Zatímco fauna ramenonožců svrchního sinemuru je v Severních vápencových Alpách běžná a dobře známá (např. z lumachel v hierlatzském vápenci a z výplně sedimentárních rozsedlin v dachsteinského masivu), početnější ramenonožcová fauna středního liasu (pliensbachu) je z literatury alpské oblasti známa jen z menšího počtu lokalit (např. ze Schafbergu, Kramsachu, Erlakogelu u Ebensee a z několik lokalit v j. části pohoří Totes Gebirge s. od Bad Mitterndorfu). Proto novější sběry na Kratzalpe, rozšiřující dřívější faunistické seznamy a potvrzující existenci zdejšího ramenonožcového společenstva pliensbachu, přispívají k lepší znalosti alpské ramenonožcové fauny. Za charakteristické elementy této alpské mladší spodnojurské fauny z peliticko-mikritických vápenců převážně červené barvy je na Kratzalpe třeba považovat terebratulidy *Viallithyris gozzanensis, Securithyris adnethensis* (Suess), *Linguithyris aspasia* (Zitt.), *Bakonyithyris pedemontana* (Par.) a *Phymatothyris cerasulum* (Zitt.). Zcela výjimečným zjištěním byl výskyt druhu *Orthotoma apenninica* (Can.), který byl doposud v Severních vápencových Alpách neznámý.

Práce byly částečně podporovány grantem GA ČR 205/00/0944 a probíhaly v rámci Vědeckého záměru Geologického ústavu AV ČR, v. v. i., AVOZ 30130516.

Literatura

KRAFFT, A. von (1898): Ueber den Lias des Hagengebirges. – Jb. Geol. Reichsanst., 47/2 (1897), 199–224.

ROSENBERG, P. (1909): Die liasische Cephalopodenfauna der Kratzalpe im Hagengebirge. – Beitr. Paläont. Geol. Österr.-Ungarns, 22, 193–345.

SIBLÍK, M. (2003): Review of the Pliensbachian brachiopods of the Northern Calcareous Alps. – Miner. slovaca, 35, 70–72.

Frakcionace platinoidů na vybraných zlatých ložiscích Uzbekistánu

Fractionation of platinum group elements in gold deposits in Uzbekistan

ANNA VYMAZALOVÁ [1] – JAN PAŠAVA [1] – RUSTAM I. KONEEV [2] – ALEXANDER V. JUKOV [2] – RUSTAM A. KHALMATOV [2] – YULIA MUN [2]

[1] *Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5*
[2] *Národní univerzita Uzbekistánu Mirza Ulugbeka, Vuzgorodok, 700174 Taškent, Uzbekistán*

Key words: PGE, Au, epithermal Au-Ag deposit, intrusion-related gold deposit, orogenic gold deposit, Uzbekistan

Abstract: Ores and host rocks from epithermal Au-Ag deposits (Kyzylalma and Kochbulak), intrusion-related gold deposits (Charmitan and Guzhumsai), and orogenic gold deposits (Daugystau, Amantaytau, Vysokovoltnoye, and Myutenbai) in Uzbekistan have been studied for their PGE and Au contents. No anomalous PGE concentrations were detected in the studied ore samples. In the ore samples from the epithermal deposits, low Pt (max. 7.5 ppb) and Pd (max. 2.6 ppb) values, the shape of chondrite-normalized PGE patterns, and Pd/Ir = 20.5, indicate a crustal source for the PGE. Among the intrusion-related gold deposits, maximum Pt (19.3 ppb) was found in the Guzhumsai ore and maximum Pd (3.03 ppb) in the black shales that host the Charmitan intrusion. At Guzhumsai, such low values and the types of chondrite-normalized PGE patterns suggest intrusive host rocks as a source of PGE. Within the orogenic gold deposits hosted in black shale, very high values of Pt (351 ppb) were found in the barren black shale from Myutenbai and Pd (9.4 ppb) in the barren black shale from Vysokovoltnoye. Average PGE concentrations in ores and the shape of chondrite-normalized PGE patterns indicate the black shales as the source of PGE.

