

Similar parameters are shown by coals found within the Svatoňovice Member of the CPISB and in the Syřenov Formation in the KPB where contents of Cu are in excess of 1,000 ppm. These coals also contain enhanced to high concentrations of Ni, Pb (Fig. 9) and Zn. In contrast, most coal from Carboniferous relics in the environs of the WCBB and from the Žacléř Formation of the CPISB with $S_t^d < 1.1\%$ are low in As but notably rich in Cu. The inorganic component of these coals consists of clay minerals (kaolinite), whereas sulfides, carbonates and quartz are less abundant. Although MARTÍNEZ-TARAZONA et al. (1992) believe that copper is bound mainly in sulfides (chalcopyrite), a bond with organic matter cannot be excluded (SWAINE 1990, BOUŠKA et al. 2000). With respect to Rb, SWAINE (1990) assumes that this element is bound in clay minerals. The majority of coals showing low sulfur and higher contents of mineral matter, clay minerals in particular, such as those from the Karviná Formation in the CPUSB, and in the PB and KRB, including some Carboniferous relics in their environs, and in seams of the Žacléř Formation in the CPISB contain 150 ppm Rb, whereas data published by Swaine (1990), 2–50 ppm Rb in the majority of coals, are much lower. Belgian coals reportedly contain as much as 110 ppm Rb, and coal from Nigeria up to 800 ppm Rb. The occurrence of other elements such as Cr, Ga, Sc, Ti, V and REE also seems to be connected with the presence of clay minerals. Extremely high concentrations of vanadium in quite different coal samples collected from coal seams of the Radnice Member in the KRB (735 ppm) and from the Syřenov Formation in the KPB (1,500 ppm, Table 9) seem to be governed by an affinity between V and clay minerals and also with its entry into the structure of muscovite (HUGGINS – HUFFMAN 1996) and organic matter (SWAINE 1990, BOUŠKA et al. 2000). High contents of carbonates, particularly calcite healing fractures in the coal from the Jívka Member in the CPISB and from the Syřenov Formation have not led to higher contents of trace elements characteristic of carbonate mineralization (e.g., Ba, Mn, Nb, Sr and Y). The presence of Pt in coal may also be ascribed to the occurrence of carbonates, quartz and Pt-sulfides (DAI et al. 2003). Concentrations of Pt in the studied samples fluctuated from < 3 ppb to 74 ppb. The maximum value was found in almost pure coal (3.9 % A^d). The high values for Ba (more than 1000 ppm) and Sr (more than 300 ppm) in the coal seams from the Ostrava and Karviná formations of the Upper Silesian Basin may indicate the occurrence and/or influence of clastics and volcanoclastics in the coal-bearing strata (GOODARZI et al. 2009).

ACKNOWLEDGEMENTS

Authors are much obliged to the Grant Agency of the Academy of Sciences of the Czech Republic, Grant Agency of the Czech Republic for financial support of the Projects IAA 3111103 and 105/06/0653 and the Institute research Plan AVOZ 30460510 without which this study could not have been undertaken. We are also grateful to Assoc. Prof. Bohdan Kříbek, DSc. for many valuable suggestions which obviously improved our manuscript.

