

Prof. RNDr. Jiří Pešek, DrSc., RNDr. Jana Forstová, Mgr. Karel Martinek, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta
Mgr. Ondřej Michna, Ing. Ivana Sýkorová, DrSc., Mgr. Michal Vašíček, Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR

Síra, stopové prvky a chemicko-technologické charakteristiky v databázi evropských a světových černouhelných pánví – 1. část

Přijato: 25.10.2005, recenzováno: 16.11.2005

Schwefel, Spurelementen und chemisch-technologische Charakteristiken in der Datenbank von den Steinkohlenbecken Europas und weltweit – 1. Teil

In Jahren 2001 bis 2004 sammelten wir die veröffentlichten Angaben zu den chemisch-technologischen Analysen, dem Schwefelinhalt und vor allem dem Spurelementeinhalt in Aschen der Steinkohlen und Anthraziten aus den bedeutenden Becken aller Kontinenten einschl. Antarktis. Die entstandene Datenbank von 22 Staaten ist sehr ungleichartig, sowohl aus der Sicht der Menge und Vollkommenheit der Grundlagen, als auch aus der Sicht der sich zu entwickelnden Methodik der Bestimmung von einzelnen Elementen im Verlauf letzter ca. 50 Jahre. Die vollständigsten Analysen mit am meisten ausreichenden Datenmengen bekamen wir in Belgien, China, Südafrikanischen Republik, Kanada, Großbritannien, der Vereinigten Staaten und teilweise auch in Australien. Unkomplette Daten, d.h. überwiegend ein breites Elementsspektrum aber niedrige Analysenzahl stammen aus Antarktis sowie aus Steinkohlenbecken in Brasilien, Bulgarien, Chile, Indien, Iran, Deutschland, Nigeria, Neuseeland, Polen, der Schweiz, Taiwan und der Ukraine.

Aus den Datenbanken einzelner Staaten ist ersichtlich, dass einige Elemente manchmal deutlich durchschnittliche sowie maximale Inhalte die vom Krejci-Graf (1972) angegebenen Höchstwerte überschreiten. Es handelt sich vor allem um Ag (Deutschland, USA), As (China, Kanada), Au (China, Iran), Ce (USA), Co (Kanada), Cr und Cs (USA), Hg (Iran, Kanada), La (Antarktis, Australien, Belgien, China, Iran, Südafrikanische Republik), Nb (Australien, Iran, Kanada), Nd (China), Pb

(Deutschland), Rb (China, Iran, Kanada, Nigeria, Schweiz, USA, Großbritannien), Ta (Iran, USA), U (China, Polen) und Zn (USA). Eine Palette weiterer Elemente weist mehr oder weniger erhöhte Werte aus. In meisten Staaten, soweit Elemente der Edelerde und Pt-Metalle analysiert wurden, wurden ihre hohen Inhalte ermittelt, die die von Swain (19909) angegebenen Maximalwerte manchmal überschreiten. Nur die Qualität der südamerikanischen Kohlen negativ beeinflussen weder erhöhte Schwefelinhalt noch die Inhalte weiterer Elemente.

Sulphur, trace elements and chemical and technological characteristics in the European and world black coal basins database – 1st part

Data on chemical analyses and technological parameters, content of sulfur and a range of trace elements in ash of bituminous coals and anthracites from important basins of all continents including Antarctic were collected in the years 2001 to 2004. The established database of 22 countries is very inhomogenous as far as the number and comprehensiveness of data are concerned, and also reflecting the progress in analytical procedures for determination of individual elements during the last ca. fifty years. The most complete analyses with mostly sufficient number of data were acquired from Belgium, People's Republic of China, Republic of South Africa, Canada, Great Britain, U.S.A. and partly also from Australia. Incomplete data, i.e., mostly broad spectrum of elements but with small number of analyses come from the Antarctic, then from the Brazilian, Bulgarian, Chilean, Indian, Iranian, Ger-

man, Nigerian, New Zealand, Polish, Swiss, Taiwanese and Ukrainian bituminous coal basins.

As emerges from databases of single countries, the mean and maximum contents of some elements often considerably exceed the highest values reported by Krejci-Graf (1972). They include Ag (Germany, U.S.A.), As (People's Republic of China, Canada), Au (People's Republic of China, Iran), Ce (U.S.A.), Co (Canada), Cr and Cs (U.S.A.), Hg (Iran, Canada), Nb (Australia, Iran, Canada), Nd (People's Republic of China), Pb (Germany), Rb (People's Republic of China, Iran, Canada, Nigeria, Switzerland, U.S.A., Great Britain), Ta (Iran, U.S.A.), U (People's Republic of China, Poland) and Zn (U.S.A.). A range of other elements shows more or less enhanced contents. Providing the REE and PGE were analyzed, then their high contents exceeding maximum values reported by Swain (1990) were found in the majority of countries. The South American coals appear to be the only ones whose quality is not affected by enhanced concentrations of S or trace or other elements.

Сера, рассеянные элементы и химико-технологические характеристики в базе данных каменноугольных бассейнов Европы и мира (Часть I)

В период 2001 – 2004 собирались опубликованные данные о химико-технологических анализах, о наличии серы и преимущественно рассеянных элементов в золе каменного угля и антрацита из видных бассейнов всех континентов, включительно Антарктиды. Таким образом возникла база данных 22 государств, которая очень разнообразна как по количеству и полноте основных данных, так по развивающейся методике определения отдельных элементов в течение около 50 последних лет. Совершенно полные и точные анализы с достаточным объемом данных были получены из Бельгии, Южно-Африканской Республики, Канады, Великобритании, США и частично также из Австралии и Китая. Некомплетные данные, включающие

преимущественно широкий спектр элементов, однако с небольшим числом анализов, происходят из Антарктиды и из каменноугольных бассейнов Бразилии, Болгарии, Чили, Индии, Ирана, Германии, Нигерии, Новой Зеландии, Польши, Швейцарии, Тайваня и Украины.

Из баз данных отдельных стран видимо, что отдельные элементы часто резко превышают – как по своим средним, а также и по максимальным объемам – высшие величины, приведенные Крейци-Графом (1972). Речь идет в особенности о Ag (Германия, США), As (Китай, Канада), Au (Китай, Иран), Ce (США), Co (Канада), Cr и Cs (США), Hg (Иран, Канада), La (Антарктида, Австралия, Бельгия, Китай, Иран, Южно-Африканская Республика), Nb (Австралия, Иран, Канада), Nd (Китай), Pb (Германия), Rb (Китай, Иран, Канада, Нигерия, Швейцария, США, Великобритания), Ta (Иран, США), U (Китай, Польша) и Zn (США). Ряд дальнейших элементов показывает более или менее повышенные величины. В большинстве стран, если были анализированы элементы редких почвенных пород и свежих металлов, определены их высокие содержания, которые часто превышают максимальные величины, приведенные Свейном (1990). Только на качество южноамериканских углей не оказывают негативные влияния даже ни повышенные содержания серы, ни рассеянных и др. элементов.

Sira, stopové prvky a chemicko-technologické charakteristiky v databázi evropských a světových černouhelných pánví – I. část

V letech 2001 až 2004 jsme shromažďovali publikované údaje o chemicko-technologických analýzách, zastoupení síry a převážně stopových prvků v popelech černých uhlí a antracitů z významných pánví všech kontinentů včetně Antarktidy. Vzniklá databáze 22 států je velmi různorodá, jak do množství a úplnosti podkladů, tak do vyvíjející se metodiky stanovení jednotlivých prvků v průběhu ca posledních padesáti let. Nejúplnější analýzy vesměs s dostatečným počtem dat jsme získali z Belgie, Číny, Jihoafrické repu-

bliky, Kanady, Velké Británie, Spojených států amerických a částečně též z Austrálie. Nekompletní data, tj. převážně široké spektrum prvků, ale s malým počtem analýz, pochází z Antarktidy a dále z brazilských, bulharských, chilských, indických, íránských, německých, nigerijských, novozélandských, polských, švýcarských, taiwanských a ukrajinských černouhelných pánví.

