

Lithný granit ve vrtu Lysina-V1 v jižní části Slavkovského lesa, západní Čechy

Lithium-rich granite in the Lysina-V1 borehole in the southern part of the Slavkov Forest, western Bohemia

VERONIKA ŠTĚDRÁ¹ – TOMÁŠ JARCHOVSKÝ² – PAVEL KRÁM^{3,4}

¹ Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1;

veronika.stedra@geology.cz

² Hlohová 44, 106 00 Praha 10

³ Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5

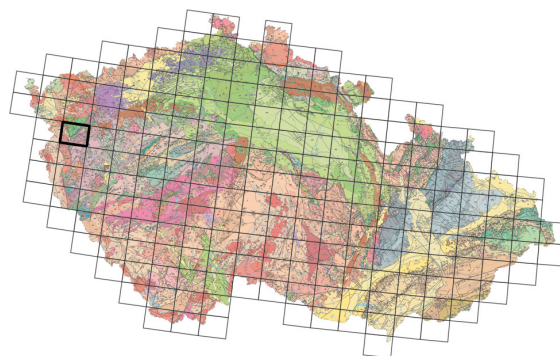
⁴ Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., Bělidla 4a, 603 00 Brno

Key words: Karlovy Vary Massif, Lysina granite, core boreholes, catchment, Slavkov Forest, petrology, geochemistry, Li- and Rb-enriched granite

Summary: Three core boreholes were drilled in the Slavkov Forest to document in situ bedrock lithology and chemistry in each of three contrasting forest catchments (Lysina, Na Zeleném and Pluhův Bor). This contribution provides a primary documentation of the core from the drillhole LY-V1 located in the Lysina catchment (Fig. 1), draining water from the Lysina-type granitic domain in the Lesný-Lysina (-Kynžvart) Massif. It forms a minor massif containing the Li-Rb rich granites belonging to the younger intrusive complex (YIC) of the Karlovy Vary Composite Pluton. The whole magmatic system belongs to the Krušné hory-Fichtelgebirge plutonic complex, late Variscan in age.

The LY-V1 is a 30.3 m deep borehole with complete core recovery. Field documentation, rock samples and new geochemical data show the whole section comprises several facies of highly evolved Li-F rich granite of the Lysina type varying in grain size, proportion of porphyroclasts and matrix, and feldspar ratios (Fig. 2). The central part of the core shows disseminated haematite pink pigmentation of K-feldspars related to the oxidic mineralization along the system of brittle fractures. An abridged description of variations of the Lysina granite along the LY-V1 borehole is given in Tab. 1.

Microscopy indicates variable proportions of K-feldspars, sodic plagioclase, quartz, Li-mica, muscovite, topaz, and accessory minerals apatite, fluorite, zircon, monazite, and Fe-Ti opaque phases. The upper 28 metres of the core exhibit strong signs of surface alteration accompanied by intense sericitization and hematization, and the whole drill core displays effect of auto-



(11-411 Mariánské Lázně)

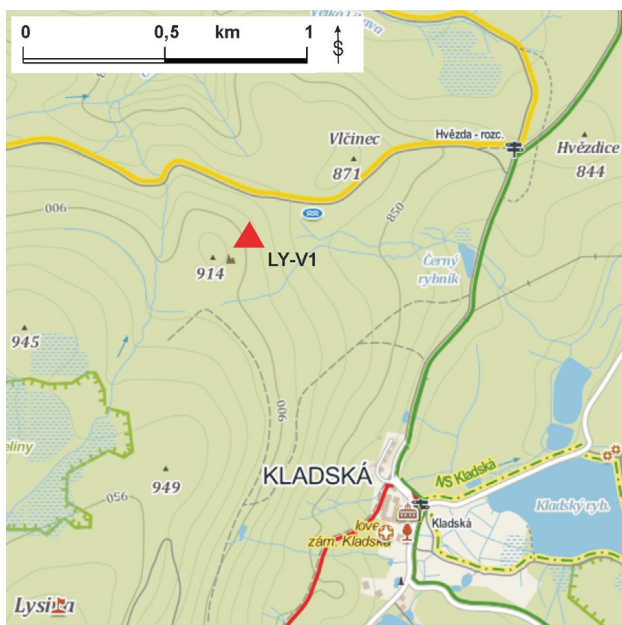
metamorphism. The latter process was described from the Krušné hory Mts. for other Li-rich Sn-bearing granites as the mechanism of penetrative mineral changes throughout granitic bodies, e.g., albitization and alteration of both feldspars, mainly K-feldspar, replacing them partially by kaolinite and sericite, the influence on the ion exchange in Li-micas, and epi-magmatic replacement of topaz by micas and associated precipitation of minor newly formed fluorite and apatite. Li-rich mica (probably polyolithionite) is a member of the Li-biotite-zinnwaldite series. Textures of fluorescent primary and secondary major and accessory minerals are indicated by cathodoluminescence images on Fig. 4. The normative mineral composition in the analysed samples has been computed using the EVOLGRA programme (Dolejš – Štemprok 2001, Tab. 3.).