V roce 2007 schválilo Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy v rámci programu KONTAKT společný grant České geologické služby (ČGS) a Národní univerzity Uzbekistánu na léta 2007–2009 za účelem studia zdrojů, transportu a frakcionace platinoidů na vybraných gigantických ložiskách zlata a mědi v Uzbekistánu.

Perspektivní obsahy Pt a Pd byly popsány z různých orogenních ložisek zlata ve světě (např. Natalka, Sukhoj Log v Rusku; Lachlanský orogen v Austrálii – Wilde et al. 2002). Palladium je rovněž údajně získáváno jako vedlejší produkt při zpracování zlatých rud na řadě zlatých ložisek v Uzbekistánu (Turesebekov et al. 2005). Podle Grovese et al. (2003) se zlatá ložiska, typická pro metamorfní pásma, klasifikují na ložiska zlata vázaná na intruze, s atypickými prvkovými asociacemi, a na orogenní ložiska zlata. Rudní a horninové vzorky byly studovány z následujících zlatých ložisek v Uzbekistánu:

1. epitermální Au-Ag ložiska: **Kyzylalma** a **Kočbulak** v Čatkal-Kuramské oblasti ve východním Uzbekistánu,
2. ložiska zlata vázaná na intruze: **Čarmitan** a **Gužumsai** v zarmitanském zlatém poli, nacházející se v Nurataušském regionu v Samarkandské provincii v centrálním Uzbekistánu a
3. orogenní zlatá ložiska: **Daugystau** (Au), **Amantaytau** (Au), **Vysokovoltnoje** (Ag-Au) a **Myutenbai** (Au) v centrálním Kyzylkumském regionu v západním Uzbekistánu.

Poloha jednotlivých ložisek je zobrazena na obr. 1.

V rámci terénních prací bylo celkem odebráno padesát rudních a horninových vzorků. Ve všech vzorcích byly stanoveny Pt-kovy, Au a ostatní stopové prvky. Rozklady na stanovení Pt-kovů byly provedeny v laboratořích České geologické služby a následně pak stanoveny pomocí ICP-MS na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy. Ostatní stopové prvky a zlato byly měřeny pomocí ICP-MS v laboratořích firmy Acme v Kanadě.

Obr. 1. Schematická mapka vyznačující polohu studovaných ložisek v Uzbekistánu (mapa převzata z http://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/uz.html)

Stručná geologická charakteristika ložiskových objektů

Epitermální ložiska zlata

Epitermální Au-Ag ložiska v Kuramském regionu jsou vázána na valerianovka-beltau-kuramský magmatický oblouk karbonského stáří (Yakubchuk et al. 2005). Do ložiskové oblasti Kyzylalma patří ložiska Severozapadnoje, Meždurečije, Centralnoje, Samarčuk a Čumauk I a II. Maximální koncentrace Au rud jsou charakteristické pro centrální část kyzylalmské mineralizované zóny. V této části obsahují kaledonské granity fundamentu bloky (xenolity) břidlic a jsou zároveň proráženy magmatickými žilnými deriváty (zejména syeno-diority). Zlatá mineralizace je vázána na křemenné žíly bohaté sulfidy (obr. 2).

Ložisko Kočbulak (obr. 3, 4) je vázáno na karatašskou kalderu, která leží na průniku dvou významných zlomových struktur (jihoangrenské a laškerek-dukentské). Mineralizace (v podobě masivních, páskovaných a brekciovaných poloh) je převážně vázána na středně až svrchně karbonské vulkanity formace Nadak. Zlatá mineralizace se vyskytuje ve třech paragenezích: Au-teluridová, Au-polysulfidická a Au-pyritová (Kovalenker et al. 1997).

Ložiska zlata vázaná na intruze

Zarmitanské zlaté pole se nachází v západní části mladopaleozoického ťan-šanského orogenního pásma. Většina zlatých ložisek v tomto pásmu odpovídá podle klasifikace Grovese et al. (2003) orogenním Au ložiskám, která jsou podle těchto autorů součástí vývoje subdukčně akrečních nebo kolizních terénů, v nichž hostitelské horninové sekvence vznikaly v prostředí oblouků, zaoblouků a akrečních klínů.

