

ZHODNOCENÍ VLIVU TĚŽBY A ÚPRAVY MĚDĚNÝCH A KOBALTOVÝCH RUD NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ V ZAMBIJSKÉ ČÁSTI COPPERBELTU: VÝSLEDKY PROJEKTU ROZVOJOVÉ SPOLUPRÁCE ČESKÉ REPUBLIKY V ROCE 2006

Impact assessment of mining and processing of copper and cobalt ores on the environment in the Copperbelt, Zambia: Results of the Czech project of the development cooperation in 2006

BOHDAN KRÍBEK¹ – VLADIMÍR MAJER¹ – PETR BEZUŠKO¹ – JAN PAŠAVA¹ – JIŘÍ ADAMOVIČ² – IMASIKU NYAMBE³ – KENNEDY LIYUNGU⁴ – FRANCIS CHIBESAKUNDA⁴

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

² Geologický ústav Akademie věd České republiky, v.v.i., Rozvojová 269, 165 02 Praha 6

³ University of Zambia, School of Mines, Department of Geology, Lusaka, Zambia

⁴ Geological Survey Department, Lusaka, Zambia



Key words: contamination, heavy metals, soils, plants, stream sediments, Copperbelt, Zambia

Abstract: In 2006, environmental contamination by mining and ore processing was evaluated in the eastern surroundings of the towns of Kitwe and Mufulira in the Copperbelt region. In total, 1090 km² were surveyed. The results revealed a strong soil contamination in the immediate vicinity of the smelter works in Mufulira and in Nkana. Most of the area is, however, not subjected to contamination. With respect to a weak contamination of the area under survey, contents of heavy metals in a large part of the surveyed area are determined primarily by the geochemical character of soils and parent rocks. The highest metal contents in sediments were found in the rivers of Busakile and Kafue. The performed monitoring of surface water chemistry

Tabulka 1. Srovnání chemických a fyzikálních vlastností vody Kafue a obsahů vybraných chemických prvků v sedimentech řeky Kafue před vtokem (1) do oblasti Copperbeltu v Zambii a po průtoku oblastí (2)

	1	2
<i>voda</i>		
pH	7,81	7,96
konduktivita (μS · m ⁻¹)	203	454
<i>sediment</i>		
Cr (ppm)	19	32
Co (ppm)	8	252
Cu (ppm)	98	6 278
Ni (ppm)	6	17
Zn (ppm)	19	45
Mo (ppm)	< 5	< 5
Pb (ppm)	< 10	60
As (ppm)	< 0,10	2,53
Hg (ppm)	0,010	0,023
Fe (hmot. %)	1,11	2,05
S _{tot} (hmot. %)	0,023	0,386

documented a discharge of strongly contaminated and, in some cases, acid (pH ~ 2) waters from the chemical ore refinery plants.

V rámci Programu rozvojové spolupráce České republiky řešila Česká geologická služba společně se Zambijskou univerzitou, s Geologickou službou Zambie a Geologickým ústavem Akademie věd České republiky v letech 2004 až 2006 projekt „Zhodnocení vlivu těžby a úpravy měděných a kobaltových rud na životní prostředí v zambijské části Copperbeltu“. V prvním roce projektu byl studován rozsah kontaminace půd, řečištních sedimentů, a vegetace v oblasti města Kitwe (KRÍBEK et al. 2004a, b; KRÍBEK a NYAMBE 2005; KRÍBEK et al. 2005), v druhém roce znečištění v oblasti měst Chingoly a Chililabombwe (KRÍBEK a NYAMBE 2006a) a v třetím roce znečištění oblasti v. od Mufuliry a Kitwe (KRÍBEK a NYAMBE 2006b).

Výsledky projektu byly použity pro územní plánování a stanovení priorit rekultivací v uvedených oblastech. Celem bylo za dobu řešení projektu zmapováno celé území centrální části zambijského Copperbeltu o celkové rozloze přesahující 3690 km². Současně s environmentálně-geochemickým mapováním v měřítku 1 : 50 000 bylo provedeno monitorování chemického složení vod v oblasti Copperbeltu a monitorování plynných i pevných emisí (aerosolů) v okolí hutí v Nkaně.

Výsledky prací

Bylo zjištěno, že hlavními zdroji kontaminace půd v oblasti mapované v roce 2006 jsou emise z hutí v Nkaně a v Mufulire a prašný spad z odkališť v obou oblastech. Ve srovnání s jinými oblastmi Copperbeltu je však území mapované v roce 2006 postiženo plynnými emisemi a prachem poměrně málo, a to jen v z. části mapovaných listů, které přiléhají k hutím. To proto, že převládající směr větrů od JV odnáší většinu emisí mimo plochu mapovaného území.

