

ZHODNOCENÍ ENERGETICKÉHO POTENCIÁLU ČERNÝCH BŘIDLIC REPUBLIKY BURKINA FASO A VLIVU JEJICH SPALOVÁNÍ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Evaluation of black shales as a source of energy in Burkina Faso and environmental impacts of their possible combustion (West Africa)

JAN PAŠAVA¹ – BOHDAN KŘÍBEK¹ – URBAIN WENMENGA² – PETR BEZUŠKO¹ – ILJA KNÉSL¹

¹ Česká geologická služba, Klárov 3/131, 118 21 Praha 1

² University of Ouagadougou, Ouagadougou, Burkina Faso

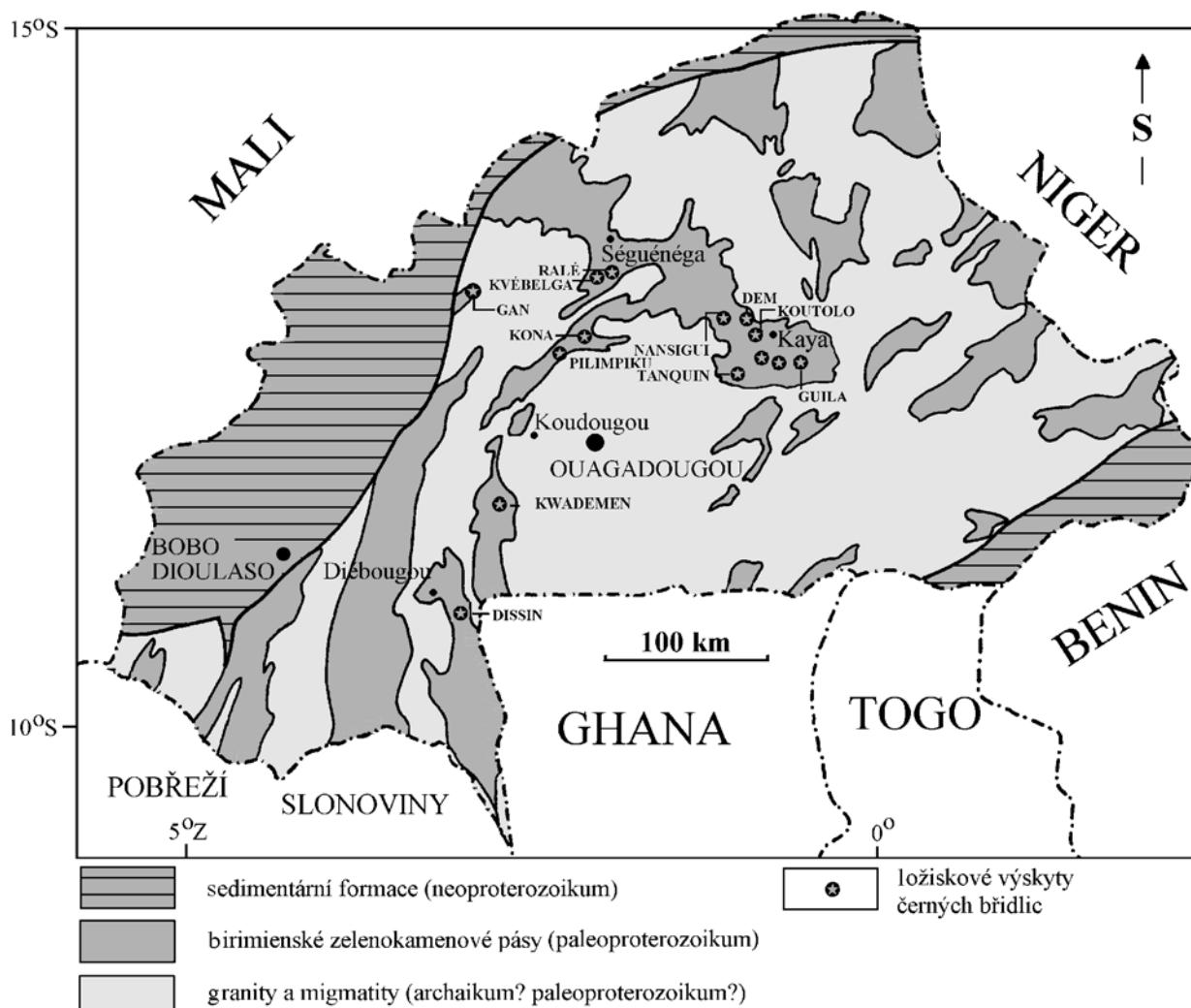
Key words: Burkina Faso, black shale, energy source, environmental impacts, combustion

