

ZHODNOCENÍ ENERGETICKÉHO POTENCIÁLU ČERNÝCH BŘIDLIC REPUBLIKY BURKINA FASO (ZÁPADNÍ AFRIKA) A VLIVU JEJICH SPALOVÁNÍ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ – VÝSLEDKY PROJEKTU V ROCE 2002 A ZÁVĚREČNÁ DOPORUČENÍ

Evaluation of black shales as a source of energy and environmental impacts of their possible combustion in Burkina Faso (west Africa): results of the project in 2002 and final recommendations

JAN PAŠAVA¹ – PETR BEZUŠKO¹ – EMANUEL KOMÍNEK² – BOHDAN KRÍBEK¹ – URBAIN WENMENGA³

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

² EXPLO-MINE, s. r. o., Chlumova 3, 586 01 Jihlava

³ University of Ouagadougou, Ouagadougou, Burkina Faso

Key words: black shale, source of energy, source of graphite, environmental impacts, locality Gan, Burkina Faso

Abstract: In 2002, Czech Geological Survey in Prague carried out a project entitled ***“Evaluation of black shales as a source of energy in Burkina Faso and environmental impacts of their possible combustion”***. This two-year project was a part of the Czech Technical Assistance Program to developing countries. The project was implemented jointly with the University of Ouagadougou. The study was focused on the evaluation of black shales as a source of energy and graphite at Gan locality in sw. part of Burkina Faso. The results of coal petrographic and X-Ray diffraction studies indicate two types of organic matter. The first type is represented by low altered organic matter corresponding to antracite. Based on technological properties, these facies can be considered as a potential raw material for combustion. The second type of organic matter is represented by relatively highly altered organic matter which corresponds to semigraphite. Based on the results of flotation tests, these black shales could become a source of “amorphous” graphite suitable for foundry industry. A new geological map (1 : 10 000) was prepared and a total amount of reserves in the category of inferred reserves was calculated.

ÚVOD

V posledních deseti letech byla republika Burkina Faso (západní Afrika) zařazena mezinárodními finančními institucemi mezi africké země s perspektivním potenciálem nerostných surovin. Jedním z hlavních problémů republiky Burkiny Faso je nedostatek energetických surovin, což způsobuje, že v této zemi jsou nejvyšší ceny energie na celém africkém kontinentu. To limituje nejen hospodářský rozvoj této republiky, ale přináší i řadu problémů v oblasti ochrany přírodního 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 oblasti 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 jako jsou černé břidlice.

V roce 2002 byla Česká geologická služba pověřena na základě smlouvy č. RP/8/2002 o realizaci projektu rozvojové pomoci v rámci Programu rozvojové pomoci ČR na rok 2002 Ministerstvem životního prostředí ČR řešením

projektu „*Zhodnocení energetického potenciálu černých břidlic republiky Burkina Faso a vlivu jejich spalování na životní prostředí*“. Projekt obdržel rozpočet ve výši 1 700 000 Kč včetně DPH.

Na základě výsledků projektu z roku 2001 (PAŠAVA et al. 2001) bylo doporučeno, aby pozornost v roce 2002 byla soustředěna na detailní studium výskytu černých břidlic v regionu Kaya, příp. v oblasti Niankoré (lokalita Gan) s tím, že burkinská strana upřednostnila po interních diskusích mezi Univerzitou v Ouagadougou a Ministerstvem dolů a energetiky region Niankoré s hlavním výskytem černých břidlic na lokalitě Gan. Plánované terénní práce v Burkině Faso se měly uskutečnit v prvním pololetí r. 2002 s tím, že burkinská strana navrhla jejich odložení na 2. pololetí 2002. Důvodem tohoto odkladu byly objektivní potíže související jednak s dlouhodobým pobytom burkinského koordinátora projektu na stáži ve Francii a dále s personálními změnami na Ministerstvu dolů a energetiky Burkiny Faso. Vzhledem k uvedeným skutečnostem bylo možno realizovat terénní práce na lokalitě Gan, kterou burkinská strana doporučila k detailnějšímu ověření, až v průběhu měsíců říjen–prosinec 2002. Vzhledem ke ztíženým klimatickým i bezpečnostním poměrům (teploty na lokalitě dosahují v daném období asi 45 °C a na lokalitě se vyskytují jedovatí plazi), jakož i plánovanému objemu geologicko-technických prací bylo nutné rozdělit terénní část do dvou etap. První etapa proběhla v době od 14. do 27. října 2002 a druhá etapa od 26. 11. do 6. 12. 2002.