Antropogenní kontaminace těžkými kovy (As, Co, Cu, Hg a Zn) a sírou byla zjištěna v sedimentech řeky Kafue a v říčce Busakile, která odvodňuje oblast starých, opuštěných důlních děl a odkališť j. od Kitwe, a v řece Mufulira. Kontaminaci řečištních sedimentů v této řece lze přisoudit jejím průtokem oblastí opuštěných odkališť. Vliv těžby a

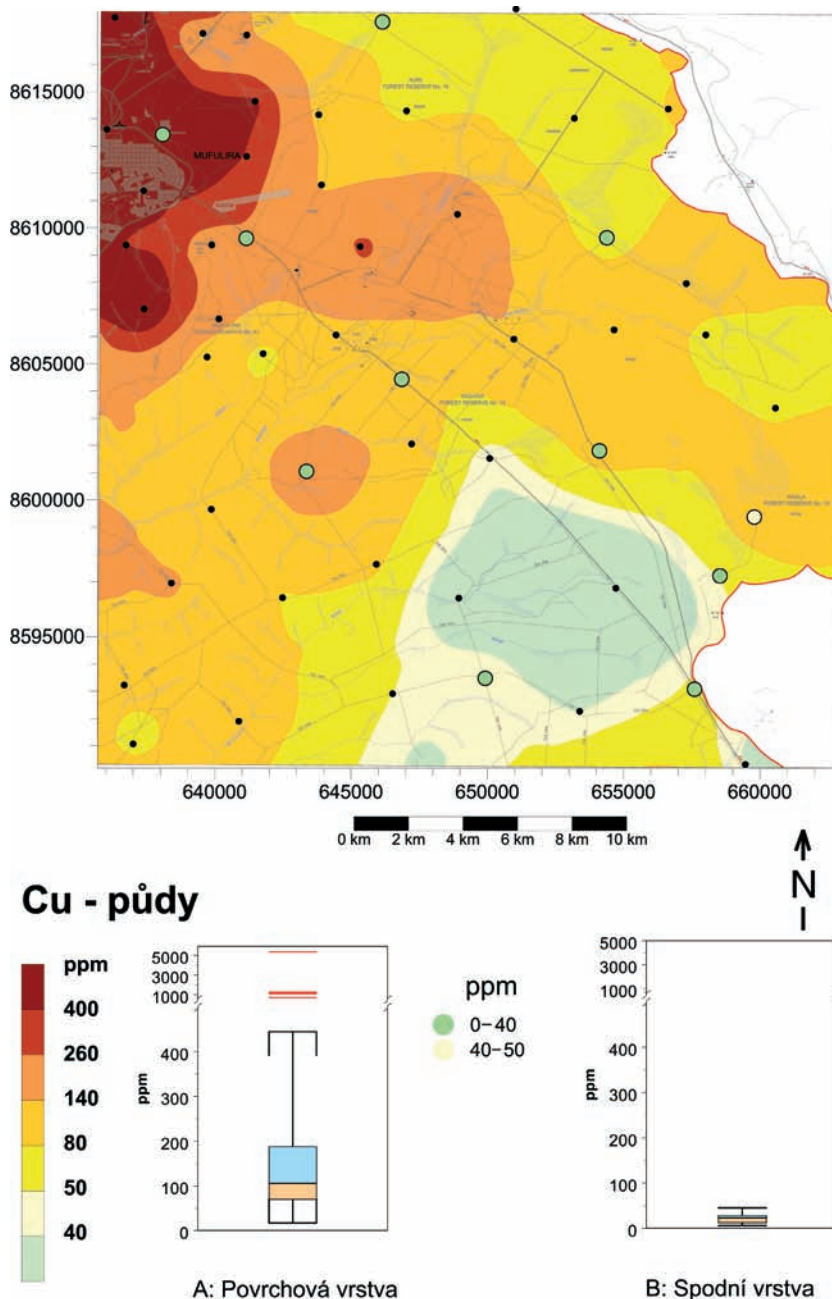
úpravy rud na chemické složení sedimentů řeky Kafue, která odvodňuje celou oblast Copperbeltu, lze demonstrovat na srovnání stejných parametrů před vtokem řeky do průmyslové oblasti Copperbeltu v oblasti Chingoly a po jejím výtoku z průmyslové oblasti j. od města Kitwe (tab. 1). Vzhledem k poměrně nízkému stupni kontaminace řečištních sedimentů na zbývající části území mapovaného v roce 2006 se velmi významně uplatňuje i vliv geochemického složení půd a matečných hornin. Říční sedimenty toků pramenících v oblasti produktivní skupiny formace spodního Roanu většinou obsahují zvýšená množství kovů a síry. Naproti tomu toky pramenící a protékající v neproduktivní předkatanžské skupině jsou na síru a kovy deficitní. Výsledky studia řečištních sedimentů lze proto v této oblasti použít i pro prospekční účely.