Z databází jednotlivých států je zřejmé, že některé prvky mnohdy výrazně převyšují jak svými průměrnými, tak maximálními obsahy nejvyšší hodnoty uváděné Krejci-Grafem (1972). Jedná se zejména o obsahy Ag (Německo, USA), As (Čína, Kanada), Au (Čína, Írán), Ce (USA), Co (Kanada),

Cr a Cs (USA), Hg (Írán, Kanada), La (Antarktida, Austrálie, Belgie, Čína, Írán, Jihoafrická republika), Nb (Austrálie, Írán, Kanada), Nd (Čína), Pb (Německo), Rb (Čína, Írán, Kanada, Nigérie, Švýcarsko, USA, Velká Británie), Ta (Írán, USA) U (Čína, Polsko) a Zn (USA). Řada dalších prvků vykazuje více či méně zvýšené hodnoty. Ve většině států, pokud byly analyzovány prvky vzácných zemin a Pt-kovů, byly zjištěny jejich vysoké obsahy, které mnohdy převyšují maximální hodnoty uváděné Swainem (1990). Pouze kvalitu jihoamerických uhlí negativně neovlivňují ani zvýšené obsahy S ani stopových a dalších prvků.

1. Úvod

V letech 1997-1999 jsme sbírali podklady k sestavení rozsáhlé databáze zastoupení síry a stopových prvků v našich a v nejdůležitějších světových hnědouhelných pánvích. Až z více než 30 000 analýz jsme vytvořili modelovou (ideální) hnědouhelnou sloj (např. Bouška-Pešek 1999), jakousi obdobu klarkových hodnot prvků zastoupených v horninách zemské kůry. Na základě ohlasu této práce a nabitých zkušeností jsme připravili projekt, který získal finanční podporu Grantové agentury AVČR (A 3111103), zaměřený na sestavení databáze našich i zahraničních ložisek černého uhlí a antracitu. Až dosud jsme shrnuli výsledky analýz popelů uhlí ze všech černouhelných pánví na území České republiky (Pešek et al. 2004 a 2005). V této práci předkládáme jeden z výsledků databáze, která vznikla shromážděním podkladů z více než stovky zahraničních publikací, které pokrývají údaje o většině významných svrchnopaleozoických, mesozoických a kenozoických černouhelných pánví celkem ve dvaceti dvou státech všech kontinentů včetně Antarktidy. Tabulárně zpracované průměrné a extrémní obsahy síry a stopových prvků nám umožnily zhodnotit rozdíly v zastoupení prvků v jednotlivých zemích.

2. Metodika sestavení databáze

V letech 2001 až 2004 jsme shromáždili velmi nerovnoměrné množství údajů – např. pouze 57 dat (zastoupení jodu v popelech uhlí), resp. až téměř 288 tisíc (popelnatost). Naši databázi jsme sestavovali s vědomím toho, že pracujeme s různorodými podklady, získanými rozdílně přesnými analytickými metodami během posledních padesáti let. Tam, kde to bylo možné, uvádíme vážené průměry obsahu prvků v popelech uhlí, medián a jejich minimální a maximální hodnoty. Při malém počtu vzorků (< 10) jsme nepovažovali za vhodné udávat geometrickou odchylku.

prvek	ppm
Ag	5 až 10
Au	0,2 až 0,5
As	8000
B	8600
Be	2800
Bi	200
Cd	80
Co	2000
Cr	1200
Cs	4
Cu	4000
Ga	6000
Ge	90000
Hg	50
I	950
In	2
La	31
Li	960
Mo	2000
Mn	22000
Nb	2
Ni	16000
Pb	1000
Pt	0,7
Rb	33
Sb	3000
Sc	400
Sn	6000
Ta	0,1
Ti	20000
Tl	25
U	600
V	11000
Y	800
Zn	10000

Při zpracování dat jsme se setkávali s řadou nejrůznějších problémů. Např. z některých ložisek nebo pánví jsme sice měli k dispozici údaje o chemicko-technologických analýzách uhlí a o obsazích prvků v popelech uhlí, ale autoři prací neuvedli počty analýz. V takovém případě jsme vycházeli z toho, že výslednou hodnotu pro určitou uhelnou sloj reprezentuje zprůměrování 10 vzorků, pro ložisko 25 vzorků a pro pánev 100 vzorků. Tento náš postup mohl nadhodnotit, nebo naopak podcenit námi využitě podklady, výrazně se však projevil především při zpracování dat ze Spojených států. Mnohdy také nebyly uváděny obsahy škodlivin, jak z důvodů utajení jejich vlivu na životní prostředí (především u států z býv. východního bloku), tak patrně z komerčních důvodů (převážně u států s rozvinutou tržní ekonomikou). Výsledkem této práce jsou tabelární přehledy (tab. 2 - 23) vážených průměrů, mediánu, minimálních a maximálních hodnot stopových prvků, síry a nejčastěji používaných parametrů: obsahy popela, prchavé hořlaviny a biogenních prvků v popelech černých uhlí a antracitů studovaných zemí, které jsou diskutovány s univerzálními hodnotami (tab. 1).

Tab. 1 Maximální obsahy vybraných stopových prvků v popelech uhlí. Sestaveno s použitím práce Krejci-Graf (1972)

Literatura

1. Bouška B., Pešek J. (1999) : Distribution of elements in the world lignite average and its comparison with lignite seams of the North Bohemian and Sokolov basins.- Folia
2. Mus. Res. Natur. Boh. Occident., Geol., 42, 50 str. Plzeň.
3. Krejci-Graf K. (1972): Trace elements in sediments, oils and allied substances.-In: R.
4. W. Fairbridge: The Encyclopedia of geochemistry and environmental sciences, 1201-1209. New York.
5. Pešek J., Sýkorová I., Michna O., Martínek K., Vašíček M. (2004): Databáze výsledků chemicko-technologických analýz, stanovení síry a stopových prvků ve svrchnopaleozoických pánvích České republiky. – Uhlí Rudy Geologický průzkum, 1/2004, 3-19.
6. Pešek J., Jelínek E., Martínek K., Sýkorová I. (2005): Stopové prvky v uhlí české části hornoslezské pánve – porovnání výsledků nových a dřívějších analýz. – Uhlí Rudy Geologický průzkum, 1/2005, 3-7.