Na základě uvedených skutečností zhotovitel projektu (Česká geologická služba) písemně požádal a objednatel (Ministerstvo životního prostředí ČR) odsouhlasil odklad termínu konečné zprávy projektu na 28. 2. 2003 s tím, že k datu 30. 11. 2002 byla předložena etapová zpráva shrnující stav řešení projektu včetně vyčíslení skutečně vynaložených prostředků na jeho řešení k tomuto datu. Zbývající náklady byly vyúčtovány ihned po ukončení 2. etapy terénních prací.

K ocenění potenciálního využití černých břidlic na lokalitě Gan byly pro rok 2002 stanoveny následující hlavní cíle:

- provést detailní syntézu stávajících bibliografických dat pro oblast lokality Gan,
- provést zpřesnění topografického podkladu s cílem se stavení pracovní topografické mapy v měřítku 1 : 10 000
- provést geologickou rekognoskaci zaměřenou na dokumentaci poloh černých břidlic a na horniny v jejich okolí

- s cílem sestavení situační geologické mapy v měřítku 1 : 10 000
- provést technické práce (rýhy a sondy) zaměřené na ověření rozsahu poloh černých břidlic včetně odběru zásekových a bodových vzorků,
 - provést výpočet zásob suroviny na lokalitě Gan,
 - 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.

Terénních prací v Burkině Faso se v roce 2002 zúčastnili z české strany Jan Pašava (vedoucí expedice), Bohdan Kříbek a Petr Bezuško (všichni z České geologické služby v Praze), Vladimír Satran (bývalý ředitel ČGS a expert OSN, který v Burkině Faso pracoval 7 let) a Emanuel Komínek (Explo-Mine s. r. o., Jihlava), z burkinské strany U. Wenmenga (Univerzita v Ouagadougou), A. Naré a B. Sanu (ARTI s. a. r. l.).

V době od 26. 11. do 6. 12. 2003 Burkinu Faso rovněž navštívil na pozvání A. A. Cisse, Ministra dolů a energetiky republiky Burkina Faso, ředitel Odboru geologie MŽP ČR Mgr. Zdeněk Venera, Ph.D, kterého na jednáních doprovázela vedoucí expedice. Během své návštěvy jednal Mgr. Venera s ředitelem odboru geologie a ložisek nerostných surovin Ministerstva dolů a energetiky Burkiny Faso Dr. G. Ouedraogem, ředitelem P. Dienderem a B. Narem, vědeckým náměstkem BUMIGEB (Burkinské státní geologické služby), děkanem přírodovědecké fakulty Univerzity v Ouagadoudou (G. B. Kabrem) a zástupci těžařů (B. Sanuem). Na závěr návštěvy podepsali ředitelé geologických odborů obou ministerstev memorandum, ve kterém obě strany deklarují vůli k rozvoji následujících záměrů:

- spolupráce v oblasti geologie ložisek nerostných surovin a životního prostředí,
- výměna informací, dokumentů a zkušeností v oblasti problematiky geologie ložisek nerostných surovin a životního prostředí,
- uskutečňování společných seminářů, konferencí a stáží,
- institucionální a administrativní pomoc v oblasti výzkumu, těžby a úpravy ložisek nerostných surovin.

Burkina Faso rovněž požádala o podporu MŽP při prosazování realizace nového projektu „Ocenění zdrojů zlata v odpadech po domorodé těžbě v Burkině Faso a možnosti jejich dalšího využití“, který byl navržen a předložen pracovníky České geologické služby ve spolupráci s Burkinskou státní geologickou službou v rámci Programu rozvojové pomoci ČR v letech 2003–2005.

Je milou povinností autorů zprávy poděkovat děkanovi přírodovědecké fakulty Univerzity v Ouagadougou Prof. G. B. Kabremu, A. Narému a B. Sanuovi za účinnou pomoc při realizaci expedice v Burkině Faso.