References

- BETHELL, F. V. (1962): The distribution and origin of minor elements in coal. – Res. Ass. Monthly Bull. 26, 12, 401–429.
- BOUŠKA, V. (1966): Stopové prvky v antracitu ze Lhotic u Českých Budějovic. – Sbor. Jihočes. Muz. v Českých Budějovicích, přír. Vědy 6, 1–8.
- BOUŠKA, V. (1981): Geochemistry of Coal. – 284 pp. Czech. Acad. Sci. – Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York.
- BOUŠKA, V. – PEŠEK, J. (1999a): Duality parameters of lignite of the North Bohemian basin in the Czech Republic in comparison with world average lignite. – Int. J. Coal Geol. 40, 211–235.
- BOUŠKA, V. – PEŠEK, J. (1999b): Distribution of elements in the world lignite average seam and its comparison with lignite seam of the North Bohemian and Sokolov basins. – Folia Mus. Rer. Natur. Boh. Occiden., Geol. 42, 50 pp.
- BOUŠKA, V. – PEŠEK, J. – SÝKOROVÁ, I. (2000): Probable modes of occurrence of chemical elements in coal. – Acta montana, B 10, 17, 53–90.
- BRAGG, L. J. – OMAN, J. K. – TEWALT, S. J. – OMAN, S. L. – REGA, N. H. – WASHINGTON, P. M. – FINKELMAN, R. B. (1998): Coal quality (COALQUAL) database, version 2.0. – Open-File Rep. U. S. Geol. Surv., 97–134 (also unpaginated CD-ROM).
- BUCHTELE, J. – ROUBÍČEK, V. – SÝKOROVÁ, I. (1995): Coals from the Ostrava-Karviná district (OKD) and prediction of their application in processes of clean coal technology. – Acta montana, B 98, 7–22.
- BUTLER, J. R. (1953): Geochemical affinities of some coals from Svalbard. – Norsk Polarinst. 96, 1–26.
- ČADKOVÁ, Z. (1971a): Distribuce kovů v sedimentech radvanického souslojí. – Čas. Mineral. Geol., 16, 147–157.
- ČADKOVÁ, Z. (1971b): Genesis of the Permian stratiform Cu-deposit at Horní Verněřov. – Sbor. geol. Věd, ložisk. Geol. Mineral. 14, 65–90.
- ČADKOVÁ, Z. (1977): Příspěvek ke geochemii sedimentů svrchního karbonu vnitrosudetské pánve. – Čas. Mineral. Geol. 22, 411–416.
- DAI, S. – REN, D. – ZHANG, J. – HOU, X. (2003): Concentrations and origins group elements in Late Paleozoic coals of China. – Int. J. Coal Geol. 55, 59–70.
- DANĚK, V. – SÝKOROVÁ, I. – MACHOVIČ, V. (1998): The anthracite seam near Mikulov, Krušné hory Mountains. – Abstr. 8th Coal Geol. Confer., Prague, 72.
- DOPITA, M. et al. (1997): Geologie české části hornoslezské pánve. – Min. život. prostředí. Čes. republ. 278 pp.
- FABIANOVÁ, D. (1987): Geochemická pozice uranu v uhlí radvanického souslojí. – MS Úst. geol. geotechn. Čs. akad. věd, Praha.
- FINKELMAN, R. B. (1981). Modes of occurrence and the distribution of trace elements in coal. – U.S. Geol. Surv., Open-File Rep. OFR-81-99, 301 pp.
- FINKELMAN, R. B. – PALMER, C. A. – KRASNOW, M. R. – ARUSCAVAGE, P. J. – SELLERS, G. A. (1990): Combustion

