

EXPERIMENTÁLNÍ ZVĚTRÁVÁNÍ PERTHITICKÉHO ŽIVCE

Experimental weathering of perthitic feldspar

Karel Vybíhal, Jiří Faimon

Ústav geologických věd PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: kerberos-@post.cz, faimon@sci.muni.cz

Key words: *experiment, modeling, perthitic feldspar, saturation, secondary phase, weathering*

Abstract

Perthitic feldspar weathered in batch reactor (weight ratio feldspar/water ~ 4/15) during long-term (300 day) laboratory experiments at ambient conditions. During first 50 days of the experiment, aqueous concentrations of Si, Al, K, Na, and Ca reached limiting values 3.4×10^{-4} , 9.2×10^{-5} , 1.5×10^{-4} , 1.2×10^{-4} , 1.1×10^{-4} mol/l, respectively. Despite the fact, the studied system was still far away from equilibrium. High supersaturation with respect to secondary minerals (gibbsite, pyrophyllite, Ca-beidellite, K-beidellite, Na-beidellite, and kaolinite) and to primary minerals (albite and K-feldspar) was reached in the solution. Reaction paths on predominant stability diagrams crossed the stability field of gibbsite and kaolinite, and points to the Na-beidellite and K-feldspar stability fields. Based on X-ray diffraction, only muscovite and illite were proved. Electron microprobe analyses showed decreasing Al/Si stoichiometry of secondary phases during time.

Zvětrávání alumosilikátů patří k významným geologickým pochodům probíhajícími na povrchu naší planety. Konečným důsledkem zvětrávání (kromě modifikace složení přírodních vod a atmosféry) je přeměna primárních minerálů na minerály sekundární. Poměrně hodně práce bylo vykonáno při studiu reálných profilů zvětrávání na různých místech naší planety, viz např. Parham (1969), Oliveira et al. (1998), Islam et al. (2002), Tonui et al. (2003). Méně úsilí bylo věnováno laboratorním experimentům, během kterých by se detailně studoval celý proces od rozpouštění primárních minerálů až po srážení sekundárních fází (Faimon, 1995).

Prezentovaná práce se zaměřila na studium zvětrávání úzké mezikřivkové frakce (rozměr zrn 0,8–0,063 mm) perthitického K-živce (Věžná) s hmotnostním poměrem živec/voda = 4/15 za normálních podmínek v míchaném vsádkovém reaktoru (otevřeném atmosféře). Východí živec obsahoval 63 % draselného živce a 37 % albitu s průměrným obsahem 0,004 % anortitové složky. V roztoku byl sledován časový vývoj koncentrací Si, Al (molekulová spektrofotometrie), K, Na, Ca (AAS), a pH (HANNA HI 8314, kombinovaná skleněná elektroda). Z vodné suspenze v reaktorech byly separovány vznikající tuhé fáze a studovány RTG-difrakcí (STOE, Stady P) a elektronovou mikrosoudou (CAMECA, SX 100). Cílem práce bylo prostudovat reakční cesty a zdokumentovat vznikající sekundární fáze.

Koncentrace všech sledovaných prvků dosáhly v prvních 50 dnech experimentu zhruba limitních hodnot: K ~ $1,5 \cdot 10^{-4}$ mol/l, Na ~ $1,2 \cdot 10^{-4}$ mol/l, Si ~ $3,4 \cdot 10^{-4}$ mol/l, Ca ~ $1,1 \cdot 10^{-4}$ mol/l, Al ~ $9,2 \cdot 10^{-5}$ mol/l. Koncentrace Al opětovně klesala až na $4,2 \cdot 10^{-5}$ mol/l. Výpočty v programu PHREEQC (Parkhurst a Appelo, 1999) však ukázaly, že studovaný systém je po celou dobu experimentu daleko od rovnováhy. Již druhý den po zahájení experimentů byl roztok přesycen vzhledem ke gibbsitu, pyrophyllitu, Ca-beidellitu, K-beidellitu, Na-beidellitu, kaolinitu a osmý den ke křemenu. Během experimentu se indexy nasycení SI (viz např. Appelo a Postma, 1994) pohybovaly mezi 2,3 – 3,3 vzhledem ke gibbsitu, 2,2 – 7,8 vzhledem ke pyrophyllitu, 2,9 –