GEOLOGICKÉ POMĚRY NA LOKALITĚ GAN

Lokalita Gan (obr. 1 v příloze XV) leží v sz. části Burkiny Faso, sv. od správního centra Niankoré v těsné blízkosti cesty Gan – Niankoré jz. od Ganu. Přibližný rozsah prů-

zkumného území vyplývá z následujících souřadnic rohů polygonu zkoumaného území.

Souřadnice polygonu

	zeměpisná délka	zeměpisná šířka
A	W 2°54'30"	N 13°15'30"
B	W 2°53'30"	N 13°14'30"
C	W 2°53'30"	N 13°15'30"
D	W 2°54'30"	N 13°14'30"

Oblast Ganu je tvořena erozním oknem v neogenních lateritech, ve kterém vystupují paleoproterozoické horniny birimienu. Jako podklad pro zhodnocení geologické stavby oblasti byly použity jednak reinterpretované výsledky starších vrtných prací (RAINEGARD 1975, CHAPIGNAC 1977), jednak vlastní pozorování získaná při geologickém mapování, dokumentaci výchozů a technických děl (151 dokumentačních bodů zahrnujících také 9 nových rýh – viz obr. 3 v příloze XV – a 15 šachtic. Výsledky mapovacích prací byly konfrontovány s výsledky dřívějších průzkumných prací, zejména pak s výsledky přehodnocení geochemických a geofyzikálních dat (KOMÍNEK 1997a, b) a s petrografickými studiemi RAINEGARDA (1975) a KABOREHO (1980).

Výchozy hornin archaického fundamentu nejsou v zájmovém území známy.

Horniny birimienu jsou podobně jako ve většině birimenských zelenokamenových pásů zastoupeny pestrou škálou epizonálně (černé břidlice, sericit-křemenné břidlice, hematit-křemenné břidlice s organickou příměsí s vložkami uhlíkatých a hematitických kvarcitů) a mezonálně (muskovitické a muskovit-chloritické břidlice, muskovit-biotitické břidlice, kvarcity, amfibolity a křemen-živcové horniny) metamorfovaných hornin. Skupinu magmatických hornin reprezentují plagiogranity.

Neogén tvoří relikty původního souvislého laterického krunýře, kvartérní sedimenty jsou tvořeny málo mocnými, převážně pizolitickými laterity a lateritovými štěrkami. Výsledkem mapovacích prací je odkrytá geologická mapa a řez (příloha XIV).

VÝSLEDKY PROJEKTU A ZÁVĚREČNÁ DOPORUČENÍ

Hlavní závěry prací provedených v roce 2002 a závěrečná doporučení pro burkinskou stranu lze shrnout do následujících bodů:

1. Černé břidlice na lokalitě Gan (obr. v přílohách XIV a XV) jsou součástí birimenského zelenokamenového pásu a nalezí se společně s křemen-sericitickými břidlicemi, hematit-křemennými břidlicemi s organickou příměsí a vložkami silně kaolinizovaných hornin do skupiny epizonálně metamorfovaných hornin. V centrální části zájmového území tvoří černé břidlice pás o délce 1 100 m s celkovou mocností až 250 m. Na základě provedeného výpočtu prognózních zásob v kategorii P2 bylo