- tion and leaching behaviour of elements in the Argonne premium coal samples. – *Energy Fuels*, 755–766.
- FRANCŮ, J. – SÝKOROVÁ, I. – FRANCŮ, E. – ŠAFANDA, J. – MALÝ, L. (1998): Vitrinite reflectance and pyrolytic properties of coals in the Boskovice Furrow as related to thermal and burial history. Abstracts of the 8th Coal Geol. Confer., Prague, 28. – Fac. Sci. Charles Univ.
- GOLDSCHMIDT, V. M. (1935): Rare elements in coal ashes. – *Ind. Chem.* 27, 1100–1102.
- GOODARZI, F. – VAN DER FLIER-KELLER, E. (1988): Distribution of major, minor and trace elements in Hat Creek deposit No. 2, British Columbia, Canada. – *Chem. Geol.* 70, 313–333.
- HAVELKA, J. – ROZLOŽNÍK, L. (1990): Ložiska rud. – 389 pp. St. nakl. techn. lit. Praha.
- HAVLENA, V. (1958): Petrografie uhlí podkrkonošského permokarbonu a poznámky k jeho geologii. – *Sbor. Ústř. Úst. geol., Odd. geol.* 25, 157–188.
- HAVLENA, V. (1960): Petrografie antracitů od Brandova a Českých Budějovic a antracitického uhlí od Chobotu u Vlašimi. – *Sbor. Ústř. Úst. geol., Odd. geol.* 26, 333–358.
- HELMHACKER, R. (1874): Die Permmulde bei Budweis. – *Berg. Hüttenm. Jb.*, 22, 98–133.
- HOWER, J. C. – TAULBEE, D. N. – RIMMER, S. M. – MORRELL, L. G. (1994): Petrographic and geochemical anatomy of lithotypes from the Blue Gem Coal Bed, Southern Kentucky. – *Energy Fuels* 8, 719–728.
- HUBÁČEK, J. (1940): Jihočeský antracit a jeho popeloviny. – *Uhlí* 19, 52–56.
- HUBÁČEK, J. (1941): Složení a spalná tepla čistých hořlavin pevných paliv konsumovaných v protektorátu Čechy a Morava. – *Uhlí* 20, 21–26 and 53–65.
- HUGGINS, F. E. – HUFFMAN, G. P. (1996): Modes of occurrence of trace elements in coal from XAFS spectroscopy. – *Int. J. Coal Geol.* 32, 31–53.
- KADAŇKOVÁ-VOTAVOVÁ, Z. (1960a): Distribuce germania v uhelných pánvích ČSSR II. Germanium v pánvi rakovnické. – *Sbor. Vys. Šk. Chem.-technol., Odd. fak. anorg. org. Technol.* 4, 1, 475–483.
- KADAŇKOVÁ-VOTAVOVÁ, Z. (1960b): Distribuce germania v uhelných pánvích ČSSR, III. Germanium v pánvi rosicko-oslavanské. – *Sbor. Vys. Šk. Chem.-technol., Odd. fak. anorg. org. Technol.*, 4, 1, 485–491.
- KESSLER, M. – MALÁN, O. – VALEŠKA, F. (1965): Význam stopových a minoritních prvků pro korelaci a identifikaci slojí a komplexní využití uhlí. – *Rozpr. Čs. Akad. věd, Ř. mat. přír. Věd*, 10, 123 pp.
- KETRIS, M. P. – YUDOVICH, YA. E. (2008): New estimations of coal clarkes: world averages for trace element content in coal. In: MICHEL, T. – FOURNIER, H., Eds: *Coal geology research progress*. – Nova Sci. Publ., New York, 37–51.
- KETRIS, M. P. – YUDOVICH, YA. E. (2009): Estimations of clarkes for carbonaceous biolithes: World averages for trace element contents in black shales and coals. – *Int. J. Coal Geol.* 78, 135–148.
- KLIKA, Z. – VIDLÁK, J. – HÁJKOVÁ, L. – SÝKOROVÁ, I. (2003): Složení a distribuce prvků v hnědém uhlí s vyšším obsahem popelovin a síry. – *Uhlí, Rudy, geol. Průzk.* 8, 10–16.
- KOBLIC, J. (1950): Antracit ze Lhotic u Českých Budějovic. – *Věst. St. geol. Úst. Čs. Republ.* 25, 38–48.
- KRAUSKOPF, K. B. (1955): Sedimentary deposits of rare metals. – *Econ. Geol.*, 50th Ann. 1, 411–463.
- KREJCI-GRAF, K. (1972): Trace metals in sediments, oils, and allied substances. In: FAIRBRIDGE, R. W. Ed.: *The Encyclopedia of geochemistry and environmental sciences, 1201–1209*. – Van Nostrand Reinhold Comp. New York.
- KUDÉLÁSEK, V. (1959a): Stopové prvky uhlí dolnoslezské pánve. I. část. – *Sbor. Věd. Prací Vys. Šk. báň. (Ostrava), Ř. horn.-geol.* 5, 319–348.
- KUDÉLÁSEK, V. (1959b): Stopové prvky uhlí dolnoslezské pánve. II. část. – *Sbor. Věd. Prací Vys. Šk. báň. (Ostrava), Ř. horn.-geol.*, 5, 457–481.
- LEPKA, F. (1961): Uranové a doprovodné zrudnění v uhelných slojích žacléřsko-svatoňovického revíru. – *MS Ústř. správa výzk. těžby radioaktiv. sur.*
- LEPKA, F. (1980): Přehled obsahů uranu a thoria v sedimentárních a vyvřelých horninách Českého masivu, stav poznatků k červenci 1979. – *Geol. Hydrometalurg. Uranu* 4, 3, 3–52.
- LEUTWEIN, F. – RÖSLER, H. J. (1956): Geochemische Untersuchungen an paleozoischen und mesozoischen Kohlen Mittel- und Ostdeutschlands. – *Freiberg. Forsch.-H.*, C 19, 1–196.
- MARTÍNEZ-TARAZONA, M. R. – SPEARS, D. A. (1996): The fate of trace elements and bulk minerals in pulverized coal combustion in a power station. – *Fuel Process. Techn.* 47, 79–92.
- MARTÍNEZ-TARAZONA, M. R. – SPEARS, D. A. – TASCÓN, J. M. D. (1992): Organic affinity of trace elements in Asturian bituminous coals. – *Fuel* 71, 8, 909–917.
- PEŠEK, J. Ed. (2001): *Geologie a ložiska svrchnopaleozoických limnických pánví České republiky*. – 243 pp. Čes. geol. úst.
- PEŠEK, J. – SÝKOROVÁ, I. – BENCKO, V. – VAŠÍČEK, M. – MICHNA, O. – MARTÍNEK, K. (2005): Some trace elements in coal of the Czech Republic, environment and the health protection implications. – *Central Europ. J. Publ. Health* 13, 3, 153–158.
- PLUSKAL, O. (1972): Úvod do geologie uranových ložisek. – 183 pp. St. pedag. nakl.
- PURKYNĚ, C. (1930): Brandovská kamenouhelná (antracitová) pánev v Rudohoří. – *Paleontogr. Bohem.*, 14, 1–68.
- RONOV, A. B. – YAROSHEVSKY, A. A. – MIGDISOV, A. A. (1990): Chemical composition of the Earth's crust and geochemical balance of main elements. – 192 pp. Nauka, Moscow. (In Russian)
- SATTRAN, V. (1957): Odnos krystalinika v prostoru východních Krušných hor. – *Věst. Ústř. Úst. geol.*, 32, 316–322.
- SIVEK, M. – ČÁSLAVSKÝ, M. – JIRÁSEK, J. (2008): Applicability of Hilt's law of the Czech part of the Upper Silesian Coal basin (Czech Republic). – *Int. J. Coal Geol.* 73, 185–195.
- SIVEK, M. – DOPITA, M. – KRŮL, M. – ČÁSLAVSKÝ, M. – JIRÁSEK, J. (2005): Atlas of coal – the Czech part of the Upper Silesian Basin. – 31 pp. ANAGRAM.