3. Evropa

Veškerá významná černouhelná ložiska (obr. 1) s výjimkou podmoskevské a části hornoslezské pánve jsou převážně svrchnokarbonského stáří. Řada evropských pánví byla, resp. je dosud těžena již od 2. poloviny 19. století. Z tohoto důvodu je mnoho ložisek vyčerpaných, nebo lze jejich zbývající zásoby dobývat s náklady, které výrazně převyšují cenu dováženého uhlí. Proto bylo mnoho v minulosti významných ložisek, resp. pánví opuštěno. V řadě států (např. v Belgii, Bulharsku, Holandsku)

	Poč. vzorků	Váž. průměr	Median	Minimum	Maximum
Ag ppm	25	6.1	8	4	8
Al ppm	37	140500	147620	120000	160000
As ppm	12	55.5	55.7	55.1	55.9
Au ppm	37	0.19	0.2	0.07	0.3
Ba ppm	12	2100	2131	2100	2205
Br ppm	37	31.0	24	6.5	60
Ca ppm	13	24600	25520	22600	24600
Ce ppm	37	253	230	140	380
Cl ppm	37	2180	1500	1000	3900
Co ppm	37	183	230	41.5	270
Cr ppm	37	228	320	180	330
Cs ppm	37	4.3	4.9	2	6.1
Cu ppm	37	472	500	250	650
Dy ppm	37	18.9	18.6	8.1	29
Eu ppm	37	6.7	7.1	2.4	10.6
Fe ppm	24	62500	52500	32000	93000
Ga ppm	37	49.8	53	38	58
Hf ppm	37	9.3	10.3	6.6	10.8
I ppm	37	2.7	2.8	2.5	3
In ppm	37	0.4	0.5	0.2	0.6
Ir ppm	37	0.1	0.15	0.12	0.17
K ppm	24	28750	28750	24000	33500
La ppm	37	138	107	69	230
Lu ppm	37	1.5	1.8	0.9	1.9
Mg ppm	37	35400	36000	32000	38000
Mn ppm	12	940	960	930	980
Mo ppm	37	65.2	34.3	34	130
Na ppm	37	4610	4800	4000	5000
Ni ppm	37	800	780	280	1300
P ppm	37	5700	6000	4000	7000
Pb ppm	37	168	180	100	230
Sb ppm	37	14.1	14.9	5.6	21.8
Sc ppm	37	57.1	68.3	29.5	72.2
Se ppm	37	8.8	10	4	12
Si ppm	37	226300	216000	213000	251000
Sm ppm	37	27.2	31	11.6	38
Ti ppm	37	4560	4500	4200	5000
Th ppm	37	21.6	22	17.1	25.5
V ppm	37	398	460	260	470
W ppm	37	7	6	2.7	12
Yb ppm	37	9.3	9.6	5.9	12.2
Zn ppm	37	706	760	550	820

skončila veškerá těžba černouhelných ložisek. V důsledku toho vznikl v Evropě celkový deficit v krytí potřeb uhlí. Rozdíl mezi těžbou uhlí (ca 220 mil. t) a jeho spotřebou (ca 360 mil. t) činil v roce 2000 téměř 140 mil. tun.

3.1 Belgie

Belgická černouhelná ložiska jsou součástí západoevropské předhlubně, resp. západoevropského uhelného pásu. Hlavní uhlonosnost se soustřeďuje do paralického langsettu (= westphal A) a duckmantu (= westphal B) a končí v kontinentálním bolsovu (= westphal C). Nejdůležitější pánví byla pánev kempenská (obr. 1), ve které byl také uzavřen poslední belgický hlubinný důl v roce 1992. Dobývalo se převážně kvalitní nízkosíraté uhlí (S_t^d 1,1 wt % s V^{daf} 13-31 % a A^d 6-8 %) s nízkým obsahem As (tab. 2).

Tab. 2 Databáze chemicko-technologických analýz, zastoupení síry a převážně stopových prvků v popelech belgických černých uhlí. Sestaveno s použitím prací Black Ch., Dams R. (1975), Chen B. R. et al. (1986), Goodarzi F. (1988)

Řada stopových prvků vykazuje podle Blacka a Damse (1975) jak poněkud vyšší průměrné, tak maximální hodnoty (např. Ag 8 ppm, P až 7000 ppm, Sc až 72,2 ppm, Th až 25,5 ppm a Zn až 820 ppm). Neobvykle vysoké bylo zastoupení Ce (až 380 ppm), zatímco Swaine (1990) udává jeho průměrný obsah 2-70 ppm (dosud nejvyšší údaj 183 ppm popsali z Číny Chen et al. 1986). Mimořádně vysoké hodnoty byly dále zjištěny u Dy až 29 ppm (podle Swaina 1990 jsou běžné obsahy 0,1-2 ppm, prozatím nejvyšší obsahy zjistil v kanadském uhlí Goodarzi 10,88 ppm), Eu až 10,6 ppm (Swaine 1990 0,4-4 ppm), Hf až 10,8 ppm (Swaine 0,4-5 ppm), La až 230 ppm (podle Krejci-Graf 1972 max. 31 ppm - tab. 1, z Číny uvádějí Chen et al. 1986 až 92 ppm), Sm až 38 ppm (Swaine 1990 0,1-2 ppm, Eskenazi 1987 nalezla v bulharském uhlí až 19 ppm) a Yb až 12,2 ppm (Swaine 1990 zpravidla 0,3-3 ppm, z australských uhlí je znám obsah až 7,8 ppm).

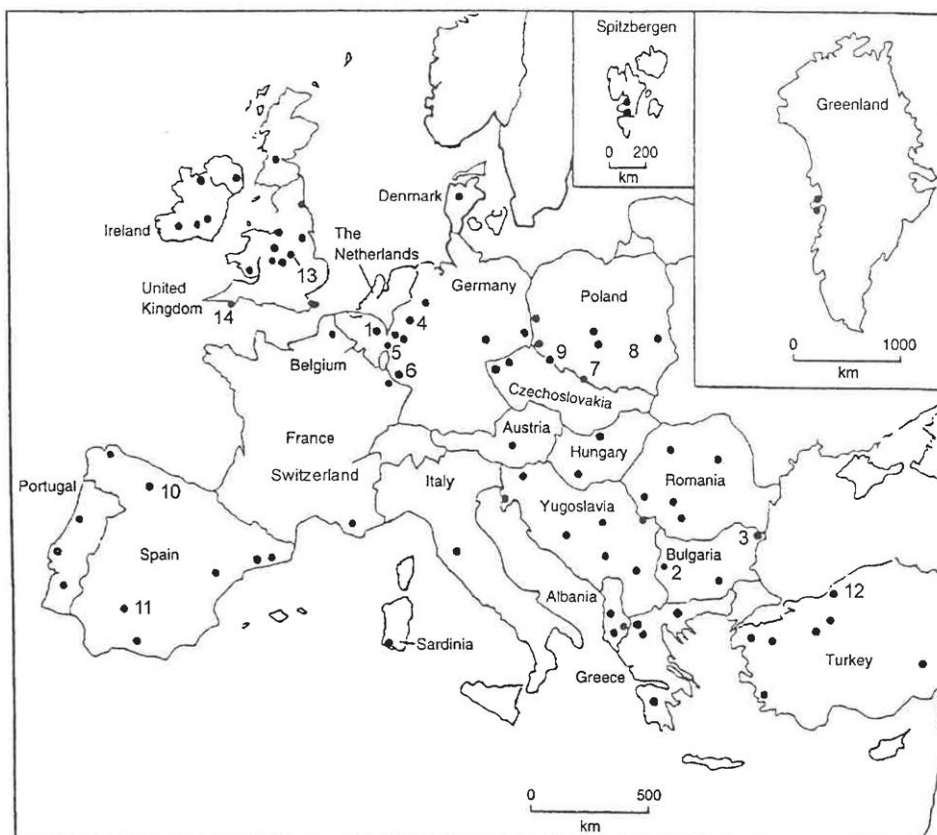
Literatura

1. Black Ch., Dams R. (1975): Inorganic composition of Belgian coals and coal ashes. - Environm. Sci. Techn., 9 145-150.
2. Goodarzi F. (1988): Elemental distribution in coal seams at the Fording coal mine, British Columbia, Canada. - Chem. Geol., 68, 129-154.
3. Chen B. R., Quian O. F., Yang Y. N., Yang S. J. (1986): Determination of trace elements from 110 coal mines in China by INAA. - Proc. 7th Conf. Modern Trends Activation Anal., 1169-1174. Copenhagen.
4. Krejci-Graf K. (1972): Trace elements in sediments, oils and allied substances. - In: R. W. Fairbridge: The Encyclopedia of geochemistry and environmental sciences, 1201-1209. New York.
5. Swaine D. J. (1990): Trace elements. - Butterworths, 278 str. London.