- na lokalitě Gan vyčísleno 2 mil. tun suroviny při průměrném obsahu celkového uhlíku 31,3 %. V celé zóně Tougan – Gan byly vypočteny prognózní zdroje černých břidlic ve výši 6 mil. tun s průměrným obsahem uhlíku 31,3 %.
2. Technologické parametry černých břidlic jsou z hlediska spalování velmi variabilní. Bylo zjištěno, že obsahy celkového uhlíku se na lokalitě Gan směrem do hloubky zvyšují. Nejvyšší obsahy uhlíku, které odpovídají vysokopoplňatým uhlím, byly zjištěny v námi odebraných vzorcích z hloubky 2 m z rýhy GT10 ($C_{tot} = 26,01\%$). Předpokládáme, že tyto obsahy směrem do hloubky rostou a mohou dosáhnout až hodnot více než 30 %. Tyto obsahy jsou dobré srovnatelné s obsahy celkového uhlíku například na lokalitě Korsimoro v oblasti Kaya ($C_{tot} = 24,1\%$). Hodnoty spalného tepla odpovídají hodnotám udávaným pro ložiskový výskyt Datari (sv. Burkina Faso, region Kaya), který byl v minulosti označen jako surovina vhodná pro fluidní spalování. Technologické parametry uhelné (organické) hmoty, zejména hodnoty V^{daf} odpovídají na lokalitě Gan metaantracitu až semigrafitu.
 3. Výsledky uhelné petrografie ukazují, že organická hmota černých břidlic na lokalitě Gan svými optickými vlastnostmi tvoří přechodný člen mezi skupinou málo prouhelněných černých břidlic, ve kterých optické vlastnosti uhlíkatých částic odpovídají metaantracitu (výskyty Dem, Dissin, Kona a Pilimpiku) a skupinou vysoko grafitizovaných černých břidlic z lokality Nansiqui. Vzhledem k poměrně vysokým obsahům organického uhlíku, který dosahuje v horninách až 26 %, je proto možné černé břidlice z lokality Gan doporučit jako surovинu pro výrobu „amorfního“ (slévárenského grafitu). Použití jako energetické suroviny je možné doporučit pouze ve směsi s méně grafitizovanými faciami nebo ve směsi s biomasou (odpady zemědělské produkce) tak, jak to bylo laboratorně odzkoušeno v roce 2001.
 4. Výsledky studia organické hmoty černých břidlic metodami rentgenové difrakce na lokalitě Gan potvrzují, že ve srovnání s ostatními výskyty v Burkíně Faso je organická hmota na této lokalitě ve středním stadiu grafitizace. Znamená to, že organické částice na lokalitě Gan nejsou ještě zcela grafitizovány. To odpovídá poměrně nízkému stupni metamorfózy (facie zelených břidlic) studovaných hornin. Z hlediska možného průmyslového využití černých břidlic z lokality Gan lze uvažovat o výrobě „amorfního“ grafitu pro slévárenství.
 5. Izotopové složení organického uhlíku z černých břidlic na lokalitě Gan odpovídá hodnotám typickým pro paleoproterozoické sedimenty. Malý rozptyl izotopických hodnot na studované lokalitě lze vysvětlit jednak primární homogenitou organického materiálu, jednak stejným stupněm teplotního postižení organické hmoty.
 6. Analýza stopových prvků ukázala, že černé břidlice jsou charakterizovány zvýšenými koncentracemi Pb, Cu, Zn, Ba a Co v porovnání s lignity severočeské hnědouhelné pánve. Obsahy síry jsou v důsledku lateritzace velmi nízké a lze očekávat jejich zvyšování směrem do hloubky. Zvýšené obsahy uvedených prvků mohou indikovat vliv vulkanogenně-hydrotermálních procesů v období

sedimentace břidlic. Obsahy těchto prvků jsou však dobře srovnatelné s obsahy, zjištěnými v různých typech uhlí např. z České republiky a jižní Austrálie.

7. Provedené flotační testy na vzorcích z lokality Gan ukázaly, že charakter grafitu je amorfní, eventuálně kryptokrystallický, což má vliv na úpravu surového matriálu. Výsledky flotace mohou být hodnoceny jako vyhovující. Byl získán koncentrát o kvalitě okolo 30 % C. V případě růstu obsahu uhlíku s hloubkou nebo při aplikaci několikastupňových úpravnických schémat, speciálně při použití více čistících stádií v kombinaci s rozmetláním 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.
8. Vydavatelství České geologické služby vydalo dvojjazyčnou (francouzsko-anglickou) publikaci autorů V. SATT-RANA a U. WENMENGY (2002): Géologie du Burkina Faso/Geology of Burkina Faso. Publikace byla prezentována zástupcům Univerzity v Ouagadougou, Ministerstva dolů a energetiky republiky Burkina Faso a Burkinšké státní geologické služby (BUMIGEB) s tím, že byla schválena představiteli univerzity jako učební text pro studenty geologie. Výsledky prací první etapy projektu byly rovněž prezentovány na Geokongresu 2002 v Namibii.