- SOMASEKAR, B. I. (1971): Boron in the Main seam of the Kladno Coalfield, Czechoslovakia. – Sbor. věd. Prací Vys. Šk. báň., Ř. horn.-geol. 17, 9–14.
- SPEARS, D. A. – ZHENG, Y. (1999): Geochemistry and origin of elements in some UK coals. – Int. J. Coal Geol. 38, 161–179.
- SPUDIL, J. – KOKEŠ, J. – LUDVÍK, J. – HORNÝCH, V. – OPEKAR, L. – KOROŠ, I. – FRANKE, M. – VANĚK, V. – VÁCHA, V. – JAČEK, M. – HRZINA, P. (1996): Závěrečná zpráva o ložisku VUD Důl Jan Šverma. – MS Čes. geol. služba – Geofond, Praha.
- STŘEDA, J. – BOUDA, A. – ŠUSTR, Z. – FRANKE, M. – ŠOUTA, M. – LUDVÍK, J. – HÁJEK, O. – BUREŠ, V. – PAZDERA, A. – ŽÁKOVÁ, B. – VALTEROVÁ, P. – TURKYNOVÁ, E. – RIEGER, Z. – GAŽDA, Z. (1979): Závěrečná zpráva úkolu Šverma-Lampertice (Kotlina). – MS Čes. geol. služba – Geofond, Praha.
- STŘEDA, J. et al. (1958): Závěrečná zpráva o průzkumu zbytků antracitového ložiska v Brandově v Krušných horách. – MS Čes. geol. služba – Geofond, Praha.
- STŘEDA, J. et al. (1981): Syřenov. – MS MS Čes. geol. služba – Geofond, Praha.
- SWAINE, D. J. (1990): Trace elements in coal. – 278 pp. Butterworths.
- SWAINE, D. J. – GOODARZI, F. Eds (1995): Environmental aspects of trace elements in coal. – 312 pp. Kluwer Acad. Publ.
- TOMAŇA, M. (1957): Příspěvek k poznání geochemie uranu v kladenském uhlí. – Sbor. Vys. Šk. chem.-technol., Odd. Fak. anorg. org. Technol. 1, 191–197.
- TYROLEROVÁ, P. (1959): Geochemie germania v radnické pánvi. – Sbor. Vys. Šk. Chem.-Technol., Odd. Fak. anorg. org. Technol. 3, 353–363.
- TYROLEROVÁ-SKYBOVÁ, P. (1958): Rozdělení germania mezi petrografické složky uhlí. – Sbor. Vys. Šk. chem.-technol., Odd. Fak. anorg. org. Technol., 289–292.
- VALKOVIČ, V. (1983): Trace elements in coal. – Vol. 1 210 pp., Vol. 2 281 pp. Boca Raton, Fla. Chem. Rubber Co. Press.
- VLÁŠEK, Z. (1958): Geologické poměry jihočeských sedimentů. – MS Čes. geol. služba – Geofond, Praha.
- VOTAVOVÁ, Z., Král, R. (1959): Distribuce germania v kladenské pánvi. – Sbor. Vys. Šk. chem.-technol., Odd. Fak. anorg. org. Technol. 3, 337–352.
- YUDOVICH, YA. F. – KETRIS, M. P. – MERTS, A. V. (1985): Trace elements in fossil coals. – 239 pp. Nauka. Leningrad.
- ZAHRADNÍK, L. – FORMÁNEK, Z. – ŠTOVÍK, M. – TYROLER, J. – VONDRÁKOVÁ, Z. (1962): Příspěvek k objasnění vazby germania a galia v uhlí z vejprnického důlního pole. – Sbor. Úst. nerost. Sur. 185–197.