Abstract: In 2001, Czech Geological Survey in Prague carried out a project entitled **Evaluation of black shales as a source of energy and environmental impacts of their possible combustion (Burkina Faso, West Africa)**. This two-year project is a part of the Czech Technical Assistance Program to developing countries. The results of coal petrographic, X-ray diffraction and Raman microscopy studies indicate two types of organic matter. The first group of samples is represented by low altered organic matter corresponding to anthracite. These facies can be considered as a

potential energetical raw material. The second group of samples is characterized by relatively highly altered organic matter which corresponds to semigraphite. These black shales could possibly become a source of "amorphous" graphite suitable for foundry industry.

ÚVOD

V posledních deseti letech byla republika Burkina Faso (západní Afrika) zařazena mezinárodními finančními institucemi mezi africké země s perspektivním potenciálem ne-



Obr. 1. Schematická geologická mapa Burkiny Faso s vyznačením významných lokalit černých břidlic z nichž některé byly studovány v průběhu 1. etapy terénních prací.

Tabulka 1. Přehled navštívených ložiskových výskytů černých břidlic, stručná charakteristika a počet odebraných vzorků.

region	ložiskový výskyt	stručná charakteristika	počet odebraných vzorků
Kaya	Dem	polohy černých břidlic o mocnostech 5–50 m, sledovatelné stovky metrů	13
	Koutolo	poloha černých břidlic cca 30 m mocná, směrná délka 100 m	8
	Nansiqui	výchoz černých břidlic, 2–3 m	3
	Salagui	polohy černých břidlic do 2 m mocné v rámci výchozu 30–50 m	8
Koudougou	Kona	pásma černých břidlic o mocnosti 4–15 m sledovatelné na desítky metrů	5
	Pilimpiku	výchozy černých břidlic a Mn-tufů o mocnosti černých břidlic 1–3 m, směrná délka 2 km	5
	Kwademen	vrty S8 a S9, mocnost černých břidlic 1–35 m	28
Sequénega	Kelba (Kvébélga)	výchoz černých břidlic 6–20 m	1
	Ralé	výchoz černých břidlic 6–8 m	1
Diébougou	Dissin	pásma černých břidlic o mocnosti do 5–10 m, směrná délka do 300 m	2
Niankoré	Gan	polohy černých břidlic o mocnosti 4–24 m, směrná délka 1 km	2

rostných surovin. Jedním z hlavních problémů republiky Burkiny Faso je nedostatek energetických surovin, což způsobuje, že jsou v této zemi ceny energie nejvyšší na celém afričkém kontinentu. To limituje nejen hospodářský rozvoj této republiky, ale přináší i řadu problémů v oblasti ochrany životního prostředí. Rozsah odlesnění a s ním spjaté dezertifikace v Burkině Faso již dosáhl rozměru, kdy původní vegetace je zachována pouze v plošně omezených národních parcích. I ty jsou však oblastí ilegální těžby dřeva.

Proto jednou z důležitých priorit deklarovaných burkinskou vládou v materiálu nazvaném *Examen des politiques, stratégie et programmes du sous-secteur énergétique traditionnel* (Ouagadougou, duben 1995) je podpora výzkumu a ověřování nových energetických zdrojů jakými jsou například černé břidlice. Současně s tímto zaměřem burkinská vláda rovněž schválila projekt pěstování kukuřice a rýže v různých regionech země, což vedle vlastních potravinových zdrojů přinese i dostatečné množství odpadu rostlinného charakteru. Proto se autoři zprávy zabývali i otázkou možnosti využití tohoto odpadového materiálu při eventuální přípravě energeticky vhodné suroviny na bázi lokálních černých břidlic.