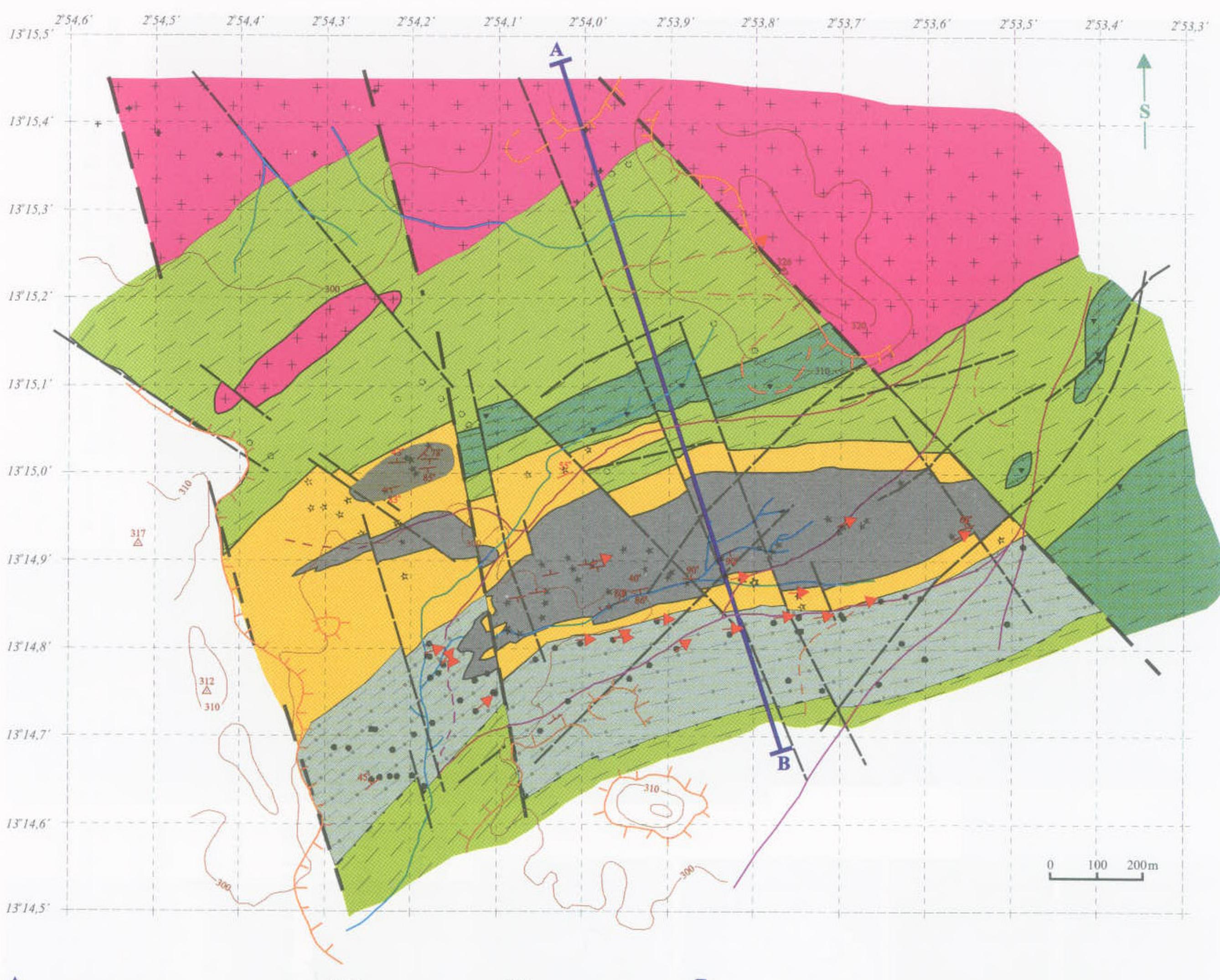
Na základě celkových výsledků projektu realizovaného v rámci Programu rozvojové pomoci ČR v letech 2001–2002 lze přijmout následující doporučení:

Budoucí průzkum černých břidlic jako potenciální energetické suroviny by měl být soustředěn do lokality Datari a Tandaga regionu Kaya v sv. části Burkiny Faso, které v porovnání s lokalitou Gan vykazují nižší stupeň metamorfického postižení, a tudíž vhodnější technologické vlastnosti. Rovněž obsahy stopových prvků jsou v této oblasti nižší než na detailně ověřené lokalitě Gan.