3.2 Bulharsko

Vesměs synorogenní pánve variscid leží na západě Bulharska. Vysoké prouhelnění permokarbonských slojí bývá dáváno do souvislosti s alpinským vrásněním. Nejdůležitější dříve těženou pánví byla pánev svogská (obr. 1) s uhlonosnou výplní westphalského stáří (především langsett a duckmant). Dobýval se vysoce sirnatý (S_t^d 3-6,2 wt %) antracit až antracitové uhlí (V^{daf} 3-6,2 %, A^d 28-38 %). Mocnost slojí zpravidla nepřesahovala 1,5 m. Poměrně rozsáhlá je pánev dobrudžská (zásoby asi 3 mld. t), známá však zatím pouze z vrtů.

Výzkumem stopových prvků zastoupených v bulharských uhlích se zabývali především Eskenazi (1982 a 1987) a Eskenazi et al. (1989 a 1994). Tato autorka se zaměřila především na prvky vzácných zemin, které většinou výrazně překračují průměrné obsahy udávané Swainem (1990) i maximální hodnoty známé jiným autorům (tab. 3). Mírně zvýšené obsahy radioaktivních prvků U až 21 ppm a Th až 18 ppm zjistili Kortenski a Bakardiev (1993). Mimořádně vysoký je i W (až 915 ppm).



Obr. 1 Mapa významných uhelných ložisek na území Evropy. L. Thomas (2002),
upraveno

Čísly jsou označena černouhelná ložiska citovaná v textu, bez čísel ostatní černouhelná a hnědouhelná ložiska bez rozlišení. 1-14 pánev: 1 – kempenská, 2 – svovská, 3 – dobružská, 4 – rúhrská, 5 – čáňská, 6 – sárská, 7 – hornoslezská, 8 – lublinská, 9 – dolnoslezská, 10 – asturská, 11 – puertollanská, 12 – zonguldakská, 13 – východopenninská, 14 – jihowaleská.

Literatura

1. Eskenazi G. M. (1982): The geochemistry of tungsten in Bulgarian coals. - Int. Journ. Coal. Geol., 2, 99-111.
2. Eskenazi G. M. (1987a): Rare earth elements and yttrium lithotypes of Bulgarian coals. - Org. Gevehem. 11, 83-89.
3. Eskenazi G. M. (1987b): Zirconium and hafnium in Bulgarian coals. - Fuel, 66, 1652-1656.
4. Eskenazi G. M., Delibaltora D.,
5. Mincheva E. (1994): Geochemistry of boron in Bulgarian coals. - Int. Journ. Coal Geol., 25, 93-110.
6. Eskenazi G., Ichnova L. (1987): Alkaline elements in Bulgarian coal deposits. - Geol. Balcan., 17, 3-23.
7. Eskenazi G., Mincheva E. (1989): On the geochemistry of strontium in Bulgarian coals. - Int. Journ. Coal Geol., 74, 265-276.

8. Kortenski J., Bakardiev S. (1993): Rare earth and radioactive elements in some coal from the Sofia, Sorge and Pernik basins, Bulgaria. - Int. Journ. Coal. Geol., 22, 237-246.
9. Swaine D. J. (1990): Trace elements in coal. - Butterworths, 278 str. London.

	Poč. vzorků	Váž. průměr	Median	Minimum	Maximum
S _t ^d %	2	0.75		0.59	0.9
A ^d %	340	26.04	21.3	1.49	88.3
Ag ppm	2	0.15		0.1	0.2
Al ppm	2	89700		56500	122900
As ppm	2	60.5		38	83
Ba ppm	2	438		276	600
Be ppm	2	3.5		2	5
Ca ppm	2	10300		6500	14100
Ce ppm	182	31.7	24	0.9	196
Co ppm	2	13		8	18
Cr ppm	2	60		38	82
Cs ppm	2	7		4	10
Cu ppm	2	80		50	110
Dy ppm	2	3.6		2.3	4.9
Eu ppm	84	1.1	0.8	0.02	5.7
Fe ppm	2	50200		31600	68700
Ga ppm	2	22.5		15	30
Ge ppm	2	1.5		1	2
Hf ppm	2	2.4		1.5	3.3
K ppm	82	7100	4000	700	26600
La ppm	86	17.7	16	0.4	75
Li ppm	70	34.6	39	9	82
Lu ppm	82	1.3	0.65	0.002	5.6
Mg ppm	2	76900		6800	147000
Mn ppm	2	950		600	1300
Na ppm	80	5400	4250	800	15100
Pb ppm	100	43.2	32	4.6	133
Sm ppm	84	9.4	6.8	0.2	45
Sr ppm	33	59.9	40	40	326
Tb ppm	84	2.4	1.3	0.1	24
Ti ppm	2	0.5		0.3	0.6
Th ppm	2	13		8	18
U ppm	2	15.5		10	21
V ppm	2	121		76	165
W ppm	212	210	4.8	1.3	915
Y ppm	2	22.5		15	30
Yb ppm	84	3.3	1.9	0.08	18.5
Zn ppm	2	210		133	290
Zr ppm	2	110		70	150

Tab. 3 Databáze zastoupení síry a převážně stopových prvků v popelech bulharských černých uhlí. Sestaveno s použitím prací Eskenazi G. M. (1982), Eskenazi G. M. (1987a), Eskenazi G. M. (1987b), Eskenazi G. M. et al. (1994), Eskenazi G., Ichnova L. (1987), Eskenazi G., Mincheva E. (1989), Kortenski J., Bakardiev S. (1993)

3.3 Německá spolková republika

Německo patřilo ve 2. polovině minulého století mezi nejvýznamnější těžaře černého uhlí v Evropě. Koncem 50. let se zde dobývalo téměř 150 mil. t této suroviny ročně. Od té doby těžba stále klesá. V roce 2005 se očekává, že se bude pohybovat okolo 30 mil. t. Nejdůležitější pánví je rozsáhlá pánev rúhrská, která spolu s cášskou pánví (obr. 1) je součástí tzv. západoevropského uhelného pásu. Ten vznikl ve variské předhlubni, táhnoucí se téměř bez přerušení z Francie až do hornoslezské pánve. Hlavní uhlonosnost se v západoevropských pánvích koncentruje do paralicky vyvinutého langsettu a duckmantu. V rúhrské pánvi se dobývá poměrně kvalitní koksovatelné i energetické uhlí s obsahem S_t^d 0,5-2,1 wt %, V^{daf} 10-30 % a A^d průměrně 17,4 % (3,6-73,8 %). Mezi významné německé pánve patřila také synorogenně vyplňovaná vnitrohorská sárská pánev s ryze kontinentální uhlonosnou výplní. Nejdůležitější sloje v této pánvi leží v bolsovu a asturu (= westphal D). V bývalém západním Německu a na území býv. NDR leží ještě několik dalších méně významných svrchnopaleozoických pánví.