Nicméně ložisko Zarmitan řadí Abzalov (2007) k Au ložiskám vázaným na intruze. Tento typ ložisek má celou řadu společných znaků se skupinou orogenních ložisek, avšak vyznačuje se úzkou prostorovou vazbou na granitoidní intruze. Zarmitanský rudní revír tvoří kontinuální

Obr. 2. Rudní vzorek z ložiska Kyzylalma. *Foto J. Pašava.*

Obr. 3. Ložisko Kočbulak. *Foto J. Pašava.*

Tabulka 1. Průměrné hodnoty Pt-kovů a zlata ve studovaných rudních a horninových vzorcích

ložisko	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd	Au
typ rudy/horniny	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
Kyzylalma						
Au(Ag)-q-sulfidy	0,11	<2	0,53	6,5	2,3	19810
syenodiorit	0,11	<2	0,05	0,90	2,6	22
Kočbulak						
Au(Ag)-q-sulfidy	0,07	<2	0,25	2,0	0,61	8931
tandezit	0,04	<2	<0,05	1,0	1,0	38
Čarmitan						
Au-q-sulfidy	0,14	0,85	0,14	1,0	1,9	346
černá břidlice	0,05	0,75	0,08	0,50	1,9	48
Gužumsai						
Au-q-sulfidy	0,16	5,6	0,25	9,9	0,66	38513
granosyenit	0,02	0,75	0,09	0,50	0,32	32
Daugystau						
Au-sulfidy	0,08	0,75	0,10	0,50	1,3	701
černá břidlice	0,08	0,75	0,34	1,7	0,80	45
Amantaytau						
Au-q-sulfidy	0,05	2,8	0,34	3,8	0,92	19421
černá břidlice	0,05	0,75	0,09	3,9	0,83	21
Vysokovoltnoje						
Ag-Au-q	0,02	1,7	0,10	8,9	2,4	753
černá břidlice	0,05	1,3	0,16	1,9	3,7	3
Myutenbai						
Au-q-sulfidy	0,05	6,7	0,54	22,3	2,2	930
černá břidlice	0,05	0,75	0,24	181	1,2	2

mineralizovanou zónu zhruba 7 km dlouhou a 300–1000 m širokou. Zlatá mineralizace, převážně v křemenných žílách, je vázána na košrabadskou intruzi (gabrosyenity, syenity, granosyenity a granity) a na sedimentární horniny (pískovce, prachovce, břidlice, tufy a popř. vápence). Západní část zarmitanského rudního revíru tvoří ložisko Gužumsai, centrální Promežutochnoje a východní Čarmitan.

Orogenní ložiska zlata

Orogenní ložiska zlata patří k ekonomicky nejvýznamnějším ložiskům v Ťan-šanské provincii. Ložiska Daugystau, Amantaytau, Vysokovoltnoje a Myutenbai jsou situována v centrální kyzyl-kumské subzóně jižního Ťan-šanu, v blízkosti protínání antiklinály Džanbulak a muruntau-daugystauského zlomu (Kotov – Poritskaya 1992). Ložiska jsou vázána na metamorfované spodně paleozoické černé břidlice Besapanské formace. Ložiska Amantaytau, Daugystau a Vysokovoltnoje se nacházejí podél lineární zóny, známé pod názvem zóna Amantay-Daugyz-Vysokovoltnoje. Ložisko Myutenbai je jv. pokračováním ložiska Muruntau. Zlatá mineralizace v žílách a žilnících, provázená převážně pyritem, arzenopyritem a Ag-sulfosolemi, je vázána na lineární tektonické zóny (Berger et al. 1994).

Výsledky a diskuse

Výsledky geochemického studia Pt-kovů a zlata ve studovaných rudních a horninových vzorcích jsou shrnuty v tabulce 1. Ve všech těchto vzorcích se ukázaly být koncentrace Pt-kovů poměrně nízké ve srovnání s daty Turesebekova et al. (2005).

