

## Jaký a jak starý byl protolit skarnů Českého masivu?

J. Pertoldová<sup>1</sup>, Z. Pertold<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1, jaroslava.pertoldova@geology.cz

<sup>2</sup>Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů, PřF UK, Albertov 2, 128 43 Praha 2, pertold@natur.cuni.cz

Vznik a vývoj skarnových paragenezí je komplikovaný a názor na jejich prekurzory nejednotný. Z obecného hlediska existují dvě možnosti vzniku skarnů: a/ regionální metamorfózou hornin, které byly součástí parasérie - bez chemických změn v uzavřeném systému, b/ metasomaticky - v otevřeném systému.

Skarny z moldanubika, svrateckého krystalinika a kutnohorského krystalinika byly studovány z hlediska metamorfního vývoje, geochemie hlavních a vedlejších prvků, izotopové geochemie a datování zirkonů.

Skarny jsou součástí (metapelitových) meta-siliklastických komplexů a tvoří kompetentní čočky a horizonty, ve kterých se částečně zachovaly soubory sukcesních metamorfních reakcí, rovnovážných stavů a deformačních struktur. Reliktní stavby ve skarnech jsou v některých případech přepracovány do regionálních směrů okolních parasérií.

Z rozdílů v chemickém složení minerálů a dosažení rovnovážného stavu mezi nimi (z hlediska hlavních prvků i REE) lze odvodit, že během metamorfózy nedocházelo k rozsáhlejší migraci prvků napříč litologickými polohami. Proto se domníváme, že rozdíly v minerálním složení jednotlivých skarnových poloh jsou výsledkem odlišností v chemickém složení jejich původního protolitu. Hlavní minerály tvoří granáty odpovídající skupině grossulár-almandin-andradit ( $gr_{75-21}, alm_{78-25}, adr_{65-0}, sps_{23-0}, prp_{7-0}, X_{Fe} = 0.95-1.00$  mol. %) a klinopyroxeny hedenbergitového složení. Jadeitová složka (0,2-24 mol %) v cpx byla zjištěna ve skarnech svrateckého krystalinika. Mezi vedlejší minerály patří amfibol, epidot, plagioklas a křemen, akcesorie tvoří titanit, zirkon, magnetit, pyrotin, ryzí Bi, pyrit a další viz. Malec et al. 2009, v tisku.

Ve skarnech svrateckého krystalinika byly rozlišeny 3 metamorfní eventy (M1 early prograde, M2

prograde/peak, M3 retrograde). Minimální tlaky při vrcholné metamorfóze byly 14 kbar, odpovídající hloubce spodní zemské kůry, příp. svrchního pláště. PT podmínky ve skarnech moldanubika se omezují jen na úzký interval amfibolitové facie variské metamorfózy, přičemž pikové tlakové hodnoty variské metamorfózy nebyly ve skarnech zaznamenány. Prográdní i retrográdní event v kutnohorské jednotce probíhal pravděpodobně za podobných metamorfních podmínek amfibolitové facie. Přítomnost magnetitu a andraditové komponenty v granátech svědčí o lokálním zvýšení fugacity kyslíku v systému a to ve všech třech jednotkách.

Geochemický charakter skarnů nevykazuje systematické rozdíly mezi zkoumanými třemi geologickými jednotkami. Větší rozdíly lze často pozorovat mezi vzorky jedné lokality. Z poměrů např.  $Al_2O_3/TiO_2$ ,  $Al_2O_3/Zr$ ,  $TiO_2/Nb$  lze usuzovat na příměs běžné klastické složky v protolitech skarnů, která byla kombinována s dalšími nedetritickými komponentami jako je CaO a FeO. Poměry Fe/Ti a  $Al/(Al+Fe+Mn)$  (podle Wonder et al. 1988) a  $Al/Fe$  (podle Grenne and Slack) ukazují na obsah chemo-genní (exhalační) složky od ca 20 do 100 %.  $Eu/Eu^*$  ve vzorcích skarnů mají rozpětí mezi 0,5 a 8,6. Jejich hodnoty ne vždy korelují s  $\Sigma REE$ , které se pohybují mezi 8 až 345 ppm. Nejnižší hodnoty  $\Sigma REE$ , < 100 ppm, jsou ve skarnech s magnetitovým zrudněním. Také nízké hodnoty  $\Sigma REE$  a vysoké hodnoty  $Eu/Eu^*$  ukazují na produkt vysokoteplotních exhalací.

Izotopové složení kyslíku granátů, pyroxenů a amfibolů ze skarnů svrateckého krystalinika se pohybuje v intervalu -0,1 do 4,1  $\delta^{18}O$ ‰. Ve většině vzorků bylo mezi minerály při izotopových výměnných reakcích dosaženo rovnováhy.