When plotted on the binary classification diagram of Debon and Le Fort (1983), samples show a wide range of composition from prevailing adamellites (quartz monzonites) to minor leucogranites (in the deepest part of the drill hole at the depth of 28.0–30.3 m), and alkali-feldspar granite (less silicic cumulates enriched in K₂O at depth of 22.3 and 26.0 m). Chemical characteristics of eight samples (Tab. 2) confirm affinity of the heterogeneous granite from LY-V1 to the Li-Rb rich S-type monzogranites (adamellite) to leucocratic granites typical of the youngest members of the YIC.

V rámci evropského projektu „SoilTrEC“, zahrnujícího výzkum tří geochemicky kontrastních povodí (KráM et al. 2012), byl v povodí Lysina v jižní části Slavkovského lesa vyhlouben jádrový vrt LY-V1. Jeho cílem bylo získání geochemických dat z granitu jako horniny složením zásadně odlišné od metabazitů detailně popsáných ve vrtech PB-V1 a NZ-V1, umístěných v nedalekých povodích Pluhův bor a Na zeleném (Štědrá et al. 2015).

Vrt LY-V1 je umístěn 1 km ssz. od obce Kladská vedle

lesní cesty (50° 2,09783' N; 12° 39,61232' E), ve vzdálenosti 1,5 km ssv. od vrcholu kóty Lysina (981,6 m n. m., obr. 1). Z geologického hlediska je situován ve východním okraji granitového masivu Lesný-Lysina, který proniká do metapelitů slavkovské rulové kry a patří mezi nejmladší apikální granitové intruze mladšího intruzivního komplexu karlovarského plutonu (KVP). Mapovaný s.-j. kontakt granitu typu Lysina s drobnozrnným muskovitickým granitem typu Kladská prochází asi 100 m v. od vrtu.



Obr. 1. Situace vrtu Lysina LY-V1.

Fig. 1. Location of the Lysina borehole LY-V1.

Tabulka 1. Popis jádra vrtu LY-V1

Table 1. Description of the LY-V1 borehole core

Depth (m)	LY-V1: rock
0.0–0.30	Black organic soil horizon
0.30–1.50	Sandy slope soil with granite fragments
1.50–3.40	Sandy granite eluvium
3.40–6.10	Fine-grained porphyritic granite; tectonic dislocations 3.40–4.0 and 5.30–6.10
6.10–18.20	Medium-grained haematitized granite; dislocations 9.0–9.40 and 15.60–16.10
8.20–19.40	Solid medium-grained cataclastic Li-granite. Quartz in the form of drop-like grains; dislocation 19.40 m
19.40–21.45	Medium-grained granite coloured by disseminated haematite
21.45–25.20	Pinkish fine-grained K-feldspar miarolitic cumulate
25.20–27.00	Transition to medium-grained Li-granite
27.00–28.40	Fine- to medium-grained granite with rare K-feldspar porphyrocrysts 1–2 cm; dislocations 27.20–27.40 m
28.40–30.30	Creamy coarse-grained Li-granite, fresh, no porphyrocrysts
30.30	The end of the borehole

Metodika

Vertikální jádrový vrt LY-V1 byl předvrtán v profilu 175 mm do hloubky 3,40 m, zde utěsněn a zapažen na profil 89 mm. Dále pokračoval v profilu 76 mm do hloubky 30,3 m se stoprocentním výnosem jádra. Osm vzorků gra-



Obr. 2. Ukázka vrtného jádra. Shora: hematitovaný drobně porfyritický granit z metráže 25,51–25,73 a 26,51–26,73 m; narůžovělý hrubě zrnitý slabě porfyritický granit – 27,51–27,73 m; světlý hrubozrnitý typ bez alterace – 28,51–28,73 m.