Literatura

- CHAPIGNAC, B. (1977): Mission Sondages Gan. – Raport D.G.M. 1976–1977.
- KABORE, K. J. (1980): L'environnement géologique de la mineralisation plombifère de GAN (degré carré de Ouahigouya, Haute-Volta) et caractères du magmatisme basique régional. Thése doctorat Univ. Lyon (France), 195 p. (inédit).
- KOMÍNEK, E. (1997a): Přehodnocení výsledků geofyzikálních měření 70-let z hlediska možnosti výskytu ložisek grafitu a polymetalické mineralizace – lokalita Gan, sz. Burkina Faso. – MS archiv EXPLO-MINE Ltd., Česká republika. Rapport inédit.
- KOMÍNEK, E. (1997b): Přehodnocení výsledků geochemického průzkumu 70-tých a 80-tých let z hlediska možnosti výskytu ložisek grafitu a polymetalické mineralizace – lokalita Gan, sz. Burkina Faso. – MS archiv EXPLO-MINE Ltd., Česká republika. Rapport inédit.
- PAŠAVA, J. – KRÍBEK, 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 2001. MS ČGÚ Praha, 90 p.
- RAINEGARD, P. (1975): Mission sondages GAN 1975. Dir. Geol. Mines Haute-Volta. – (Rapp. inédit), Ouagadougou.
- SATTRAN, V. – WENMENGA, U. (2002): Géologie du Burkina Faso/Geology of Burkina Faso. – Czech Geological Survey, 136 p.

Fotografie v přílohách XIV a XV



Skupina epizonálně metamorfovaných hornin

černé břidlice a křemen-sericitické břidlice s vložkami uhlíkatých a hematitických kvarcitů (★ označení dokumentačního bodu)

Skupina mezozonálně metamorfovaných hornin

muskovit-biotitické a biotitické břidlice (○ označení dokumentačního bodu)
amfibolity a amfibolické břidlice (▼ označení dokumentačního bodu)
muskovitické a chlorit-muskovitické břidlice (☆ označení dokumentačního bodu)
biotitické břidlice s vložkami Mn-hornin (● označení dokumentačního bodu)

Skupina granitoidů

plagiogranity (✚ označení dokumentačního bodu)

směr břidličnatosti
směr a úklon břidličnatosti

předpokládaná tektonika:
zlomy regionálně významné
zlomy méně významné

A
B

S 9

pozvolný přechod (neostrá hranice) mezi různými petrografickými typy hornin

linie geologické řezu

vrstevnatost

vrt

cesty

koryta sezónních vodních toků

morfologicky výrazné lateritové svahy („galerie“)

morfologicky výrazné výchozové partie

vrstevnice

kóta vrcholu elevace



1. Schematická geologická mapa s geologickým řezem na lokalitě Gan v severozápadní Burkině Faso.

2. Studovaná surovina – černé břidlice – na lokalitě Gan v severozápadní Burkině Faso.
K článku J. Pašavy et al. na str. 211