	Poč. vzorků	Váž. průměr	Median	Minimum	Maximum
W_t^r %	1	10.1			
C^{daf} %	40	51.49	50.88	50.88	75.3
H^{daf} %	40	3.75	3.58	3.58	10.3
N^{daf} %	40	0.48	0.44	0.44	2.1
O^{daf} %	39	3.25	3.25	3.25	3.25
V^{daf} %	40	2.49	0.52	0.52	79.2
S_t^d %	40	1.26	1.24	1.24	2.1
A^d %	228	17.42	16.1	3.6	73.8
Ag ppm	217	2.6	1.7	0.6	12
As ppm	217	818	640	25	3000
B ppm	12	600	252	25	2500
Be ppm	105	95.1	60	12	310
Ca ppm	13	250	250	250	250
Co ppm	218	86.2	80	5	330
Cu ppm	180	229	130	25	3200
Ga ppm	202	202	200	23	530
Ge ppm	178	72.5	9	3	420
Mn ppm	52	171	100	100	500
Mo ppm	219	34.5	29	6	110
Ni ppm	219	139	110	20	550
Pb ppm	219	907	470	60	4800
Sn ppm	211	14.7	14	4	42
V ppm	219	137	160	10	300
Zn ppm	219	799	660	50	5100

Z dostupných analýz (tab. 4) vyplývá, že v porovnání s maximálními hodnotami uváděnými (tab. 1) Krejci-Grafem (1972) je v popelu německých uhlí o něco vyšší obsah Ag (až 12 ppm) a výrazně vyšší Pb (až 4800 ppm). Zvýšené jsou také obsahy As, B, Be, Co, Cu, Ga, Ge, Ni, V a Zr (Leutwein - Rösler 1956 a Kirsch et al. 1980).

Tab. 4 Databáze chemicko-technologických analýz, zastoupení síry a převážně stopových prvků v popelech německých černých uhlí. Sestaveno s použitím prací Kirsch V. H. et al. (1980), Leutwein F., Rösler H.J. (1956).

Literatura

1. Kirsch V. H., Schirmer U., Schwarz G. (1980): Die Herkunft der Spurelemente Zink, Cadmium und Vanadium in Steinkohlen und ihr Verhalten bei der Verbrennung. – VGB. Kraftwerkstechnik, 60, 814-824.
2. Krejci-Graf K. (1972): Trace elements in sediments, oils, and allied substances. – In: R. W. Fairbridge: The Encyclopedia of geochemistry and environmental sciences, 1201-1209. New York.
3. Leutwein F., Rösler H.J. (1956): Geologische Untersuchungen an Paleozoischen und Mesozoischen Kohlen Mittel – und Ostdeutschland. – Freiburger Forschungshefte, C 19, 1-196.

3.4 Polsko

Polsko je významnou uhelnou velmocí, přesto že se zde roční těžba černého uhlí snížila z téměř 200 mil. tun (počátkem 80. let minulého století) asi na polovinu. Hornoslezská a lublinská pánev náleží k pánvím předhlubňového typu. Je tvořena paralickými a kontinentálními sedimenty s maximální uhlonosností v namuru. Produktivní uhlonosnou výplň dolnoslezské pánve řadíme k synorogenním vnitrohorským pánvím variscid (obr. 1). Nejdůležitější je nepochybně polská část hornoslezské pánve. Namurské a westphalské uložení obsahují až 450 slojí, z nich asi 100 je, resp. bylo dobýváno. Jejich průměrná mocnost je 1,5-2 m, ekvivalent sloje Prokop bývá 7-9 m mocný. Prouhelnění slojí stoupá od V (černouhelné hemitypy) k Z (antracitové uhlí až antracity). Obsah síry kolísá (S_t^d zpravidla 0,9-1,8 wt %, V^{daf} 3-35,8 %, A^d 8,7-58,6 %).

Z polských pánví byly Jeczalikem (1970) publikovány pouze výsledky výzkumu zastoupení U (tab. 5) v popelech uhlí (7 - 9 900 ppm), což je mnohonásobně vyšší hodnota než max. množství (600 ppm) uvedené Krejci-Grafem (1972). Wawrzyńkiewicz-Sablik (2002) se zabývali zastoupením organické síry v uhlí této pánve.

	Poč. vzorků	Váž. průměr	Median	Minimum	Maximum
H^{daf} %	7	4.54		3.9	4.9
A^d %	21	24.42	17.2	8.67	58.55
U ppm	14	2710	815	7	9900

Tab. 5 Databáze chemicko-technologických analýz, zastoupení síry a uranu v popelech polských černých uhlí. Sestaveno s použitím prací Jeczalik A. (1970), Wawrzyńkiewicz W., Sablik J. (2002)

Literatura

1. Jeczalik A. (1970): Geochemia uranu w uranonósznych węglach kamienych w Polsce. - *Buil. Inst. Geol.*, 224, 104-204.
2. Krejci-Graf K. (1972): Trace elements in sediments, oils, and allied substances. - In: R. W. Fairbridge: *The Encyclopedia of geochemistry and environmental sciences*, 1201-1209. New York.
3. Wawrzyńkiewicz W., Sablik J. (2002): Organic sulfur in the hard coal of the stratigraphic layers of the Upper Silesian Basin. - *Fuel*, 81, 1889-1895.

	Poč. vzorků	Váž. průměr	Median	Minimum	Maximum
S _t ^d %	18	4,45	1,4	0,61	36,52
S _p ^d %	13	0,55	0,44	0,1	1,31
S _{SO4} ^d %	13	0,1	0,08	0,02	0,25
A ^d %	13	23,96	22,41	11,4	37,78
Al ppm	21	30500	22400	5000	76500
As ppm	18	30,6	17,5	4	161
B ppm	18	92,2	65	21,9	260
Ba ppm	21	176	142	21,4	387
Be ppm	18	3,5	4	0,4	8
Bi ppm	13	0,4	0,2	0,1	1,3
Ca ppm	21	23200	7800	500	160900
Cd ppm	18	1,1	0,9	0,1	2,8
Ce ppm	18	43,8	24,6	4,8	385,6
Co ppm	18	9,3	7,25	1,6	24
Cr ppm	21	32,5	23	5,2	79
Cs ppm	18	12,8	5	0,6	43
Cu ppm	21	28,7	20	5,4	111
Dy ppm	18	2,9	2	0,4	16,4
Er ppm	18	1,2	0,8	0,2	5,8
Eu ppm	13	0,61	0,6	0,2	1
F ppm	69	155	123	11	364
Fe ppm	21	42300	13900	3300	293000
Ga ppm	18	8,8	8	2	23,9
Gd ppm	13	2,9	2,8	1,1	4,3
Ge ppm	18	14,0	10	0,7	56
Hf ppm	13	1,6	1,7	0,8	2,8
Ho ppm	17	0,44	0,3	0,1	2
K ppm	21	5200	6900	800	10100
La ppm	18	18,9	10,9	2,2	147,7
Li ppm	18	28,4	21,25	4,2	131
Lu ppm	16	0,26	0,2	0,1	0,7
Mg ppm	21	2800	2400	100	6900
Mn ppm	21	230	106	6	1482
Mo ppm	18	13,8	3,5	1	103
Na ppm	21	1720	1300	200	6400
Nb ppm	16	5,3	4,5	2	11
Nd ppm	18	20,7	11,8	2,6	174
Ni ppm	21	36,8	32	7,6	107

3.5. Španělsko

Nejdůležitější španělskou svrchnopaleozoickou černouhelnou pánví je pánev asturská. Tato pánev je součástí předhlubně variscid na SZ Španělska (obr. 1). Středně prouhelné až antracitové sloje vznikaly v paralické pánvi především v langsettu, resp. v bolsovu až asturu. Mocnost místy silně zvrásněných slojí se nejčastěji pohybuje okolo 1 m, pouze výjimečně je větší. Uhlí je většinou středně sirnaté s obsahem popela (A^d) kolem 11-38 %. Na jižních svazích Kantaberského pohoří a dále na jihu leží řada dalších větších či menších pánví. Jednou z nich je pánev v okolí Puertollana. V roce 2000 se ve Španělsku vytěžilo 13,2 mil. t černého uhlí (Thomas 2002).

V posledních deseti letech bylo uveřejněno několik prací, jejichž autoři studovali zastoupení stopových prvků v karbonských slojích (např. Martinez-Tarazona et al. 1994, Querol et al. 1996 a Alastuey et al. 2000).

