového biotitu s podružnou Li-slídou a metasomatický křemen. Ostrůvkovitě se objevují i agregáty topazu, prorostlé oběma slídkami a křemem. Akcesoricky vystupuje také fialový fluorit. Na dosud sledovaných vzorcích z hald na Jáchymovsku je nápadný nedostatek nízkoteplotních přeměn typu karbonatizace nebo chloritizace, které jsou běžné kolem rudních žil uranové rudní formace. Alteracemi mikrogranitů jsou kaolinizace, hematizace a karbonatizace.

## PETROFYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI

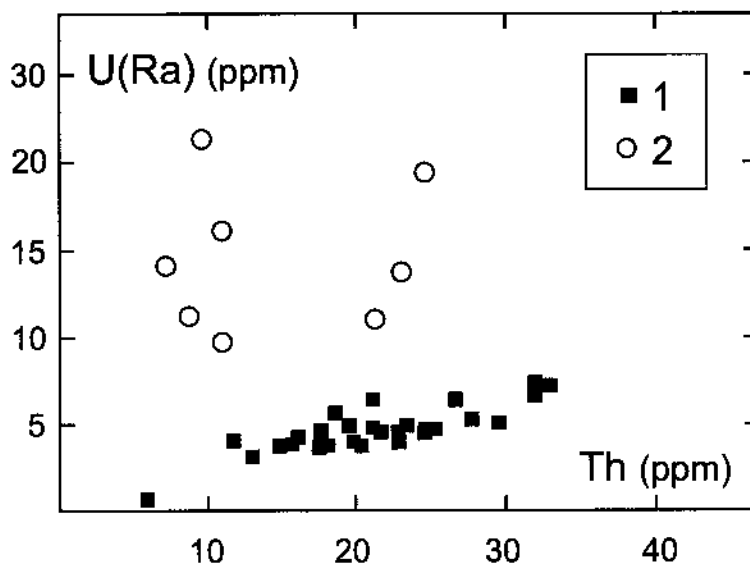
Byly stanoveny základní magnetické parametry: susceptibilita ( $k$ ), přirozená remanentní magnetizace (NRM) a Koenigsbergův koeficient  $Q$ . Kromě toho byla změřena anizotropie magnetické susceptibilitě (AMS). Všechna měření byla provedena v laboratoři Agico s.r.o., Brno.

Podle magnetické susceptibilitě se vyčleňují tři skupiny žilných hornin: 1) žilné, převážně dioritové porfyry a lamprofyry, 2) silně uralitizované diority až lamprofyry, 3) mikrogranity až felzity a žulové porfyry (obr. 3).

První skupina je nejpočetnější a vyznačuje se velmi homogenní susceptibilitou v průměru jen  $410 \times 10^{-6}$  SI, nízkou NRM a koeficienty  $Q$ . Anizotropie hornin první skupiny je proměnlivá, avšak většinou odpovídá anizotropii magmatické stavby. Téměř izotropní nebo velmi slabě anizotropní jsou především lamprofyry. Uralitizace se projevuje výrazným nárůstem NRM a koeficientu  $Q$  i anizotropie, což in-



Obr. 3. Koeficient anizotropie ( $P$ ) v korelaci s magnetickou susceptibilitou ( $S_{USC}$ ). Hodnota přibližně 5 % koeficientu anizotropie (horizontální linie na grafu) odděluje stavby deformační a mimetické od staveb magmatických. 1 – tmavé žilné horniny bez alterace, 2 – alterované tmavé žilné horniny (převážně uralitizované), 3 – leukokratické žilné horniny.



Obr. 4. Korelace U (Ra) s Th v tmavých žilných horninách (1) a leukokratických žilných horninách (2) ukazující vysoký stupeň vzájemné korelace hodnot nealterovaných tmavých žilných hornin (korelační koeficient 0,83). Uran (Ra) stanoven podle obsahu Ra v hornině.

dikuje přítomnost pyrotinu. Patrně sekundární pyrotin byl zjištěn v silněji magnetických uralitizovaných dioritech až lamprofyrech druhé skupiny. Světlé žilné horniny mají nízkou susceptibilitu a dosti variabilní NRM i anizotropii. Nejsou však nikdy tak slabě anizotropní jako většina lamprofyřů.

Přirozenou radioaktivitu charakterizují obecně obsahy Th, U a K, které byly ve studovaných souborech stanoveny v laboratoři fy Exploranium CZ v Brně. Nová citlivá metoda spektrometrie gama umožnila jak běžné, nepřímé stanovení U podle Ra, tak i stanovení přímé na základě účinku izotopů  $^{234}\text{Th}$  a  $^{235}\text{U}$ . Byl zjištěn pravděpodobný deficit U asi v 20 % měřených vzorků. Vzhledem k nižší geochemické mobilitě Ra pokládáme hodnoty U (Ra) za bližší původním magmatickým obsahům, a proto vhodnější pro petrologické interpretace. Výsledky stanovení Th a U (Ra) jsou uvedeny na obr. 4, který ukazuje na výrazný rozdíl v obsahu U (Ra) mezi tmavými a světlými žilnými horninami. Zejména felzity jsou výrazně obohaceny uranem, zatímco v obsazích Th se tento rozdíl neprojevuje. Tmavé žilné horniny jsou pozoruhodné kromě anomálních obsahů U (Ra) a Th ve vztahu k nerostnému složení a zvýšené mineralogické hustotě 2,700 až 2,900 g.cm<sup>-3</sup> také těsnou korelací obou prvků vyjádřenou koeficientem korelace  $r = 0,83$ . Z obr. 4 také vyplývá, že tmavé žilné horniny vytvářejí jednotnou skupinu se stabilním poměrem Th/U (Ra), ve které se projekce lamprofyřů a dioritových porfyritů neodlišují. Nejvyšší obsahy Th nad 30 ppm byly zjištěny u dvou vzorků minety a jednoho vzorku kersantitu.

## DOSAVADNÍ INTERPRETACE

Lamprofyry jáchymovského rudního revíru jsou zastoupeny převážně kersantity, často v asociaci nebo s přechody do dioritových nebo granodioritových porfyritů. V granitovém terénu u obce Hluboký se vyskytuje mineta s typickou lamprofyrovou texturou. Část tmavých žilných hornin je zřetelně starší než felsitické žulové porfyry. Některé tmavé žilné horniny však přetínají leukokratické žilné horniny, jak dokazuje pozorování v lůmku u jámy Tomáš. Mikroskopickým výzkumem se podařilo doložit vliv greisenizace na tmavé žilné vyvěřelé horniny, což je obdobné vlivu greisenizace na předrudní lamprofyry ve východních Krušných horách.

Z hlediska obsahů uranu (Ra) a thoria vytvářejí tmavé žilné horniny jednotnou skupinu charakterizovanou stabilním poměrem obou těchto prvků bez rozlišení lamprofyřů od ostatních tmavých žilných hornin.

## Literatura

- KRAMER, W. (1976): Genese der Lamprophyre im Bereich der Fichtelgebirgisch-Erzgebirgischen Antiklinalzone. – Chem. Erde, 35, 1–49. Jena.
- SATTRAN, V. (1965): Variské vyvěřeliny jáchymovského rudního okrsku. – Sbor. geol. Věd, Geol., 7, 7–31. Praha.
- VESELÝ, T. (1985): Jáchymov uranium deposit. – Krystalinikum, 18, 133–165. Praha.