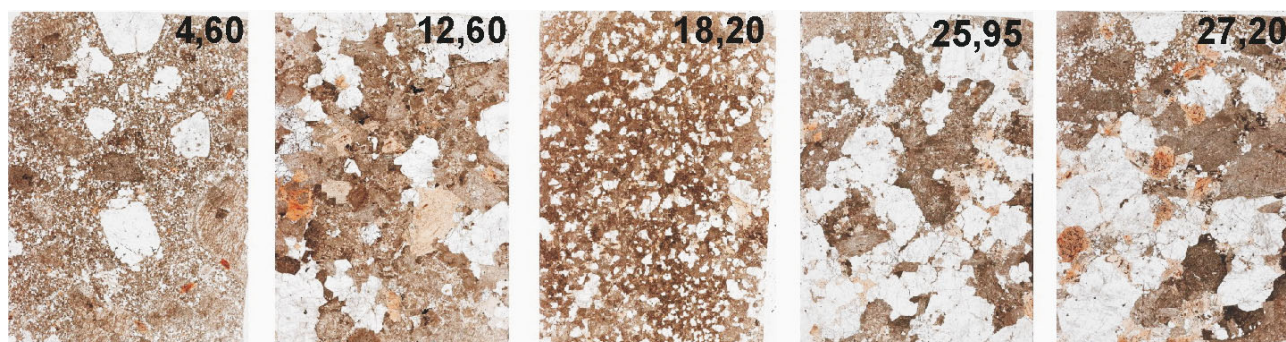
Fig. 2. Examples of the drill core. From above: haematitized fine-grained porphyritic granite from the depth 25.51–25.73 and 26.51–26.73 m, pinkish coarse-grained weakly porphyritic granite – 27.51–27.73 m; light coarse-grained type without alteration – 28.51–28.73 m.

nitů bylo odebráno z vrtu LY-V1 podle zrnitosti a texturní variability na geochemickou analýzu a leštění výbrus pro mikroskopické a katodoluminiscenční studium. Chemické horninové analýzy všech osmi odebraných vzorků byly zpracovány v akreditovaných laboratořích České geologické služby na Barrandově v Praze. Hlavní oxidy byly stanoveny pomocí plamenné AAS, SiO₂ titrační metodou a stopové prvky rentgenofluorescenční metodou. K výpočtu normativního složení granitů byl zvolen program EVOLGRA (Dolejš 2001), který z řady minoritních složek uvažuje zejména obsahy Li₂O, H₂O a F. Zohledňuje vzájemné poměry F a OH v topazu a apatitu po odečtení množství OH, F a Li v izomorfní řadě biotit-trilithionit a tím relativně vystihuje minerální složení právě těchto specifických granitů obohacených lithiem a fluorem.

Charakteristika masivu Lesný-Lysina

Zkoumaná oblast je součástí karlovarské části západokrušnohorského plutonu, patří do rozsáhlého smrčinsko-krušnohorského plutonického komplexu variského stáří s rozlohou přibližně 1900 km².

Nejjihnější tělesem z několika dílčích intruzí karlovarské části plutonu (KVP) je masiv Lesný-Lysina (-Kynžvart), kde jsou regionální zlomovou zónou odděleny dvě



Obr. 3. Texturní rozdíly ve faciích granitu typu Lysina z vrtu LY-V1, skeny výbrusů. Čísla označují metráž.

Fig. 3. Textural differences in Lysina granite facies from the borehole LY-V1, scanned thin-sections. Numbers indicate depth (m).

intruze – starší granit u Kynžvartu a Žandova na JZ a mladší komplex Lesný-Lysina (LL) na S. Tento mladší komplex má eliptický tvar, plochu 75 km² a předpokládanou mocnost 3–4 km. Hlavním horninovým typem je cinvaldit-topazový alkalickoživcový granit S-typu, přičemž součástí masivu je nejen převládající drobnozrný granit typu Lysina, ale i porfyrický granit typu Lesný. Východní okraj masivu Lesný-Lysina je tvořen světlejší facií frakcionovaného granitu s Li-muskovitem (typ Kladská). Na severu byly v rámci masivu LL vyčleněny ještě další facie granitu (Ovčák a Podlesí), řazené spolu s typem Kynžvart-Žandov mezi přechodní granity KVP (Klomínský et al. 2010).

Stáří granitů mladšího komplexu KVP bylo určeno několika metodami pro dva typy granitů v masivu Eibenstock na 305 ± 3 Ma metodou Rb-Sr (whole rock), 303 ± 8 (Rb-Sr na biotiu) pro granit 1 a na 316 ± 3 Ma (U-Pb na monazitu), 303–323 (Rb-Sr) a 299 ± 6 (Rb-Sr na biotitu) pro granit 2 (Romer et al. 2007).