P ppm	57	351	254	33	5600
Pb ppm	21	131	40	2	777
Pr ppm	18	5,2	3,05	0,6	43,3
Rb ppm	21	36,3	34,8	2	106
Sb ppm	18	31,2	9	0,3	149
Si ppm	16	80200	79000	21700	152700
Sm ppm	13	2,6	2,4	0,9	4,2
Sn ppm	18	2,3	2	1,5	3
Sr ppm	21	225	70	6	2212
Ta ppm	17	0,6	0,6	0,1	1,7
Tb ppm	18	0,61	0,5	0,1	3
Ti ppm	21	957	500	0,29	6900
Th ppm	18	6,3	4	1,1	41,9
Tl ppm	18	0,9	0,65	0,1	2,9
Tm ppm	15	0,2	0,2	0,1	0,4
U ppm	18	5,7	2,4	0,5	20,5
V ppm	21	51,3	42	13	127
W ppm	18	3,5	3	0,37	11
Y ppm	21	13,4	12	1,7	51
Yb ppm	18	1,2	1,15	0,2	5,1
Zn ppm	21	211	127	32,5	842
Zr ppm	21	34,8	23	4,2	109

Tab. 6 Databáze zastoupení síry a převážně stopových prvků v popelech španělských černých uhlí. Sestaveno s použitím prací Alastuey A. et al. (2000), Chen B. R. et al. (1986), Martinez-Tarazona M. R. et al. (1994)

Uhelné sloje obsahují bohaté spektrum prvků, z nichž některé, např. Ce až 385,6 ppm (max. 183 ppm Chen et al. 1986) Cs až 43 ppm, La až 147,7 ppm, Rb až 106 ppm převyšují nejvyšší známé hodnoty uvedené Krejci-Grafem (1972), resp. Swainem (1990). Řada dalších prvků, jako např. As, B, F, P, Sm, Sr, Ti a Zn vykazují v některých vzorcích výrazně zvýšené zastoupení (tab. 6).

Literatura

1. Alastuey A., Jiménez A., Plana F., Querol X., Suárez-Ruiz R.L. (2000): Geochemistry, mineralogy and technology properties of the main Stephanian (Carboniferous) coal seams from the Puertollano basin, Spain. - Int. Journ. Coal Geol., 45, 247-265.
2. Chen B. R., Quian O. F., Yang Y. N., Yang S. J. (1986): Determination of trace elements from 110 coal mines in China by INAA. - Proc. 7th Conf. Modern Trends Activation Anal., 1169-1174. Copenhagen.
3. Krejci-Graf K. (1972): Trace elements sediments, oils, and allied substances. - In: R.W. Fairbridge: The Encyclopedia of geo-chemistry and environmental sciences, 1201-1209. New York.
4. Martinez-Tarazona M.R., Suárez-Ferdinandez G.P., Cardin J.M. (1994): Fluorine in Austurian coals. - Fuel, 73, 1209-1213.
5. Swaine D. J. (1990): Trace elements in coal. - Butterworths, 278 str. London.
6. Thomas L. (2002): Coal geology. - John Wiley & sons, Ltd., 384 str. Chichester.

3.6 Švýcarsko

Ze Švýcarska je známo několik malých ložisek antracitu spodnostephanského a eocenního stáří. Svrchnokarbonské sedimenty jsou součástí obalu masívů Mont Blanc a Gotthard (vnější zóna západních Alp), resp. náleží též k tzv. vnitřní zóně západních Alp. Pokud se tato ložiska dobývala, vytěžilo se v nich ročně vesměs jen několik desítek tisíc tun antracitu ze slojí s nestálou mocností a silně tektonicky postižených.

Zastoupením stopových prvků se zabývali Hugi et al. (1993). Z jejich práce vyplývají mírně zvýšené obsahy Ce a Ti (tab. 7). Pouze Rb je o něco vyšší než maximální hodnota

udávaná Krejci-Grafem (1972), ale podle Swaine et al. (1990) řada australských, belgických, brazilských, čínských, nigerijských černouhelných slojí a slojí ve Velké Británii a ve Spojených státech vykazovala až více než 20 x vyšší obsahy tohoto prvku.

	Poč. vzorků	Váž. průměr	Minimum	Maximum
S _t ^d %	1	1.33		
S _p ^d %	1	0.17		
S _{SO₄} ^d %	1	0.38		
A ^d %	6	31.83	9	90.8
Ag ppm	4	0.2	0.08	0.6
Al ppm	1	16100		
As ppm	6	14.9	0.7	33
Au ppm	3	0.01	0.003	0.011
B ppm	6	26.8	5	60
Ba ppm	6	288	42	1009
Be ppm	6	3.0	0.4	8
Br ppm	4	38.5	2	145
Ca ppm	1	700		
Cd ppm	6	0.2	0.022	0.8
Ce ppm	1	13.9		
Cl ppm	4	1290	82	4809
Co ppm	6	9.5	3	18
Cr ppm	6	28.8	4.1	90
Cs ppm	6	4.8	1.2	10
Cu ppm	6	28.3	11	66
Dy ppm	1	1.4		
Er ppm	1	0.7		
Eu ppm	1	0.3		
Fe ppm	1	3600		
Ga ppm	6	11.0	2	37
Gd ppm	1	1.3		
Ge ppm	6	3.7	0.3	12
Hf ppm	6	1.1	0.11	3.8
Ho ppm	1	0.1		
K ppm	1	5400		
La ppm	1	7.1		
Li ppm	1	12.0		
Lu ppm	1	0.2		
Mg ppm	1	1100		
Mn ppm	6	282	9	1270
Mo ppm	6	9.7	0.9	15
Na ppm	2	906	11	1800
Nb ppm	1	6.0		
Nd ppm	1	5.5		
Ni ppm	6	28.3	15	50

Literatura

1. Hugi T., Fardy J. J., Morga N. C., Swaine D. J. (1993): Trace elements in some Swiss coals. - Journ. Proc., Royal Soc. New South Wales, 126, 27-36.
2. Krejci-Graf K. (1972): Trace elements sediments, oils, and allied substances. - In: R. W. Fairbridge: The Encyclopedia of geochemistry and environmental sciences, 1201-1209. New York.
3. Swaine D. J. (1990): Trace elements in coal. - Butterworths, 278 str. London.

P ppm	6	272	80	800
Pb ppm	6	26.4	8.6	51
Pr ppm	1	1.7		
Rb ppm	1	36.0		
Sb ppm	6	12.9	2.1	61
Sc ppm	5	7.7	0.7	24
Se ppm	4	1.8	0.65	4
Si ppm	1	49200		
Sm ppm	1	1.2		
Sn ppm	6	2.4	0.3	7
Sr ppm	1	22.0		
Ta ppm	5	0.6	0.036	1.8
Tb ppm	1	0.3		
Ti ppm	6	1270	120	4820
Th ppm	6	6.0	0.51	21
Tl ppm	4	0.9	0.5	1.4
Tm ppm	1	0.2		
U ppm	5	2.8	0.34	5.8
V ppm	6	65.3	8.9	155
W ppm	5	8.4	1.8	31
Y ppm	6	21.8	8	70
Yb ppm	1	0.8		
Zn ppm	6	48.8	2.5	104
Zr ppm	5	47.6	9	150

Tab. 7 Databáze zastoupení síry a převážně stopových prvků v popelech švýcarských černých uhlí. Sestaveno s použitím práce Hugli T. et al. (1993)

3.7 Turecko

Turecko má prakticky jediné černouhelné ložisko (obr. 1). Zonguldakská pánev je synorogenně vyplňovaná vnitrohorská pánev ležící uvnitř variscid. Tvoří ji produktivní paralické sedimenty spodního namuru a dále uhlonosné jednotky středního namuru až stephanu. Pánev byla zvrásněna jak v permokarbonu, tak během alpinské orogeneze. Sloje jsou 1 m až (výjimečně) 10 m mocné s vyšším obsahem popela, prouhelněné do černouhelné hemi až ortofáze. Ročně se zde vytěží zpravidla méně než 2 mil. t koksovatelného i energetického uhlí.