V roce 2001 řešil Český geologický ústav v rámci Programu rozvojové pomoci ČR projekt *Zhodnocení energetického potenciálu černých břidlic republiky Burkina Faso a vlivu jejich spalování na životní prostředí*. Jde o dvouletý projekt, jehož hlavní cíle lze shrnout do následujících bodů:

- ve vybraných oblastech provést geologickou rekognoskaci zaměřenou na polohy černých břidlic a na horniny v jejich okolí, včetně odběru vzorků (obr. 1),
- s použitím metodik běžných při hodnocení uhlí provést posouzení možností spalování suroviny,
- provést testy upravitelnosti suroviny tak, aby bylo možno posoudit eventuální další použití suroviny v dalších průmyslových odvětvích,
- přispět ke znalosti geologické stavby Burkiny Faso pro-

střednictvím vydání publikace Geologie Burkiny Faso autorů V. Sattrana a U. Wenmengy.

GEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA

Z geologického hlediska je území republiky Burkina Faso součástí západoafrického kratonu, oblasti o rozloze 4,5 mil. km², která byla konsolidována zhruba před 2 mld. let. Území Burkiny Faso je tvořeno následujícími třemi geologickými oblastmi (obr. 1):

1. Archaické (?) nebo paleoproterozoické (?) metasedimentární pásy zastoupené migmatity, leptynity, rulami a amfibolity (3,0–2,7 mld. let), které byly postiženy liberijskou a birimienskou orogenezí (2,7–2,6 mld. let). Tyto horniny tvoří většinu území Burkiny Faso.
2. Paleoproterozoické horniny sedimentárního i vulkanického původu, které jsou součástí birimienských zelenokamenových pásů. Tyto jsou často proniknutы různými generacemi granitoidních, mafických až ultramafických hornin. Paleoproterozoické (birimienské) komplexy jsou v současné době považovány za produkt vývoje oceánského oblouku nebo rozšířování oceánické desky (WILLIAMS a WALKER 2000). Na základě regionálního rozšíření bylo na území Burkiny Faso rozlišeno směrem od západu k východu celkem deset sv.-jz. orientovaných birimienských zelenokamenových pásů.
3. Neoproterozoické, kambro-ordovické a terciérní (až recentní), ploše uložené kontinentální sedimenty jsou vyvinuty podél jihozápadní, západní a severozápadní hranice. Výjimku tvoří pouze oblast jihovýchodu, kde byly neoproterozoické sedimenty metamorfovány a zvrásněny v průběhu panafrické orogeneze (600–550 mil. let). Neoproterozoické sedimenty jsou proniknuty mladšími žílami doleritů kambrického (?) až recentního stáří (odezva na rozpínání Atlantského oceánu – WILLIAMS a WALKER 2000).

METODIKA PRACÍ

Terénní práce v Burkině Faso proběhly ve dnech 2. až 22. 3. 2001. Po několikadenní práci v archivu BUMIGEBu, kde byly získány základní textové i mapové podklady, bylo v následující části mise na základě požadavků burkinské strany navštívěno celkem 10 lokalit v různých regionech, zbývající výskyty byly ověřeny U. Wenmengou a jeho spolupracovníky (obr. 1). Materiál z lokality Kwademen byl získán z vrtného archivu BUMIGEBu a tato lokalita byla popsána na základě literárních údajů. Největší pozornost byla věnována regionu Kaya, kde v minulých letech proběhla předběžná studia vhodnosti černých břidlic jako energetické suroviny (WENMENGA 2000, neveřejná zpráva). Přehled a hlavní charakteristiky navštívených ložiskových výskyttů jsou uvedeny v tabulce 1.

