

POHLED NA OBLAST BÝVALÉ CHEMICKÉ ÚPRAVNY URANOVÝCH RUD MAPE-MYDLOVARY U ČESKÝCH BUDĚJOVIC.

THE VIEW ON THE URANIUM WET METALLURGY MINING AND PROCESSING PLANT MAPE- MYDLOVARY AREA AT ČESKÉ BUDĚJOVICE

Jaroslav ŠVEHLA

Jihočeská universita v Českých Budějovicích, k.aplik.chemie, Studentská 13
svehla@zf.jcu.cz, <http://home.zf.jcu.cz/~svehla/>

Souhrn

Článek podává stručný literární přehled o principech hydrometalurgického zpracování uranových rud a následných problémech s tím spojených. Uvádí na několika příkladech chemických úprav uranových rud (Stráž pod Ralskem a MAPE Mydlovary) výčet hlavních problémů (emise prachu a radonu) a škod na životním prostředí (kontaminace spodních vod), možnosti sanací, rekultivací a následného využití oblastí poznamenaných těžbou a chemickým zpracováním uranových rud. Závěrem jsou nastíněny možnosti nápravy způsobených problémů a rámcový odhad jejich časové a finanční náročnosti.

Summary

This literature review deals with principles of uranium mining with wet metallurgy, and some related problems. There are introduced two examples of uranium mill tailings from Czech republic (Stráž pod Ralskem a MAPE Mydlovary) with their mains problems in environment damage (dust and radon emission, groundwater contamination), possibilities of sanitation, reclamation and revitalization such of this contaminated areas. In conclusion there are rough-draw some possibilities of problems reparation and time and money estimation.

Key words:

mining, uranium mill tailings, radon, dust, groundwater contamination, reclamation,

Úvod

Uran patří mezi aktinoidy ($Z=89-103$), jejichž všechny známé izotopy jsou radioaktivní. Poločas rozpadu většiny aktinoidů je ale natolik krátký, že jenom ^{232}Th , ^{235}U , ^{238}U a snad ^{244}Pu mohly přetrvat od vzniku sluneční soustavy (Greenwood, 1993). K těmto izotopům je možné přiřadit ještě některé další, které v rovnovážných stopových množstvích vznikají kontinuálními procesy radioaktivních přeměn. Z nich je nejdůležitější ^{234}U , (s poločasem rozpadu $2,45 \cdot 10^5$ let), který tvoří ale jen 0,0054% ze všech tří přírodních izotopů uranu. Průměrný obsah uranu v zemské kůře je odhadován na 2,3 ppm, což znamená, že je poněkud hojnější než např. cín. Jedná se o dosti rozšířený prvek, a protože pravděpodobně krystalizoval při vzniku vyvřelých hornin později, vyskytuje se často v poruchových pásmech starších hornin krystalinika. Vyloužením a následujícím opětným vysrážením došlo k jeho zkoncentrování a vytvoření velkého počtu oxidických minerálů, z nichž nejdůležitější je smolinec neboli uraninit U_3O_8 a karnotit $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Avšak i tyto minerály jsou obvykle v horninách velmi rozptýlené, takže typické uranové rudy obsahují pouze asi 0,1% U (Greenwood, 1993).

V druhé polovině osmdesátých let minulého století došlo ve světě vlivem nadprodukce k propadu cen a nahromadění zásob přírodního uranu o který už nebyl zájem. Následovalo zhroucení trhu s finálním produktem, tzv. „žlutým koláčem“ (yellow cake = diuranát amonný), útlum těžby a hledání sanačních a náhradních výrobních programů ve většině světových nalezišť. Například dřívější uranový důl s úpravnou u Driefontein v jižní Africe se podařilo přetransformovat na získávání zlata ze starých výsypek hlusiny (Buson et al., 1999). Světové ceny U se ale v poslední době několikanásobně zvyšují, a proto se opět i u

nás nyní začíná spekulovat o obnovení těžby v některých uzavřených dolech, či dokonce otevření nových (Lepka, 2003, Kubátová, 2007).