Ve Slavkovském lese tvoří diferencované Li-Rb granity mladšího intruzivního komplexu několik dalších drobných intruzí. Pokročile diferencovaný granit typu Čistá tvoří např. nedaleký vrchol Krudum (Fiala 1959), kde je svrchní část granitového tělesa tvořena greisenizovanou partií s ložiskovou akumulací cíno-wolframových rud. Na Lysině se podobné apikální Sn-W zrudnění již nezachovalo in situ pravděpodobně vzhledem k hloubce eroze; okolní svahoviny však stále mají vysoké reziduální obsahy topazu a kasiteritu (Štědrá 2012), který byl historicky z okolních svahových a aluviálních akumulací ve značném rozsahu rýžován.

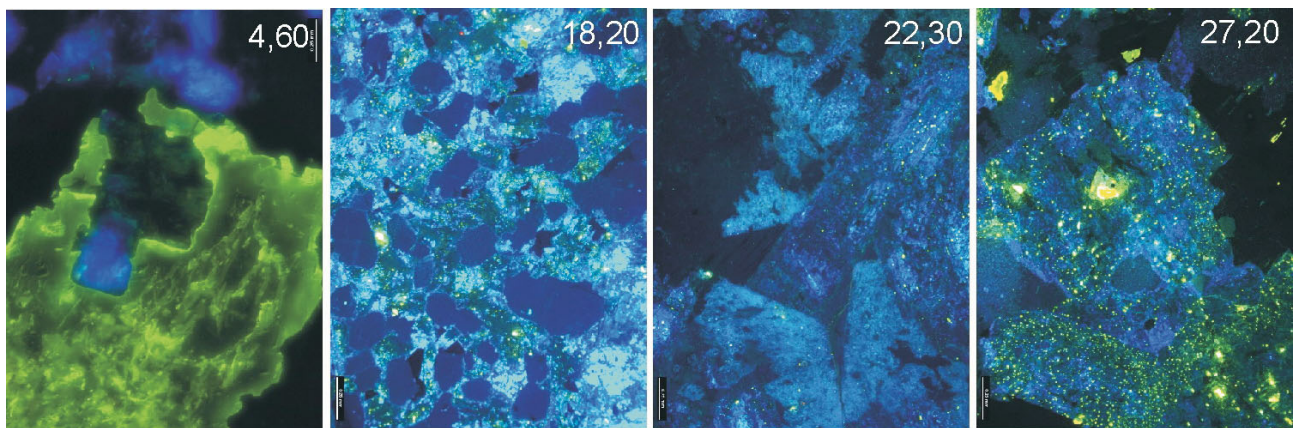
Z dalších hornin byl zjištěn na sv. úbočí výskyt nefelinického tufu a směrem ke Kladské roztroušené četné bloky křemenné hydrotermální brekcie místy s hematitem a amethystem. Samotný vrchol Lysiny (kóta 982) je tvořen úzkým vypreparovaným přírodním tělesem terciárního bazaltu, které se rozšiřuje do bochníkovitého tvaru naznačujícího připovrchovou pozici dnešního erozního řezu.

Popis granitu typu Lysina z vrtu LY-V1

Granit typu Lysina (granit mladšího komplexu, Li-Rb granit) je obecně středně až drobně zrnitý. V profilu vrtu

LY-V1 (tab. 1) se ukázala variabilita zrnitosti a složení horniny zde zastížené (obr. 2, 3). Slabě porfyrická dvojslídňá facie granitu Lysina s drobnozrnou základní hmotou převládá do hloubky cca 10 m, potom mizí porfyrické vyrostlice a granit je drobně až středně zrnitý pouze s Li-slídou, s lokálními faciálními variacemi. Částečné přeměny živců a topazu zasahují až do hloubky 28 m. Od této hloubky do konce vrtu ve 30 m je autometamorfovaný granit již méně alterovaný, světlý, středně zrnitý, dominantně s Li-slídou. K-živce je zakalený v celé mocnosti, naproti tomu albit je téměř čirý a uzavírá ojedinělé šupinky světlé slídy. Podél strmých puklin v hloubkách okolo 23,0 m a 26–28 m je vyloučen hematitový pigment, který impregnuje okolní jinak světlý granit a způsobuje sekundární rovnoměrné narůžovělé zbarvení živců.