PŘEHLED VÝSLEDKŮ

Podrobné výsledky terénních a analytických prací za rok 2001 jsou popsány ve zprávě Pašavy et al. (2001) s tím, že jejich přehled je shrnut v následujících bodech:

1. Černé břidlice republiky Burkina Faso se vyskytují v rámci zelenokamenových pásů birimienu většinou v asociaci s tufy. Mocnost jejich poloh se pohybuje od metru do desítek metrů, směrná délka od stovek metrů do dvou kilometrů. Část břidlic byla kontaktně metamorfována birimienskými bazickými vulkanity a magmatity, všechny břidlice byly následně postiženy regionální metamorfózou ve facii zeolitové a facii zelených břidlic. Nejmocnější polohy (až 50 m) byly zastiženy na lokalitě Dem v oblasti Kaya. Mocnost poloh na této lokalitě je srovnatelná s mocností černých břidlic na lokalitách Tandaga, Goffa a Datari, které byly ve stejně oblasti studovány řadou autorů. Podobně jako ostatní výskyty v oblasti Kaya obsahují černé břidlice z lokality Dem množství horninových vložek (tufů) a drobné polohy silicítů, oxidických rud Fe a Mn. Nejmenší množství vložkových hornin obsahuje lokalita Gan v oblasti Niankoré. Na této lokalitě je poměr černých břidlic a vložkových hornin podobný jako na výskytech Tandaga nebo Datari.
2. Technologické parametry černých břidlic jsou z hlediska spalování velmi variabilní. Na většině studovaných lokalit jsou obsahy C_{org} velmi nízké, což neumožňuje jejich průmyslové využití. Výjimkou je lokalita Gan, kde obsahy C_{org} dosahují až 24%. Podobné hodnoty jsou ve starších pracích uváděny např. na lokalitách Datari, Tandaga a Korsimoro. Provedené technologické analýzy však mají pouze orientační charakter, neboť výsledky všech stanovení jsou zkresleny vysokými obsahy popelovin. Statistickou analýzou vztahu mezi množstvím popelovin a dalšími technologickými parametry na studovaných lokalitách bylo zjištěno, že hodnoty V^{daf} , C^{daf} i H^{daf} odpovídají antracitu, metaantracitu a semigrafitu. Poměrně nízké hodnoty V^{daf} způsobují, že zápalný bod suroviny je vysoký.
3. Výsledky uhelné petrografie umožňují rozdělit organic-

kou hmotu černých břidlic do dvou skupin. První skupina je tvořena poměrně slabě teplotně alterovanou organickou hmotou, jejíž optické vlastnosti odpovídají antracitu až metaantracitu ($R_{min} = 0,5\text{--}2,5\%$, $R_{max} = 2,0\text{--}6,0\%$). Tyto facie lze uvažovat jako potenciální energetickou surovинu a typických příkladem jsou lokality Dem, Kon a další. Druhá skupina je tvořena relativně silně grafitizovanou organickou hmotou ($R_{min} = 1,0\text{--}3,50\%$, $R_{max} = 7,0\text{--}12,0\%$), která se svými vlastnostmi blíží špatně uspořádanému grafitu (semigrafitu). Černé břidlice této skupiny lze uvažovat jako surovинu pro výrobu „amorfniho“ (slévárenského) grafitu a typickými zástupci jsou lokality Gan a Nansigui.