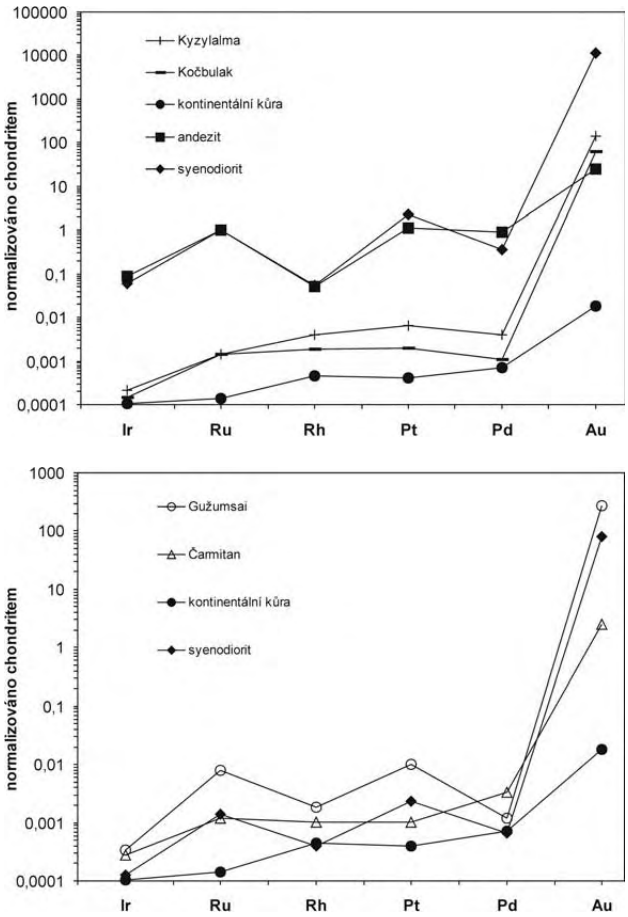
Na epitermálních ložiscích byly naměřeny nejvyšší hodnoty Pt (7,5 ppb) a Pd (2,6 ppb) v rudním vzorku z ložiska Kyzylalma. Významné korelace byly zjištěny mezi Pt a Au, Cu, Mo, S, Pb a Zn na ložisku Kyzylalma a mezi Pt a Au, Cu, Ag a Zn na ložisku Kočbulak. Tyto vztahy pravděpodobně odrážejí úzkou vazbu Pt-kovů s Au-polysulfidickými rudami. Nízké koncentrace Pt-kovů a průměrné hodnoty poměrů Pd/Ir ~20,5 v rudách z Kyzylalmy a Pd/Ir ~23,6 v syenodioritu jsou blízké hodnotám svrchní kontinentální kůry (např.: Pd/Ir = 23,5, Peucker-Ehrenbrink a Jahn 2001), což je také v souladu s průběhem chondritem normalizované křivky Pt-kovů-Au (obr. 5a).

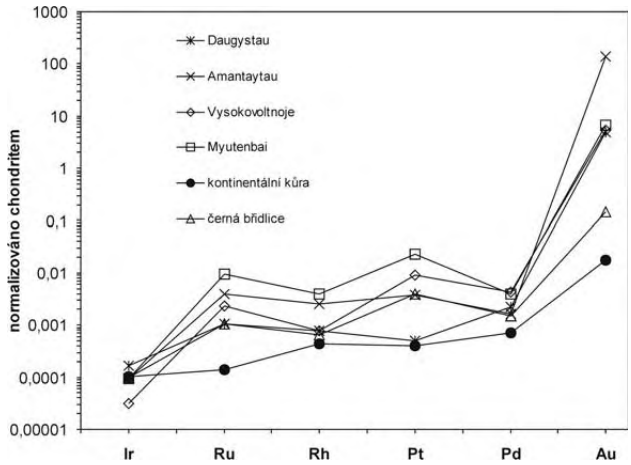
Na ložiscích zlata vázaných na intruze byly zjištěny nejvyšší hodnoty Pt (19,3 ppb) v rudním vzorku z ložiska Gužumsai a Pd (3,0 ppb) v černé břidlici z ložiska Čarmitan. Čarmitan-

ské rudy v černých břidlicích ukazují poměrně plochou chondritem normalizovanou křivku Pt-kovů, podobnou průměrné kontinentální kůře (obr. 5b). Frakcionace Pt-kovů v rudách z ložiska Gužumsai, vázaných na intruzivní horniny, je srovnatelná se syenodioritem, což naznačuje, že intruzivní horniny z ložisek Čarmitan a Gužumsai byly nejpravděpodobněji zdrojem Pt-kovů.