Povrchová vrstva půd v kontaminovaných oblastech při z. okraji obou listů obsahuje zvýšené obsahy As, Hg, Co, Cu, Pb a Zn, zejména v blízkosti hutí. Celkové množství kovů a síry v povrchové vrstvě půdy je však ve srovnání s jinými oblastmi Copperbeltu poměrně nízké. Vzhledem k nízkému stupni kontaminace lze na mapovaném území sledovat výraznou závislost koncentrace kovů na litologickém charakteru matečných hornin. To je patrné především u As, Hg, Cr, Ni a V. Obsahy těchto kovů jsou většinou vyšší v lateritických půdách vyvinutých na horninách produktivního souvrství spodního Roanu.

Stupeň kontaminace mapované oblasti lze nejlépe vyjádřit hodnotami koeficientu průmyslové kontaminace (CIP), který je podílem sumy koncentrací vybraných kovů v povrchové vrstvě půdy na jednotlivých odběrových místech a sumy mediánů stejných kovů (m) v celé mapované oblasti:

$$CIP = \frac{\left(\frac{As}{m} + \frac{Co}{m} + \frac{Cu}{m} + \frac{Pb}{m} + \frac{Zn}{m} + \frac{Hg}{m} \right)}{6}$$

Nejvyšší hodnoty CIP (> 5) byly nalezeny jednak v kontaminovaných oblastech (z. okraj mapových listů, které přiléhají k průmyslovým oblastem Kitwe a Mufuliry), jednak v oblastech, jejichž podloží tvoří horniny produktivní skupiny spodního Roanu. Je tedy zřejmé, že stupeň antropogenní kontaminace oblasti těžbou a zpracováním rud je poměrně nízký a srovnatelný s přirozeně zvýšenými obsahy kovů v půdách.



Obr. 1. Koncentrace mědi v povrchové vrstvě půdy (izolinie) a ve spodní části půdního profilu (hloubka 70–80 cm, bodový diagram), ve východním okolí hutí v Mufulire v Zambii.

Studium půdních profilů v závislosti na vzdálenosti od zdrojů kontaminace ukázalo, že znečištění půd je vázáno především na povrchovou vrstvu do hloubky 10–15 cm. V silně postižených oblastech, v bezprostřední blízkosti hutí, však dochází i k mírnému zvýšení obsahů síry a kovů až do hloubky 90 cm.

Monitorování chemického složení povrchových vod bylo provedeno podle schématu vypracovaného v minulých letech. Ve srovnání s přípustnými hodnotami pro povrchové vody České republiky (Zákon 61/2003 Sb.) se na sledovaném území Copperbeltu výrazně projevuje kontaminace kobaltem (limity překročeny u 56 % odebraných vzorků), mědí (limity překročeny u 38 % vzorků), mangánem (limity překročeny u 29 % vzorků) a selenem (limity

překročeny u 27 % vzorků), z ostatních stopových kovů jsou překročeny limity většinou jen v odpadních vodách z odkališť a hutí těsně pod výtokem do vodotečí. Z makrosložek pak je přípustná koncentrace překročena nejčastěji u síranů (38 % vzorků), dále u vápníku (15 % vzorků) a hořčíku (6 % odebraných vzorků), jako důsledek silného vápnění odpadních kalů. Nejvyšší koncentrace stopových prvků byly opakovaně zjištěny v monitorovacím bodě M3, který leží na drobném vodním toku odvodňujícím oblast odkališť j. od ložiska Chambishi a do kterého ústí i výpustní kanál technologických vod z chemické úpravy rud v Chambishi. V tomto místě dochází k úniku silně kyselých odpadních vod (pH 3,62) do říční sítě. Nedostatečně neutralizovaná odpadní voda pak kontaminuje další tok zejména Co (přípustný limit překročen 3000×), Cu (přípustný limit překročen 550×) a Pb (přípustný limit překročen 20×). K největšímu překročení limitů došlo na monitorovacím bodě M15, který je situován na výtoku odpadních vod z objektu hutě a úpravy v Nkaně. Také zde zjevně dochází díky nezodpovědnosti k výpadkům při neutralizování odpadní vody a tím k masivní kontaminaci toku říčky Uchi. Při letošních odběrech bylo ve vodě opouštějící objekt hutě a úpravy naměřeno pH 2,04 a díky tomu také extrémní koncentrace toxických kovů. Přípustné koncentrace byly překročeny 250× u Cu, 90× u Co, 45× u As a 10× u Pb, dále v menší míře u Cd, Ni, Se a Zn, z makrosložek u Al, Fe a síranů. Kontaminace se projevuje i na dolním toku říčky Uchi, kde zřejmě dochází k další kontaminaci ze starých odkališť.