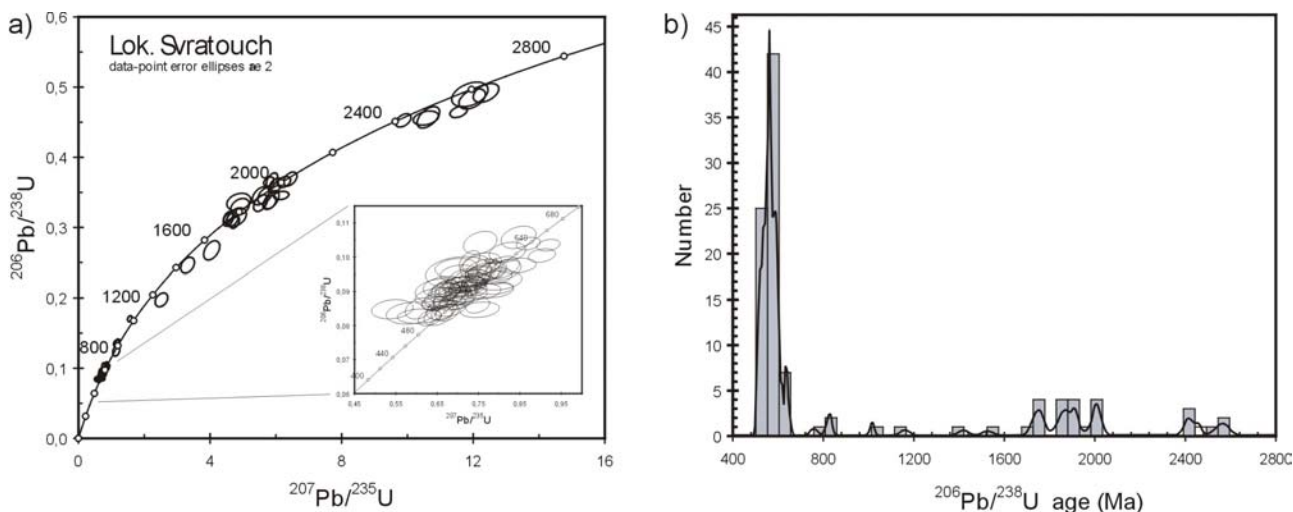
Široký rozptyl stáří zirkonů (0,5 – 2,6 Ga) ze skarnu ve Svratouchu ukazuje na jejich detritický

původ. Maximum získaných stáří je v intervalu 540-600 Ma. Horniny kambro - neoproterozoického stáří byly zřejmě zdrojem pro zirkony a další klastické minerály. Stáří skarnových protolitů je proto maximálně 540 Ma.

Protolity skarnů byly pravděpodobně smíšené, sedimentárně exhalanční horniny v mořském prostředí, které kromě obohacení Ca, Fe mají též zvýšené obsahy Cu, Zn, Sn a As. Široké intervaly  $\Sigma$ REE a  $\text{Eu}/\text{Eu}^*$  svědčí o změnách teploty a oxidačních

podmínek mezi jednotlivými polohami téže lokality i mezi lokalitami navzájem.

Geologická pozice skarnových těles a jejich metamorfni vývoj, geochemické interpretace, hodnoty stabilních izotopů kyslíku a přítomnost detritických zirkonů s širokým rozptylem věků vylučují metasomatický původ skarnů a ukazují na sedimentárně-exhalanční protolit (Pertoldová et al. 2009, v tisku).



**Obr. 1:** a) Diagram stáří získaných měření populace detritických zirkonů z lokality Svratouch, svratecké krystalinikum, pomocí laserové ablace a ICP-MS. Vložený diagram představuje získaná stáří v intervalu konkordie 400-700 Ma. b) Frekvenční křivka a histogram stáří zirkonů ze stejných vzorků (Pertoldová et al. 2009, v tisku)

### Literatura:

- Grenne, T. & Slack, J.F. 2005. Geochemistry of jasper beds from the Ordovician Lokken ophiolite, Norway: Origin of proximal and distal siliceous exhalites. *Economic Geology* 100, 1511-1527.
- Malec, J., Veselovský, F., Škoda, R., Táborský, Z. 2009. The origin of ore minerals in skarns occurring along the NE edge of the Moldanubian Zone. *J. Geosci.*.....
- Pertoldová, J., Týcová, P., Verner, K., Košuličová, M., Pertold, Z., Košler, J., Konopásek, J., Pudilová, M. 2009. Metamorphic history of skarns, origin of their protolith and implications for genetic interpretation; an example from three units of the Bohemian Massif. *J. Geosci.*.....
- Wonder, J.D., Spry, P.G., Windom, K.E. 1988. Geochemistry and origin of manganese-rich rocks related to iron formation and sulfide deposits, Western Georgia. *Economic Geology* 83, 1070-108.