9,2 vzhledem ke Ca-beidellitu, 2,5 – 8,9 vzhledem ke K-beidellitu, 2,2 – 8,4 vzhledem ke Na-beidellitu a 4,6 – 8,4 vzhledem ke kaolinitu. Roztok byl zpočátku nenasycený vzhledem ke křemenu, SI = -0,4, avšak v dalších etapách (od 8 dne) bylo dosaženo přesycení (226. den experimentu činil SI = 0,6). Roztok brzy vykazoval přesycení také vzhledem ke primárním fázím: draselnému živci (třetí den) a k albitu (čtrnáctý den). Nejvyšší dosažené přesycení vzhledem k albitu (62. den) činilo SI = 1,1, vzhledem ke K-živci dokonce SI = 4,2 (62. den). Tento poněkud překvapivý fakt vysvětlujeme vysokými toky všech komponent z nových povrchů (artefakt přípravy vzorků) během rozpouštění (viz např. Helgeson et al., 1984, Faimon, 1998). V průběhu experimentu zůstal roztok nenasycený vzhledem ke kalcitu (nejvyšší hodnota indexu přesycení byla -2,7).

Na diagramech převládající stability v systému Na-Al-Si-H₂O (viz např. Hess, 1966, Helgeson et al., 1969) protnuly reakční cesty (trajektorie, po které se systém vyvíjí) pole převládající stability gibbsitu a následně vstoupily do pole kaolinitu. Reakční cesta dále směřuje do stabilitního pole Na-beidellitu, nikoliv primárního albitu. Na diagramu převládající stability v systému K-Al-Si-H₂O (viz např. Hess, 1966, Helgeson et al., 1969) prošla reakční cesta polem muskovitu a nakonec vstoupila do pole převládající stability draselného živce. Tento výsledek je konsistentní s vysokým přesycením roztoku vzhledem ke K-živci.

Fázová analýza suspendovaných fází v roztoku prokázala jen primární minerály (albit a mikroklin, pravděpodobně jako důsledek nedokonalé separace) a pouhý náznak jílových minerálů (muskovit, illit). Chemické analýzy prokázaly obohacení suspendovaných fází hliníkem v první etapě experimentu. Oproti očekávání však nebyl zaznamenán vznik čistých Al-fází v ranných stádiích zvětrávání, tak jak jej zaznamenal např. Faimon (1995). Stechiometrie Al/Si rychle klesala z počátečních 0,54 (průměr z několika bodů, 14. den) na průměrných 0,44 (21. den) a 0,24 (62. den). Následně pak lehce rostla na průměrných 0,33 (183. den).

Literatura:

- Appelo, C. A. J. – Postma, D. (1994): *Geochemistry, groundwater and pollution*. – A. A. Balkema, Rotterdam, Brookfield.
- Faimon, J. (1995): *Vznik kolidů při zětrávání silikátů*. – PhD thesis, Masaryk University, Brno.
- Faimon, J. (1998): Kinetics of the release of silicon and aluminium from aluminosilicates into aqueous mildly acid solutions. – *Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk Brun.*, 1995, 59–68. Brno (Czech Rep.), Masaryk University.
- Helgeson, H. C. – Garrels, R. M. – MacKenzie, F. T. (1969): Evaluation of irreversible reactions in geochemical processes involving minerals and aqueous solutions – II. Applications. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 33, 455–481.
- Helgeson, H. C. – Murphy, W. M. – Aagaard, P. (1984): Thermodynamic and kinetic constraints on reaction rates among minerals and aqueous solutions. II. Rate constants, effective surface area, and the hydrolysis of feldspar. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48, 2405–2432.
- Hess, P. C. (1966) Phase equilibrium of some minerals in the $K_2O-Na_2O-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$ system at 25°C and 1 atmosphere. – *Am. J. Sci.*, 264, 289–309.
- Islam, M. R. – Start, R. – Risto, A. – Vesa, P. (2002): Mineralogical changes during intense chemical weathering of the sedimentary rocks in Bangladesh. – *J. Asian Earth Sci.*, 20, 889–901.
- Oliveira, M. T. G. De – Formoso, M. L. L. – Trescases, J. J. – Meunier, A. (1998): Clay mineral facies and lateritization in basalts of the southeastern Parana Basin, Brazil. – *J. South. Am. Earth Sci.*, 11, 365–377.
- Parham, W. E. (1969): Halloysite-rich tropical weathering products of Hong Kong. – *Clay. Conf.* 1969, I., 403–416.
- Parkhurst, D. L. – Appelo, C. A. J. (1999): User's guide to phreeqc (version-2) – a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. – <http://www.xs4all.nl/~appt/index.htm>.
- Tonui, E. – Eggleton, T. – Taylor, G. (2003): Micromorphology and chemical weathering of a K-rich trachyandezite and an associated sedimentary cover (Parkes, SE Australia). – *Catena*, 53, 181–207.