Jediné dostupné analýzy (tab. 8) pocházejí od Karayigita et al. (2000). Ačkoliv např. Matveev (1966) charakterizuje uhlí této pánve jako nízko až středně sirnaté, výše uvedenými autory byly získány velmi odlišné hodnoty (S_t^d průměrně 8,05 wt %). Mimořádně vysoké jsou i obsahy As (průměrně 893 ppm, max. 1351 ppm), poněkud vyšší hodnoty byly zjištěny dále především u Cr, Cs, Ni, Rb (43 ppm převyšuje maximální obsah udávaný Krejci-Grafem 1972), Sb, Sm, Ti, U (až 110 ppm) a V (tab. 8).

Literatura

1. Karayigit A., Spears D., Booth C. A. (2000): Antimony and arsenic anomalies in the coal seams from the Gokler coalfield, Gediz, Turkey. – Int. Journ. Coal. Geol., 44, 1-17.

2. Krejci-Graf K. (1972): Trace elements sediments, oils, and allied substances. - In: R. W. Fairbridge: The Encyclopedia of geo-chemistry and environ-mental sciences, 1201- 1209. New York.
3. Mateev A. K. (1966): Ugol'nye mestoroždenija zarubežnych stran. – Izd. Nedra, 460 str. Moskva.

	Poč. vzorků	Váž. průměr	Median	Minimum	Maximum
V ^{daf} %	90	34.08	34.1	33.2	35.8
S _t ^d %	90	8.05	7.94	7.41	8.64
Al ppm	90	12400	12900	7400	18000
As ppm	90	893	833	651	1351
Ba ppm	90	94.8	87	36	169
Br ppm	90	2.6	2.4	1.5	3.8
Ca ppm	90	18700	17200	12400	29200
Ce ppm	90	17.8	19	12	26
Cr ppm	90	117	121	90	157
Cs ppm	90	17.2	18	8.2	28
Cu ppm	90	27.7	28	24	32
Fe ppm	90	35600	32500	28000	42500
Ga ppm	90	4.9	5	3.4	6.4
Ge ppm	90	22.0	21	18	29
Hf ppm	90	2.0	1.9	1.2	2.6
K ppm	90	3670	3800	2000	5200
La ppm	90	8.6	9.2	6.3	13
Mg ppm	90	2050	2000	1200	2800
Mn ppm	90	68	64	41	104
Mo ppm	90	35.6	35	29	39
Ni ppm	90	289	296	228	334
Pb ppm	90	9.8	9.9	7.6	12
Rb ppm	90	29.1	30	15	43
Sb ppm	90	168	134	23	388
Se ppm	90	0.7	0.7	0.6	0.9
Si ppm	90	39600	40100	28100	48100
Sm ppm	90	7.4	7.8	4.9	11
Sr ppm	90	124	125	97	144
Ti ppm	90	766	800	500	1100
Th ppm	90	4.3	4.4	2.4	6.1
Tl ppm	90	10.4	8.5	1.4	23
U ppm	90	81.2	82	63	110
V ppm	90	121	124	92	152
Y ppm	90	10.9	11	8.3	14
Zn ppm	90	38.5	36	25	59
Zr ppm	90	28.0	28	15	35

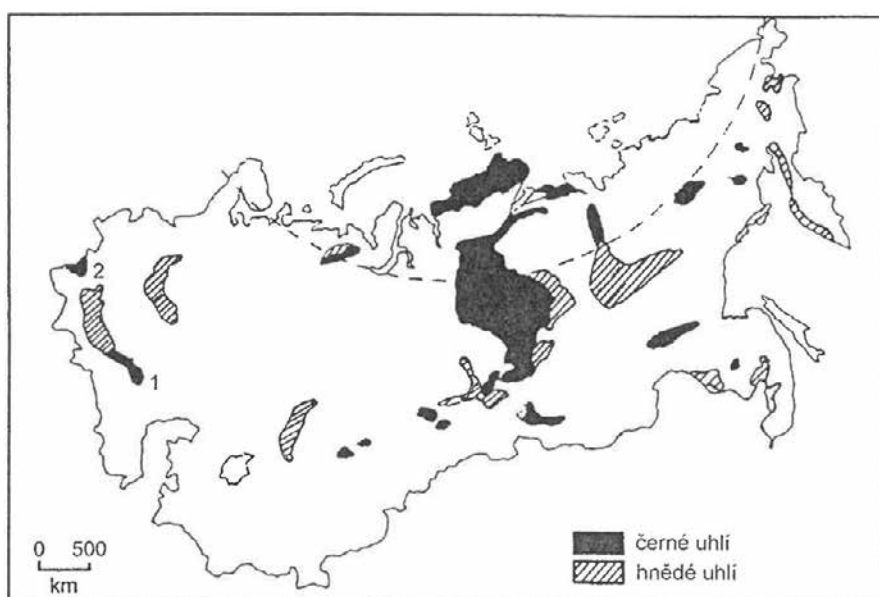
Tab.8 Databáze obsahu prchavé hořlaviny, zastoupení síry a převážně stopových prvků v popelech tureckých černých uhlí. Sestaveno s použitím práce Karayigit A. et al. (2000)

3. 8 Ukrajina

Na Ukrajině leží dvě černouhelné pánve – doněcká, která menší částí patří také Rusku, a málo významná pánev lvovsko-volyňská, o kterou se Ukrajina dělí s Polskem (obr. 2). Doněcká pánev byla jednou z nejdůležitějších pánví býv. Sovětského svazu.

V roce 1961 se v ní vytěžilo asi 160 mil. tun kvalitního koksovatelného i energetického uhlí. V posledních dvou desetiletích těžba postupně klesala až na 62 mil. t v roce 1999. Doněcká pánev vznikla při západním okraji východoevropské (ruské) platformy. Pánev má proto přechodný charakter. Část jejích zásob leží na platformně a uhelné sloje jsou prouhelněny (při severozápadním okraji pánve) pouze do hnědouhelné meta fáze až černouhelné hemifáze, zbývající část je součástí výplně předhlubně se slojem prouhelněnými až do antracitového stádia (na JV). Hlavní uhlonosnost je soustředěna do langsettu až asturu (westphal). Uhelné sloje výjimečně dosahují mocnosti až 8,5 m. Část slojí vykazuje zvýšené obsahy S_p^d 1,5-3,5 wt % při V^{daf} 4-41 %.

Z ukrajinské části doněcké pánve máme k dispozici pouze jedinou neúplnou analýzu popela uhlí, ve které jsou nepatrně zvýšené obsahy As a Hg (tab. 9).



Obr. 2 Mapa významných uhelných ložisek na území býv. Sovětského svazu.

L. Thomas (2002), upraveno

Čísly jsou označena černouhelná ložiska citovaná v textu, bez čísel ostatní černouhelná a hnědouhelná ložiska bez rozlišení. 1-2 pánev: 1 – doněcká, 2 – Ilovsko-volyňská

	Poč. vzorků	ppm
As	1	32.7
Be	1	2.5
Cd	1	0.8
Hg	1	0.8
Mn	1	88.9
Pb	1	9.5
Se	1	6.8
Th	1	11.7

Literatura

1. Kizilshtein L. Y., Kholodkov Y. L. (1999): Ecologically hazardous elements in coals of the Donets basin. – Inter. Journ. Coal Geol., 40, 189-197.