Databáze výsledků chemicko-technologických analýz, stanovení síry a stopových prvků v uhlí svrchnopaleozoických černouhelných pánví České republiky

V této práci předkládáme výsledky databáze chemicko-technologických analýz a obsahů prvků v popelech uhlí všech černouhelných pánví na území České republiky. Naše databáze vznikla shromážděním více než padesáti tisíc analýz všech dostupných publikovaných a archivních podkladů. Takto získané údaje jsme doplnili analýzami jednadvaceti nových vzorků, které jsme získali jednak z důlních chodeb, jednak jsme část materiálu odebrali na odvalech dřívě opuštěných dolů s vědomím toho, že na některých lokalitách se jedná o vzorky i několik desítek let staré. Nové analýzy pocházejí většinou z bodových vzorků uhlí s obsahem popela (A^d) < 55 %, zatímco obsah popela několika vzorků převzatých ze starších podkladů dosahuje až 99,99 %. Všechny nové vzorky byly spalovány při teplotě 850 °C. Obsahy prvků ve vzorcích odebraných z odvalů mohly být ovlivněny náchylností některých prvků k vyluhování (a tudíž námi prezentované analýzy mohou vykazovat menší či větší odchylky od „čerstvých“ odebraných vzorků; srov. SWAINE – GOODARZI, ed. 1995), resp. také rozdílnými teplotami spalování uhlí (KETRIS – YUDOVICH 2009). U většiny nově odebraných vzorků bylo studováno rovněž macerátové složení uhlí a jeho chemicko-technologické parametry. Devět vzorků bylo analyzováno v US Geological Survey v Restonu (USA) a dalších šestnáct v laboratořích České geologické služby (ČGS), přičemž kvantitativní zastoupení Pt-kovů bylo u třinácti z nich stanoveno laboratoří na Přírodovědecké fakultě UK. Obsahy stopových prvků byly v Restonu určovány převážně v popelech uhlí metodami atomové emisní spektrometrie a hmotové spektrometrie s indukčně vázanou plasmou (ICP-AES a ICP-MS). Také laboratoř ČGS analyzovala popely uhlí metodou plamenné atomové absorpce (FAAS), resp. HgAAS (As a Bi) a AMA (Hg). Pouze koncentrace Cl, Hg, S a Se byly zjištěny v uhlí. Pt-kovy byly stanoveny po dokimastickém rozkladu popelu v ČGS hmotnostním spektrometrem s indukčně vázanou plasmou (ICP-MS). U starších vzorků v databázi, s výjimkou vzorků z čs. části hornoslezské pánve, nebyly použité analytické metody zpravidla uvedeny.

Při sestavování databáze jsme ze starších podkladů používali pouze výsledky kvantitativních analýz. Problémy vznikly tehdy, když nebyly uvedeny počty analyzovaných vzorků. V takovém případě jsme postupovali tak, že u vzorků z důlní chodby nebo z vrtu jsme sloj rozdělili po 20 cm (tj. metrová sloj = 5 vzorků). Vzniklý soubor dat charakterizuje základní chemicko-technologické parametry uhlí většiny pánví. S ohledem na různorodost vzorků a analýz (starší a nově analyzované vzorky) a na často neúplné analýzy vyplývá z této databáze značná variabilita zastoupení prvků ve slojích a v rozptylu jejich koncentrací.

Pokud jde o zastoupení prvků především v kontinentálních pánvích, vzhledem ke známé laterální proměnlivosti