Na orogenních zlatých ložiscích byly zjištěny nejvyšší hodnoty Pt (351 ppb) překvapivě ve vzorku nemineralizované černé břidlice z ložiska Myutenbai a Pd (9,4 ppb) v nemineralizované černé břidlici z ložiska Vysokovoltnoje. Chondritem normalizované křivky rud z orogenních zlatých ložisek jsou podobné průběhu křivek z černých břidlic z těchto ložisek (obr. 5c), což naznačuje, že Pt-kovy v těchto rudách byly pravděpodobně odvozeny od okolních hornin.

Obr. 4. Ložisko Kočbulak, pohled na nejbohatší rudní zónu a okolní andezity. *Foto J. Pašava.*





Obr. 5. Chondritem normalizované křivky Au-Pt-kovů pro studované rudní vzorky: a – z epitermálních Au-Ag ložisek a jejich srovnání s andezitem, syenodioritem a kontinentální kůrou; b – z ložisek zlata vázaných na intruze a srovnání se syenodioritem a kontinentální kůrou; c – z orogenních zlatých ložisek a srovnání s černou břidlicí a kontinentální kůrou. Hodnoty chondritu převzaty z Anders a Grevesse (1989), kontinentální kůry z GERM Reservoir Database http://www.earthref.org/.

Poděkování: Tato práce je příspěvkem k řešení grantu ME-935 (MŠMT-KONTAKT – J. Pašava). Autoři děkují L. Strnadovi (PřF UK) za analytická stanovení Pt-kovů.

Literatura

ABZALOV, M. (2007): Zarmitan Granitoid-Hosted Gold Deposit, Tian Shan Belt, Uzbekistan. – Econ. Geol., 102, 519–532.

ANDERS, E. – GREVESSE, N. (1989): Abundances of the elements: Meteoritic and solar. – Geochim. Cosmochim. Acta, 53, 197–214.

BERGER, B. R. – DREW, L. J. – GOLDFARB, R. J. – SNEE, L. W. (1994): An epoch of gold riches: The late Paleozoic in Uzbekistan, Central Asia. – SEG Newsletter, 16, 1–17.

GROVES, D. I. – GOLDFARB, R. J. – ROBERT, F. – HART, C. J. R. (2003): Gold deposits in metamorphic belts: Overview of current understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance. – Econ. Geol., 98, 1–29.

KOTOV, N. V. – PORITSKAYA, L. G. (1992): The Muruntau gold deposit: Its geologic structure, metasomatic mineral associations and origin. – Inter. Geol. Rev., 34, 77–87.

KOVALENKER, V. A. – SAFONOV, Y. G. – NAUMOV, V. B. – RUSINOV, V. I. (1997): The Kochbulak Au-Ag epithermal deposit, Uzbekistan. – Geol. Ore Dep., 32, 127–152.

PEUCKER-EHRENBRINK, B. – JAHN, B. (2001): Rhenium-osmium isotope systematics and platinum element concentrations: Loess and the upper continental crust. – Geochem. Geophys. Geosyst., 2, 1525–2027.

TURESEBEKOV, A. H. – KONEEV, R. I. – SANAKULOV, K. S. – DABIJA, S. J. – IGNATIKOV, Ye. N. – VASILEVSKY, B. B. (2005): PGE in the Processing Products and ores of gold-containing deposits of Uzbekistan In: TORMANEN, T. O. – ALAPIETI, T. T. (Eds): Platinum-group elements – from genesis to beneficiation and environmental impact. – 10th Platinum symposium, Oulu, Finland, 596–598.

YAKUBCHUK, A. S. – SHATOV, V. V. – KIRWIN, D. – EDWARDS, A. – TOMURTOGOO, O. – BADARCH, G. – BURYAK, V. A. (2005): Gold and Base Metal Metallogeny of the Central Asian Orogenic Supercollage. – Econ. Geol., 100th Anniv. Vol., 1035–1068.

WILDE, A. – BIERLIN, F. P. – EDWARDS, A. – ANSDELL, K. – GARNETT, D. – YAKUBCHUK, A. (2002): Occurrences of platinum-group elements with sediment-hosted orogenic gold deposits; proposed model and potential in Australia. – Aust. Geol. Soc. Abstr., 6, 283.