Z mikroskopického zpracování výbrusů lze charakterizovat magmatickou asociaci K-živce–plagioklas–křemen–Li-slída–topaz–apatit–zirkon s novotvořeným sericitem, kaolinitem, hematitem, fluoritem a karbonátem. Vyrostlice albitu v dokonalých tabulkovitých krystalech jsou v převaze nad euhedrálními krátce prizmatickými zrny draselného živce, který je místy lehce perthitický. V alterovaných doménách K-živce se objevují odmišlená zrnka jemnozrného apatitu. Subhedrální křemenná zrna dosahují velikosti 0,1–1 cm; místy jsou tvořena agregáty drobných nepravidelných subzrn s lineárními šmouhami fluidních uzavření bez přednostní orientace. Slabě nahnědlá světlá pleochroická Li-slída tvoří v základní hmotě lupínky do velikosti 3 mm s nepravidelnými okraji. Tato Li-slída obsahuje četné černohnědé kontaktní dvůrky kolem mikroskopických uzavření akcesorických minerálů s obsahem radioaktivních prvků. Podle úhlu optických os patří tato slída do řady Li-biotit–cinvaldit. Místy je Li-slída obrůstána mladším bezbarvým drobně lupenitým muskovitem. Ojediněle se objevuje reliktní, po okrajích symplektiticky rozpadlá tmavší Li-slída, pravděpodobně Li-annit (Rieder et al. 1999). Stálou akcesorií je topaz v izometrických zrnech převážně do 1 mm, zastoupený podle mikroskopie v množství 0,5–3 %. Je často podél trhlin přeměněný v jemně zrnitý sericit, jehož lupínky jsou orientovány kolmo na okraje původních zrn. Topaz ojediněle uzavírá drobné tabulky čirého albitu. Místy jsou po topazu zachovány jen pseudomorfózy tvořené sericitem a jemně



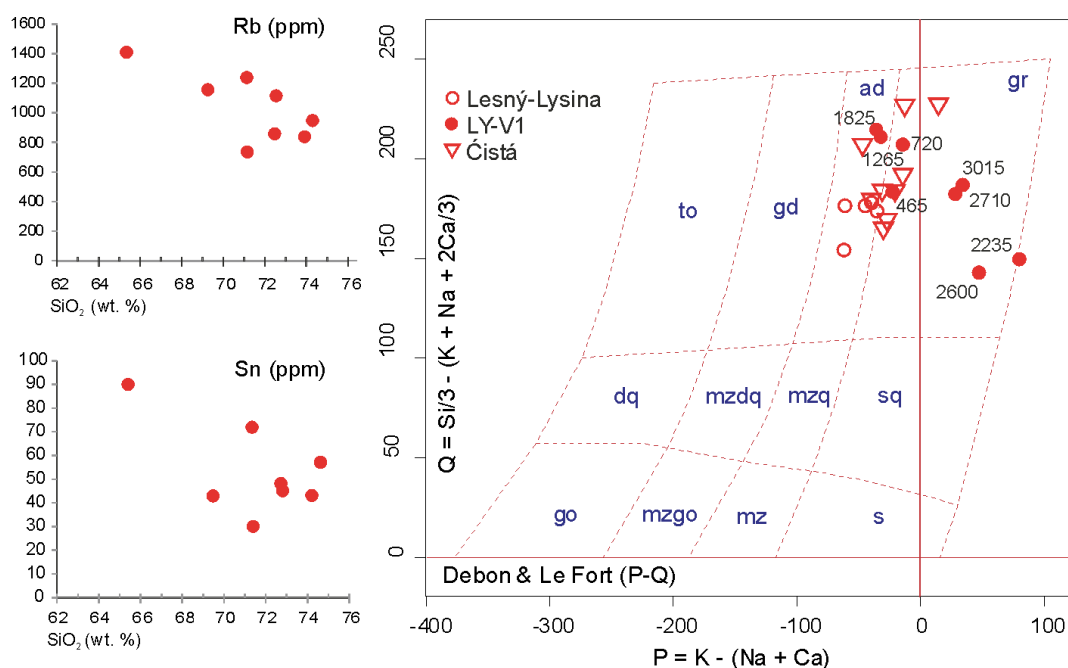
Obr. 4. Obsahy a texturní pozice luminescentních akcesorií apatitu a fluoritu ve vzorcích z různých facií granitu ve vrtu LY-V. Čísla označují metráž. a – modrý – K-živec, žlutozelený – apatit, šedočerný – křemen, šíře snímku 0,2 mm; b – tmavě modrý – křemen, zonární – plagioklas, žlutá zrna – apatit; c – černý – zinvaldit, fialové alterační okraje okolo plagioklasu – fluorit, žlutá zrna – apatit, modrobílá – zirkon; d – odmišleniny apatitu v alterovaném plagioklasu. Studená katodoluminiscence, šíře polí snímků b, c, d cca 2 mm.