Tab. 9 Databáze vybraných stopových prvků v popelech ukrajinských černých uhlí. Sestaveno s použitím práce Kizilshtein L. Y., Kholodkov Y. L. (1999)

3.9 Velká Británie

Asi polovinu území Velké Británie pokrývají produktivní svrchnokarbonské sedimenty. Pánve jižní a střední Anglie a jižního Walesu vznikaly v předpolí armorické větve variscid, zbývající pánve na S Anglie a na J Skotska reprezentují uloženiny vnitrohorských depresí s nepatrným vlivem moře, které do nich pronikalo z předhlubně variscid na J. Nejproduktivnější jsou v převážné části Velké Británie sedimenty langsettu a duckmantu. V současné době nejdůležitější britskou pánví je pánev východopenninská jjv od Leedsu, v níž se exploatuje uhlí s obsahem S_t^d 0,8-4 wt % a V^{daf} 29-37 % (Walker 2000). Ve Velké Británii se nyní dobývá ročně méně než

40 mil. t koksovatelného uhlí a uhlí pro energetické účely. Těží se jak hlubinně, tak v řadě převážně menších povrchových dolů. Na sz jihowaleské pánve se dobývá i antracit (obr. 1). Nejvyšší celkové hmotnosti vydobytého uhlí dosahovaly britské doly ve druhé dekádě minulého století (cca 290 mil.t). Od té doby vytěžené množství této komodity poměrně strmě klesá.

V porovnání s údaji Krejci-Grafa (1972) mají britská černá uhlí obsah Rb až 5x vyšší než jím udávaná nejvyšší hodnota. I když průměrné hodnoty řady dalších prvků (tab. 10) nejsou vysoké, maximální zjištěné obsahy As, B, Be, Cl, Co, Cu, Mo, Nd, Ni, P, Pb, Sm, Sr, Ti, V a Zn nejsou rozhodně zanedbatelné (tab.10).

	Poč. vzorků	Váž. průměr	Median	Minimum	Maximum
W_t^r %	24	4.97	5.1	0.7	13.3
C^{daf} %	27	85.07	84.3	79.5	95.2
H^{daf} %	27	5.05	5.1	2.9	5.9
N^{daf} %	27	1.69	1.7	1	2.1
O^{daf} %	25	6.79	7.7	0.3	12
V^{daf} %	225	16.83	15.5	0.76	37.6
R_0 %	2	0.9		0.84	0.95
S_t^d %	72	2.52	0.97	0.4972	11.1
S_p^d %	52	1.97	1.07	0.02	8.68
$S_{SO_4}^d$ %	1	0.06			
S_o^d %	24	0.82	0.77	0.33	1.37
A^d %	327	6.13	4.9	1.8	50.3
Ag ppm	6	0.1		0.1	0.1
Al ppm	26	7520	5600	2400	25500
As ppm	102	51.6	9.85	0.5	783.6
B ppm	222	234.0	201	27	3107
Ba ppm	44	144	72.5	7.8	640
Be ppm	219	37.1	35.5	17.3	117
Bi ppm	72	0.2	0.1	0.1	3.5
Br ppm	26	73.1	49.7	3.8	195
Ca ppm	24	2025	2000	400	5000
Cd ppm	4	0.1		0.1	0.1
Ce ppm	35	14.8	8.05	2	62
Cl ppm	24	4360	3650	100	14600
Co ppm	223	327	280	0.4	448
Cr ppm	58	29.1	18	2	200
Cs ppm	7	1.1		0.056	2.9
Cu ppm	326	345	492	5.7	770
Eu ppm	2	0.35		0.285	0.417
Fe ppm	26	6630	4400	500	23200
Ga ppm	235	43.5	50	0.6	51
Ge ppm	24	5.0	4.5	0.3	15
Hf ppm	22	1.1	0.8	0.229	3.3
Hg ppm	1	0.5			
I ppm	18	2.2	1.8	0.2	10
In ppm	2	0.2		0.1	0.2

Literatura

- 1 Davies M. M., Bloxam T. W. (1974): The geochemistry of some South Wales Coals. - Univ. Wales Press 225- 261.
- 2 Folwer R., Gayer R. A. (1999): The association between tectonic deformation, inorganic composition and coal rank in the bituminous coal from the South Wales coalfield,

K ppm	24	1970	900	100	7000
La ppm	25	8.5	4.91	2.8	60
Lu ppm	2	0.06		0.05	0.067
Mg ppm	24	537	400	100	2200
Mn ppm	11	223	100	100	750
Mo ppm	324	165	211	0.4	1100
Na ppm	26	855	700	200	2200
Nb ppm	19	3.3	1.5	0.3	17
Nd ppm	15	9.9	8.7	4.3	22
Ni ppm	344	542	741	4.2	1500
P ppm	24	274	62.5	4	1930
Pb ppm	344	263	338	3.1	1100
Pr ppm	5	2.3		0.9	3.3
Rb ppm	44	13.5	5.5	0.1	165
Sb ppm	2	1.2		1.08	1.23
Sc ppm	2	2.5	2.49	1.75	3.23
Se ppm	26	1.7	1.5	0.6	5.5
Si ppm	24	10100	7100	2600	49600
Sm ppm	25	3.7	3.3	0.8	7.8
Sn ppm	220	20.2	16.85	3	130
Sr ppm	45	118	46	1	636
Ta ppm	13	1.6	1.4	0.057	4.3
Tb ppm	2	0.2		0.191	0.256
Ti ppm	24	313	200	100	1100
Th ppm	10	2.7	2.5	0.956	6
Tl ppm	21	0.75	0.6	0.1	3.5
U ppm	82	2.9	0.4	0.1	36.6
V ppm	266	245	266	1	379
W ppm	20	15.5	15.5	0.29	38
Y ppm	26	9.0	5.2	2.5	60
Yb ppm	2	0.5		0.44	0.56
Zn ppm	328	250	287	1.7	900
Zr ppm	28	26.0	8.85	2	220

Tab. 10 Databáze chemicko-technologických analýz, zastoupení síry a převážně stopových prvků v popelech černých uhlí na území Velké Británie. Sestaveno s použitím prací Davies M. M., Bloxam T. W. (1974), Folwer R., Gayer R. A. (1999), Gayer R. A. et al. (1999), Chatterjee P. K., Pooley F. D. (1977), Lyons P. C. et al. (1989), Spears D. A., Martinez-Tarazona M. R. (1993), Spears D. A., Zheng Y. (1999)

United Kingdom. - Int. Journ. Coal Geol., 42, 1-31

3. Gayer R. A., Rose M., Dehmer J., Shao L. Y. (1999): Impact of sulphur and trace element geochemistry on the utilization of a marine-influenced coal – case study from the South Wales Variscan foreland basin. - Int. Journ. Coal Geol., 40, 151-174.
4. Chatterjee P. K., Pooley F. D. (1977): An examination of some trace elements in South Wales Coals. - Proc. Australas. Inst. Min. Metall., 263, 19-30.
5. Lyons P. C., Palmer C. A., Bostick N. H., Fletcher J. D., Dulong F. T., Brown F. W., Brown Z. A., Krasnow M., R., Romankiw A. A. (1989): Chemistry and origin of minor and trace elements in vitrinite concentrates from a rang series from the eastern United States, England and Australia. - Int. Journ. Coal Geol., 13, 481-527.
6. Spears D. A., Martinez-Tarazona M. R. (1993): Geochemical and mineralogical characteristics of a power station feed-coal, Eggborough, England. - Int. Journ. Coal Geol., 22, 1-20.
7. Spears D. A., Zheng Y. (1999): Geochemistry and origin of elements in some UK coals. - Int. Journ. Coal Geol., 38, 161-179.
8. Walker S. (2000): Major coalfields of the world. - Gemini House, 131 str. London.