Na základě provedených prací byla formulována doporučení pro zlepšení stávajícího stavu. Je zřejmé, že největším zdrojem kontaminace na mapovaném území je huť v Nkaně. Tuto huť je třeba renovovat podobným způsobem jako huť v Mufulire. Je třeba zamezit přímému vypouštění rmutu ze zahušťačů z úpravárenského závodu v Chingola a zcela rekonstruovat retenční nádrže na řece Chingola. Kaly unikající z této nádrže jsou hlavní příčinou kontaminace povodí řek Chingoly, Lubengele a Kafue. Je třeba bezodkladně přikročit k rekultivaci opuštěných odkališť, jejichž rozloha přesahuje stovky čtverečních kilometrů a které jsou zdrojem prašného spadu. Největším problémem

je staré odkaliště Uchi přímo v Kitwe, jehož hráze se rozpadají a flotační odpady jsou rozmývány přímo do obytných čtvrtí města.

Součástí projektu v tomto roce bylo i vyškolení dvou zambijských specialistů a rozsáhlá přednášková činnost na základních a středních školách v emisemi nejvíce postižených oblastech.

Literatura

- KŘÍBEK, B. – NYAMBE, I., eds. (2005): Impact assessment of mining and processing of copper and cobalt ores on the environment in the Copperbelt, Zambia. – The Kitwe and Mufulira areas. Project of the development assistance programme of the Czech Republic for the years 2004–2006. Final report for year 2004. – MS Čes. geol. služba, Praha, 196 str.
- KŘÍBEK, B. – NYAMBE, I., eds. (2006a): Impact assessment of mining and processing of copper and cobalt ores on the environment in the Copperbelt, Zambia – Chingola and Chililabombwe areas. Project of the development assistance programme of the Czech Republic for the years 2004–2006. Final report for year 2005. – MS Čes. geol. služba, Praha, 196 str.
- KŘÍBEK, B. – NYAMBE, I., eds. (2006b): Zhodnocení vlivu těžby a zpracování měďno-kobaltových rud na životní prostředí v oblasti Copperbeltu v Zambii. – Oblast východně od Kitwe a Mufuliry. Projekt v rámci Programu zahraniční rozvojové spolupráce České republiky v letech 2004–2006. Konečná zpráva projektu RP/19/2004 Ministerstva životního prostředí České republiky za rok 2006. – MS Čes. geol. služba, Praha, 170 str.
- KŘÍBEK, B. – PAŠAVA, J. – MAJER, V. – KNĚSL, I. – RAMBOUSEK, P. – NYAMBE, I. – MWALE, M. (2004a): Use of geochemical mapping for the evaluation of environmental impacts of mining in the Zambian Copperbelt. In: ELIOPOULOS, D. G. (ed.): Mineral Exploration and Sustainable Development. Proceeding of the 7th Biennial SGA Meeting, August 24–28, 2003, 236–239. – Balkema, Rotterdam.
- KŘÍBEK, B. – PAŠAVA, J. – MAJER, V. – NYAMBE, I. – MWALE, M. (2004b): Impact of copper and cobalt mining on the environment in the Zambian Copperbelt. In: 20th Colloque de Géologie Africaine. Geoscientific infrastructure in Africa and sustainable development, Orleans 2-7 juin 2004, 238. – BRGM, Orleans.
- KŘÍBEK, B. – PAŠAVA, J. – MAJER, V. – NYAMBE, I. – MWALE, M. (2005): Impact of copper and cobalt mining on the environment in the Zambian Copperbelt. In: CHRISTENSEN, D. (ed.): The 16th Global Warming International Conference Mitigation vs Axtreme Events in Energy, Agricultural and Natural Resources Management, April 19–21, 2005, 69. – The Global Warming International Center, New York.