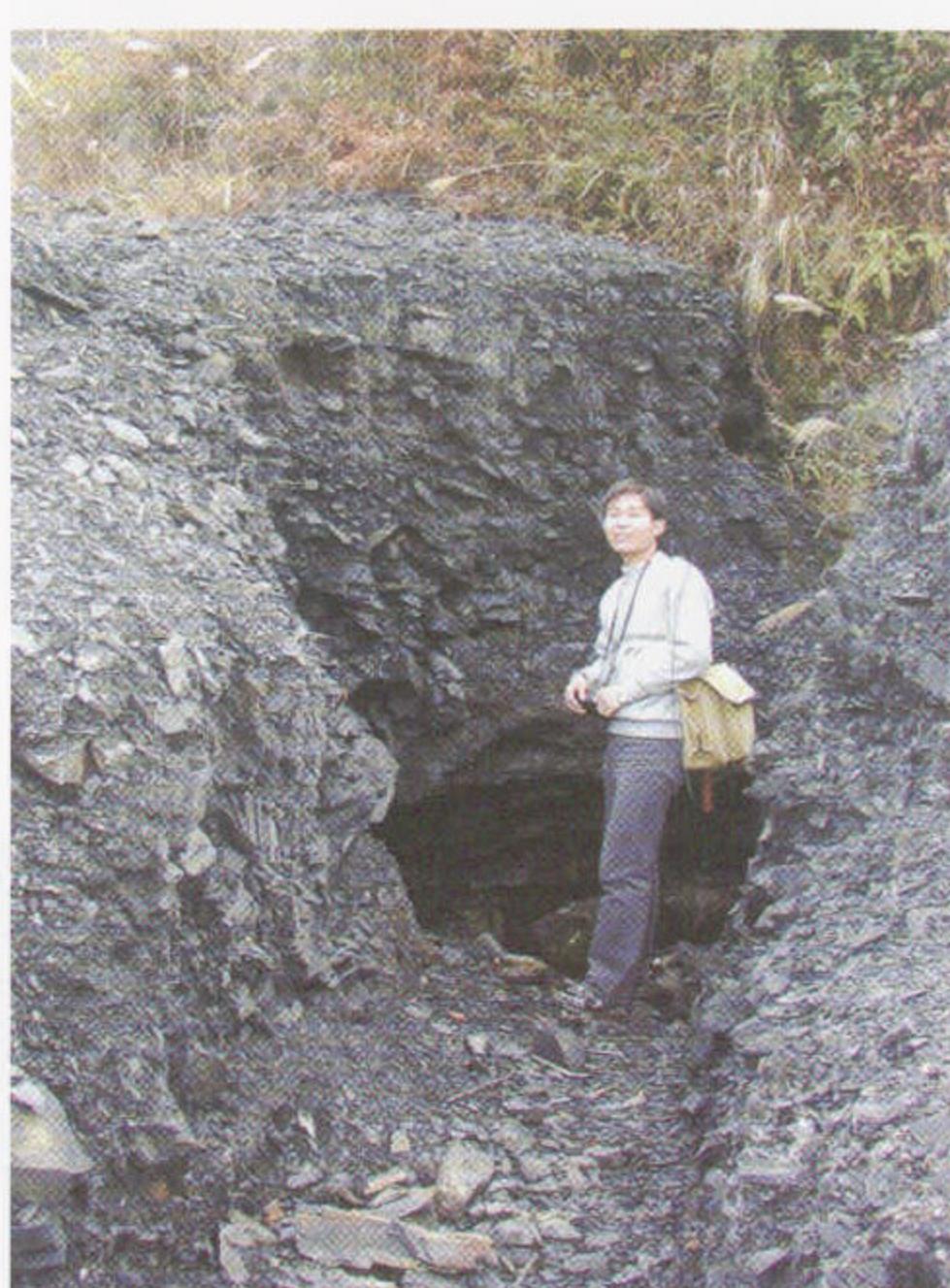
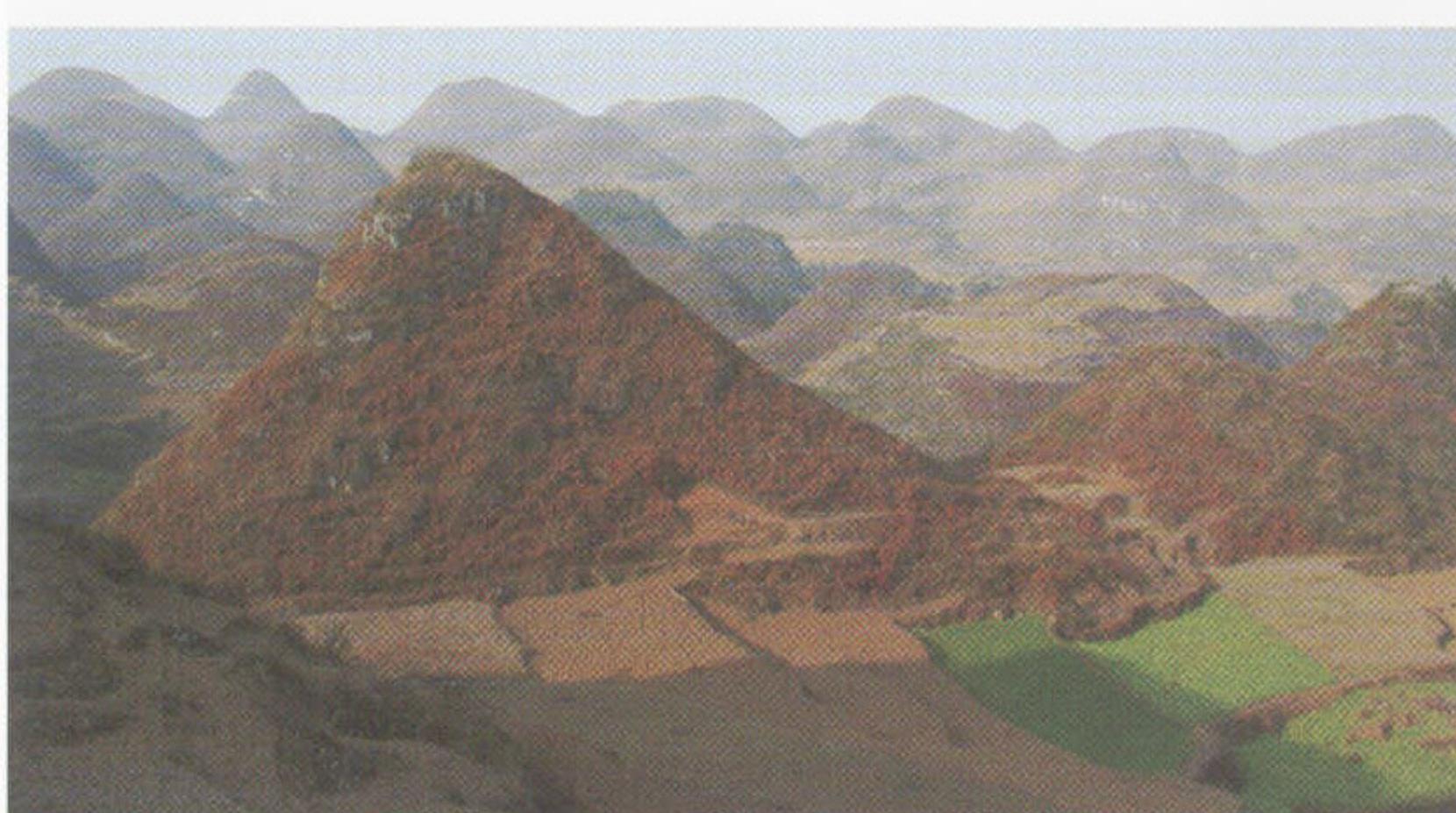


1 | 2
—
3



1. Morfologie lokality Gan v severozápadní Burkině Faso.
2. Zemní práce při realizaci rýhy GT10 (lokalita Gan v severozápadní Burkině Faso).
3. Dokumentace černých břidlic v korytě sezónního vodního toku (lokalita Gan v severozápadní Burkině Faso).

K článku J. Pašavy et al. na str. 211



1. Morfologie krajiny – kuželový kras v oblasti Jiepo-Ling, provincie Guizhou, jižní Čína.
2. Ústí štoly – těžba Ni-Mo sulfidických černých břidlic v oblasti Jiepo-Ling, provincie Guizhou, jižní Čína.
3. Odvaly po těžbě sulfidických černých břidlic na terasách se zemědělskou činností – hlavní kontaminant půd a plodin v oblasti Zunyi, provincie Guizhou, jižní Čína.
4. Vzorek Ni-Mo sulfidické černé břidlice, lokalita Xiao-Zhu, provincie Guizhou, jižní Čína. Makroskopicky rozpoznatelný pouze pyrit.

Fotografie k článku J. Pašavy et al. na str. 214

1 | 2
—
3 | 4