Fig. 4. Content and textural positions of grains of luminescent accessory fluorite and apatite in samples from different granite facies from LY-V1. Numbers according to depth in metres. a – blue – K-feldspar, yellow-green – apatite, greyish – quartz, width of image 0.2 mm; b – dark blue – quartz, zoned – plagioclase, bright yellow – apatite; c – black – zinnwaldite, violet alteration rims around plagioclase – fluorite; yellow – apatite, bright bluish white – zircon; d – exsolution of apatite from altered plagioclase. Cold cathodoluminescence images, width of the images b, c, d approx. 2 mm.

Tabulka 2. Chemické složení vzorků granitu typu Lysina z vrtu LY-V1 s obsahy vybraných stopových prvků

Table 2. Chemical composition of the Lysina granite samples from the LY-V1 borehole and selected trace element content

Oxides (wt. %)	Sample	465	710	1265	1825	2235	2600	2725	3015
SiO ₂		72.78	74.67	74.25	71.43	65.43	69.48	71.40	72.85
TiO ₂		0.09	0.07	0.07	0.03	0.07	0.09	0.15	0.09
Al ₂ O ₃		14.27	13.13	13.31	14.92	18.64	15.42	13.41	13.63
Fe ₂ O ₃		0.17	0.03	0.00	0.23	0.32	0.02	0.39	0.10
FeO		1.05	1.05	0.94	0.78	0.98	0.98	1.64	0.98
MgO		0.19	0.14	0.16	0.28	0.31	0.23	0.23	0.20
MnO		0.042	0.041	0.046	0.078	0.078	0.047	0.062	0.055
CaO		0.50	0.42	0.63	1.25	0.63	0.54	0.51	0.47
Li ₂ O		0.116	0.125	0.116	0.169	0.157	0.161	0.296	0.156
Na ₂ O		3.29	2.99	3.08	2.54	1.53	2.54	2.40	2.37
K ₂ O		4.66	4.54	3.97	3.55	6.97	6.86	5.70	5.94
P ₂ O ₅		0.305	0.351	0.500	0.675	0.423	0.425	0.357	0.408
F		0.449	0.641	0.821	0.728	0.619	0.583	0.984	0.582
H ₂ O ⁽⁺⁾		1.15	0.92	1.03	2.32	2.62	1.53	1.52	1.25
H ₂ O ⁽⁻⁾		0.23	0.17	0.28	0.54	0.52	0.36	0.25	0.30
F _(ekv)		-0.189	-0.270	-0.346	-0.307	-0.261	-0.245	-0.414	-0.245
Total		99.34	99.33	99.25	99.54	99.33	99.31	99.35	99.42
Rb (ppm)		857	946	841	735	1406	1157	1235	1118
Sr		10	8	22	18	14	37	16	13
Sn		48	57	43	30	90	43	72	45
Nb		20	23	25	16	21	22	44	27
Th		8	5	5	3	2	< 2	10	8
U		5	5	43	7	10	6	12	8
Zr		39	29	30	< 1	23	27	53	33
Ni		33	35	32	29	52	44	50	40



Obr. 5. Geochemické parametry vzorků granitu z vrtu LY-V1. a – obsahy stopových prvků Rb a Sn v binárních diagramech SiO₂/Rb a SiO₂/Sn; b – srovnání s dřívě publikovanými daty; trend mezi adamelitem a granitem po vynesení dat do nomenklatorického diagramu podle Debona a Le Forta (1983). Vzorky z vrtu LY-V1, srovnávací data: granity Lesný-Lysina, granity typu Čistá (data – Breiter 1998, Fiala 1968).

Fig. 5. Geochemical parameters of granite samples from the LY-V1 borehole. a – trace Rb and Sn element contents shown on the binary SiO₂/Rb and SiO₂/Sn diagrams; b – comparison with previously published data: adamellite-granite trend shown by plotting on the nomenclature diagram after Debon – Le Fort (1983). Samples from borehole LY-V1, comparison data from Lesný-Lysina and Čistá granites (data from Breiter 1998, Fiala 1968).