4. Výsledky studia organické hmoty černých břidlic metodami rentgenové difrakce potvrzují závěry uhelné petrografie. Napovídají, že organická hmota v žádném případě nedosáhla úplné grafitizace a že velikost grafitových krystalitů je velmi malá. Při stanovení stupně grafitizace se nejlépe osvědčilo stanovení úhlové pološířky vrcholu (002) grafitu. Tento parametr může být použit pro rychlé stanovení stupně prouhelnění (grafitizace) organické hmoty černých břidlic.
5. Výsledky uhelné petrografie a výsledky dosažené metodami rentgenové difrakce jsou v dobré shodě s výsledky Ramanovy mikrospektrometrie. Touto metodou bylo potvrzeno, že organické částice černých břidlic nejsou tvorený grafitem, ale do různé míry grafitizovanou organickou hmotou.
6. Izotopové složení organické hmoty odpovídá složení organické hmoty paleoproterozoika. Variabilitu v hodnotách ^{13}C lze vysvětlit primární heterogenitou zdrojů organické hmoty nebo izotopovou výměnou mezi organickým a karbonátovým uhlíkem v průběhu metamorfických procesů. Tomu odpovídá poměrně dobrá korelace mezi izotopovým složením organické hmoty a stupněm metamorfózy, vyjádřené úhlovou pološířkou grafitového vrcholu (002) nebo hodnotami maximální odrazenosti (R_{max}).
7. Izotopové složení sulfidické síry ve vzorcích černých břidlic je značně variabilní. To je zřejmě důsledkem různého stupně otevření sedimentačního prostoru černých břidlic sulfátu světového oceánu v paleoproterozoiku.
8. Analýza stopových prvků ukázala, že vzorky čerstvých hornin z vrtu S-9 jsou oproti vzorkům odebraným z povrchových výchozů obohaceny pouze C_{org} , S_{tot} , Fe_2O_3 , As, Co, Pb, Rb a Zn, zatímco ostatní elementy mají v obou uvedených facích srovnatelné obsahy. V porovnání se světovými průměrnými břidlicemi nelze tudíž studované vzorky z výchozů považovat za „kovonosné“ facie. V porovnání s lignity severočeské hnědouhelné páne (SHP) jsou v černých břidlicích Burkiny Faso nižší koncentrace S, As, Nb, Ni, Pb, Sb a Sn. Žádný z kovů se v námi studovaných facích nevyskytl v takových koncentracích, které by při případném spalování představovaly významné nebezpečí pro životní prostředí.
9. Provedené flotační testy na vzorku z lokality Gan ukázaly, že charakter grafitu ve vzorku Gan je amorfni, eventuálně kryptokrystalický, což má vliv na úpravu surového matriálu. Výsledky flotace mohou být hodnoce-

- ny jako vyhovující. Byl získán koncentrát o kvalitě nad 55 % C. V případě několikastupňových úpravnických schémat, speciálně při použití více čistících stadií v kombinaci s rozemletím koncentrátu lze počítat s produkcí kvalitnějšího koncentrátu, který může být srovnatelný s českou produkcí podniku Rudné doly Jeseník (znak produktu SM 00, SM 0, SM 1 až 5) s obsahem uhlíku 50–75 % C.
10. Pelety připravené míšením černých břidlic s biomasy (obilními plevami a slupkami burských oršsků) při spalování dobře hořely. Získaný popel byl rezavé barvy, což znamená, že shořela nejen organická hmota biomasy, ale i organická hmota černé břidlice. Technologické parametry připravených směsí odpovídají vysokopoplennatým hnědým uhlím SHP nebo černým uhlím plzeňské pánve. Lze uvažovat o přípravě pelet (briket) pro místní využití.

11. Byl připraven a do tisku odevzdán dvojjazyčný (francouzsko-anglický) rukopis práce V. Sattrana a U. Wenmengy: Geology of Burkina Faso/Géologie du Burkina Faso. Výsledky prací budou prezentovány na Geokongresu 2002 v Namibii.

Literatura

- PAŠAVA, J. – KŘÍBEK, B. – WENMENGA, U. – BEZUŠKO, P. – KNÉSL, I. (2001): Evaluation of black shales as a source of energy in Burkina Faso and environmental impacts of their possible combustion. Progress Report for 2001. – Archiv ČGÚ, Praha, 90 pages.
- WENMENGA, U. (2000): Évaluation des potentialités énergétiques des schistes graphiteux de Korsimoro. – Manuscript, Rapport pour l'Ministère d'Energie et des Mines, Ouagadougou.
- WILLIAMS, L. – WALKER, S. (2000): Burkina Faso: Exploration at the heart of West Africa. – Mining Journal Supplement, 68, 1–12.

PROJEKT ZAHRANIČNÍ SPOLUPRÁCE ČESKÉHO GEOLOGICKÉHO ÚSTAVU „ZAMBIE – 2001“

Project of international co-operation of the Czech Geological Survey „ZAMBIA – 2001“

ANTONÍN SEIFERT – VLADIMÍR ŽÁČEK – STANISLAV VRÁNA – VRATISLAV PECINA – ILJA KNÉSL

Česká geologická služba, Klárov 3/131, 118 21 Praha 1

Keywords: evaluation, emerald mineralization, Kafubu, Zambia

Abstract: In 2001, the co-operation between the Czech Republic (Ministry of Environment) and Zambia (Ministry of Mines and Minerals Development) continued in the Kafubu area, southwest of Ndola town. The project comprising research and evaluation of emerald mineralization at Kafubu, Ndola Rural area, has been commenced on the request of the Zambian Ministry of Mines and Minerals Development. Emerald production contributes significantly to Zambia's economy; during last years, it reaches up to 8 % of the total GDP. The evaluation of lithological, structural and geochemical features of present mineralization is very important for an assessment of the area potential and planning of further government activities.

V rámci Programu zahraniční rozvojové pomoci České republiky (Ministerstvo životního prostředí ČR) proběhla v roce 2001 na žádost Zambijské strany (Ministry of Mines and Minerals Development) etapa projektu Českého geologického ústavu zaměřená na výzkum a zhodnocení berylové mineralizace v oblasti Ndola Rural Area. Oblast, nazývaná také Kafubu Area (podle stejnojmenné řeky), leží v provincii Copperbelt, několik desítek kilometrů jižně až jihozápadně od pruhu s měděnou mineralizací a od velkých měst Ndola a Kitwe (obr. 1).

Oblast Kafubu má charakter „zakázané zóny“ (Emerald Restricted Area) a je zcela uzavřená a kontrolovaná policií, vojskem a paramilitárními oddíly (obr. 2 v příl. XII). Přístup je možný jen za předpokladu získání doporučujícího dopisu z ministerstva dolů a řady povolení od místních úřadů, policie a vlastníků jednotlivých dolů.

Území oblasti Kafubu tvoří mírně zvlněné plató v rozmezí nadmořské výšky 1120–1266 m. Výraznější topografické elevace obvykle o výšce několika desítek metrů tvoří pásmo kvarcitu. Průměrné roční srážky dosahují 1150 mm. Úroveň spodní vody leží mělký pod povrchem (10–20 m) a tak je z většiny hlubších dolů nutno neustále vodu odčerpávat. V období dešťů (prosinec až březen) je oblast velmi obtížně sjízdná a provoz dolů pak bývá kvůli zaplavení těžebních jam přerušen.

Zambie je jedním z předních světových producentů smaragdů. Roční produkce je podle velmi hrubého odhadu zambijské vlády kolem 200 milionů USD, což je asi 8 % příjmů HDP celé země. Nejméně polovina z tohoto množství však stále prochází v zóně „šedé ekonomiky“.

Smaragd byl prvně nalezen na místě dnes již opuštěného ložiska Miku v roce 1928, ale výraznější produkce, původně hlavně ilegální, začala až v polovině 70. let. Později byla objevena řada dalších ložisek, z nichž největší jsou Kamakanga, Fwaya-Fwaya, Fibolele a Grizzly. Těžba je zatím výhradně povrchová, větší z dolů (lomů) mají plochu od cca 0,5 hektaru po více než dvě desítky hektarů a hloubku až 60 m. Těžba na dolech velkých společností je mechanizovaná, zóny s výskytem smaragdové mineralizace se však vybírají ručně (obr. 3, 4 v příl. XII). Ručně probraný materiál pak ještě prochází úpravnou, kde se nejdříve drtí a pak plavením zbavuje nejjemnější frakce a kameny se pak vybírají ručně na pásech.

Oblast smaragdových dolů je dnes rozdělena na velké množství těžebních prostorů „claimů“ („plots“), které jsou z větší části v majetku malých těžařů nebo ve skupinovém