Tabulka 3. Normativní obsahy horninotvorných minerálů ve vzorcích z vrtu LY-V1 vypočítané podle normy Evolgra s využitím obsahů fluoru podle Dolejše a Štemproka (2001)

Table 3. Normative rock-forming mineral contents from LY-V1 samples based on the calculation of the Evolgra norm after Dolejš and Štemprok (2001) using fluorine content

Mineral	Sample	465	710	1265	1825	2235	2600	2725	3015
quartz		34.27	38.86	39.85	40.04	25.74	27.16	35.13	35.41
orthoclase		24.58	23.99	20.88	17.37	37.91	37.64	27.71	31.98
albite		28.32	25.73	26.60	22.10	13.31	22.00	20.84	20.46
anorthite		0.50	0.00	0.00	1.84	0.37	0.00	0.20	0.00
biotite		3.48	3.04	2.80	3.53	4.23	3.16	5.49	3.23
trilithionite		2.10	2.26	2.11	3.09	2.88	2.94	5.41	2.83
OH-topaz		4.60	3.05	3.35	8.14	12.64	4.38	1.66	3.39
F-topaz		1.24	2.11	3.09	2.20	1.76	1.54	2.40	1.57
apatite		0.73	0.76	1.15	1.64	1.03	0.99	0.86	0.86
berlinite*		0.00	0.06	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00	0.09
ilmenite		0.17	0.14	0.14	0.06	0.14	0.17	0.29	0.17
Total		99.99	100.00	100.01	100.01	100.01	100.01	99.99	99.99

* – normative berlinite (AlPO₄) as inclusions in plagioclase

šupinatým jílovým minerálem. Vedle sekundárního sericitu byly při kontaktech zrn živců a topazu vzácně zjištěny shluky drobných sekundárních zrn fluoritu a karbonátu jako produkt allochemické přeměny magmatických minerálů.

Geochemická charakteristika

Na základě zpracování silikátových analýz a obsahů stopových prvků pro osm vzorků (tab. 2) lze geochemicky rozlišit tři facie granitu, dvě v úsecích 1,5–22 a 27–30,30 m

a třetí z hloubek 22,35 a 26 m, které se částečně liší i petrograficky a mineralogicky.

V petrochemické klasifikaci na základě hlavních oxidů (Debon – Le Fort 1983) patří vzorky v horní části vrtu do oblasti leukokratních granitů na hranici s monzogranitem (adamelitem; obr. 5). Středně zrnitý relativně čerstvý granit ze spodní části vrtu (vzorky č. 2725 a 3015) se objevuje v poli čistého leukogranitu, zatímco vzorek č. 2235 (a jemu blízký vzorek č. 2600) představuje okrajové složení alkalickoživcového granitu s nižším SiO_2 , vyššími obsahy Al_2O_3 a K_2O a poněkud menší intenzitou přepovrchové alterace. Srovnání chemismu s již publikovanými daty z granitů masivu mladšího intruzivního komplexu KVP (Lesný-Lysina a Čistá) ukazuje značný rozptyl hlavních oxidů zejména u slabě kavernózního draselnoživcového diferenciátu (č. 2235) s nižším obsahem SiO_2 a dvou vzorků hrubozrnného granitu ze spodní části vrtu (č. 2725 a 3015).

Normativní přepočtení na minerály granitů s fluorem programem EVOLGRA (Dolejš – Štemprok 2001; tab. 3) ukazuje v hloubce pod 25 m akumulaci Li-slídy a K-živce na úkor křemene a albitu v souladu s mikroskopickým pozorováním. Nositelem lithia je Li-slída, zatímco obohacení fluorem se projevuje ve vysokých obsazích topazu, apatitu a fluoritu a jeho příměsí ve slídě. Obsah Li_2O se pohybuje mezi 0,116 a 0,296 hmot. %; tento nejvyšší obsah lithia je zjištěn pro spodní část vrtu (27,25 m). Pro granity mladšího intruzivního komplexu jsou charakteristické obsahy Rb nad 600 ppm (Jarchofský – Štemprok 1979); všechny analyzované vzorky z vrtu LY-V1 svými obsahy mezi 735–1406 ppm Rb této specifické skupině granitů tedy plně odpovídají. Obsahy stopových prvků odrážejí proměnlivé zvýšené obsahy prvků F, Li a Rb a snížení obsahů Sr, Ti a Zr typické pro vysoce frakcionované monzogranity mladšího intruzivního komplexu karlovarského plutonu (Breiter 1998).

Závěr

Studium vzorků granitu z jádrového vrtu LY-V1 potvrzuje variabilitu struktury i složení monzogranitu typu Lysina mladšího intruzivního komplexu karlovarského plutonu, kterou zjistil již Fiala (1968, s. 111). Granit je v horních třech metrech postižen zvětráním a posuny v chemickém složení horniny vlivem přepovrchových změn. Ve svrchní části vrtu zhruba od 3 m do 25 m se ukazují vlivy zvětrávání a v celém profilu hlavně vliv autometamorfózy, projevující se přítomností sericitu, apatitu, fluoritu, karbonátu a dalších drobných odmíšenin zejména v živcích. Ve spodní části vrtu je granit méně alterovaný a obohacený stopovými prvky Li, F a Rb. Výskyty drobnozrnného, místy porfyrického granitu v hloubkách 19–27 m (a pravděpodobně

i 7–12 m) patří zřejmě ke zbytkům „utopené“ příkontaktní facie granitu při okraji intruze. Od 27 m dále do hloubky již pokračuje středně zrnitý granit, který je běžný v masivu Lysiny a byl mapován v širším okolí vrtu. Tyto variace jsou zřejmě odrazem vnitřní heterogenity granitového systému ve svrchní zóně diferencované a fluidy prosycené intruze a jeho lokálních posunů buď k alkalickoživcovému složení, nebo naopak do facie monzogranitu obohaceného topazem, lithnou slídou a fluoritem.

Poděkování. Tento výzkum byl do roku 2014 financován evropským projektem SoilTrEC 244118 (ČGS 667500) a v letech 2015 a 2016 interním projektem ČGS 338100 a také MŠMT v rámci programu NPU I, č. proj. LO1415 (pro ÚVVGZ AVČR). Vrt provedla 3.–4. 9. 2012 osádka SG IGHG Tachlovice pod vedením vrtmistra M. Topinky. Děkujeme za pomoc V. Bláhovi, J. Farkašovi a M. Novákovi z České geologické služby. Autoři rovněž děkují editorovi K. Breiterovi a recenzentům J. Cempírkovi a I. Petříkovi za obětovaný čas a jejich cenné připomínky.

Literatura

- BREITER, K. (1998): Granites of the Krušné Hory/Erzgebirge Mts. – Slavkovský Les area. Genetic significance of phosphorus in fractionated granites. Excursion guide series. – Čes. geol. služba, Praha.
- DEBON, F. – LE FORT, P. (1983): A chemical–mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. – *Transact. Royal Soc. Edinburgh, Earth Sci.* 73, 135–149.
- DOLEJŠ, D. – ŠTEMPROK, M. (2001): Magmatic and hydrothermal evolution of Li-F granites: Cínovec and Krásno intrusions, Krušné Hory batholith, Czech Republic. – *Věst. Čes. geol. Úst.* 76, 2, 77–99.
- FIALA, F. (1959): Geologické výzkumy v okolí Čisté, Kladské, Lazů a Kynžvartu v Císařském lese. – *Zpr. geol. Výzk. v Roce 1958*, 34–37.
- FIALA, F. (1968): Granitoids of the Slavkovský (Císařský) Les Mountains. – *Sbor. geol. Věd, Geol.* 14, 93–159.
- JARCHOFSKÝ, T. – ŠTEMPROK, M. (1979): Geochemie granitů Slavkovského lesa. – *Sbor. geol. Věd, ložisk. Geol.* 20, 111–149.
- KLOMÍNSKÝ, J. – JARCHOFSKÝ, T. – RAJPOOT, G. S. (2010): Atlas of plutonic rocks and orthogneisses in the Bohemian Massif. Part 3 Saxothuringicum. – *Czech Geol. Survey, Prague*, ISBN 978-80-7075-751-2.
- KRÁM, P. – HRUŠKA, J. – SHANLEY, J. B. (2012): Streamwater chemistry in three contrasting monolithologic catchments. – *Appl. Geochemistry* 27, 1854–1863.
- RIEDER, M. – CAVAZZINI, G. – D'YAKONOV, YU. S. – FRANK-KAMENETSKII, V. A. – GOTTARDI, G. – GUGGENHEIM, S. – KOVAL, P. V. – MULLER, G. – NEIVA, A. M. R. – RADOSLOWICH, E. W. – ROBERT, J. L. – SASSI, F. P. – TAKEDA, H. – WEISS, Z. – WONES, D. R. (1999): Nomenclature of micas. – *Mineral. Mag.* 63, 267–279.
- ROMER, R. L. – THOMAS, R. – STEIN, H. J. – RHEDE, D. (2007): Dating multiply overprinted Sm-mineralized granites – examples from the Erzgebirge, Germany. – *Mineralium Depos.* 4, 42, 337–359.
- ŠTĚDRÁ, V. (2012): Geologické zajímavosti na dně Černého rybníka u Kladské. – *Arnika, přírodou a historií Karlovarského kraje 2012*, 1, 2–6, ISSN 1804–1914.
- ŠTĚDRÁ, V. – KRÁM, P. – FARKAŠ, J. (2015): Petrologie a geochemie metabazických hornin zastížených jádrovými vrty v povodích Na zeleném a Pluhův bor ve Slavkovském lese v západních Čechách. – *Zpr. geol. Výzk. v Roce 2014*, 103–108.