Vývoj cen uranu na světovém trhu

(USD/libra – cca 0,45kg)

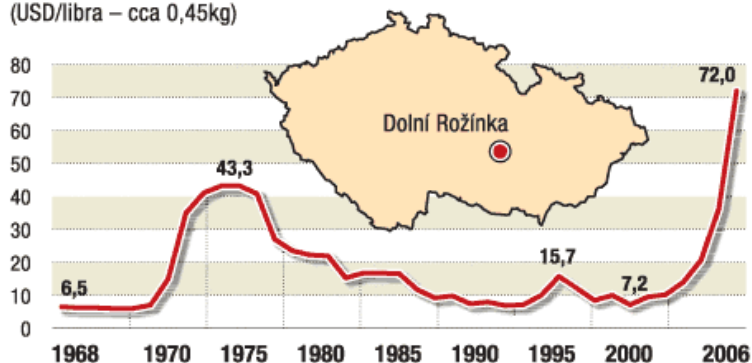


Figure 1. Vývoj cen uranu na světovém trhu (Kubátová, 2007)

Získávání uranu z rud

Získávání uranu z rud s průměrným obsahem cca 2kg U/tunu v chemické úpravně probíhá po jejich důkladném rozemletí na velmi jemnou zrnitost (<0.1 mm). Následuje většinou kyselá nebo alkalická loužení, separace čistých výluhů a v nich pak srážení uranátu amoniakem. Nerozpuštěný zbytek rozdrčené rudy (vyloužená rudnina – rmut - kal) obsahuje kromě zbytkových množství (cca 1/10 původního) nevylouženého uranu také celý původní obsah především doprovodného radia a dalších sice neradioaktivních ale přesto velmi toxických prvků (Tomášek, 2001). Takto vyloužené rudniny se potom odčerpávají a ukládají do odkališť, kde by měly být uloženy už na věčné časy. Zde právě nastávají problémy, protože kaly se zbytky loužících roztoků mívají ještě velmi kyselou reakci (pH od 1,5 do 3,5) a obsahují vysoké koncentrace kromě radioaktivních izotopů radia, thoria a uranu mimo jiné většinou také arsen, berylium, kadmium, chrom, olovo, molybden, nikl a selen. Bezpečné dlouhodobé uložení těchto kalů a roztoků předpokládá dokonale nepropustné podloží takových nádrží, aby nemohlo dojít k znehodnocení zdrojů podzemní vody v okolí (Zhu et al., 2002).

Následky zpracovávání uranových rud

Po vysušení lagun odkališť nastávají další problémy s prašností, nevhodnými fyzikálními i chemickými vlastnostmi suchého kalu pro růst vegetace (Jim, 2001). Pokud se zde nějaká vegetace uchytí, bývá potenciálně toxická pro vysoký obsah akumulovaných radionuklidů a těžkých kovů a způsobuje další šíření toxických prvků do potravních řetězců. Bioakumulační schopností některých rostlin lze ale také využít k fytoremediacím, t.j. odčerpávání toxických látek z kontaminovaných půd, např. některé druhy odolných trav dokáží nahromadit selektivně jen selen, který eventuelně může sloužit jako potravní doplněk pro zvířata v selenodeficitních oblastech (Sharmasarkar et al., 2002).

Dalším závažným a těžko řešitelným problémem jsou plynné emise (emanace) radonu a následná depozice jeho pevných radioaktivních dceřinných produktů uranové rozpadové řady z vysušených odkališť. Tyto dceřinné produkty mají poměrně krátké poločasy rozpadu a končí až stabilním izotopem olova ^{206}Pb , který má kumulativní toxické účinky jako ostatní toxické těžké kovy. Pro radioizotopy, které mají charakter stopových prvků kovové povahy je významné především riziko jejich bioakumulace do těl a orgánů organismů, respektive postupný nárůst jejich koncentrací v potravních řetězcích. Ve venkovním prostředí se koncentrace ^{222}Rn pohybují obvykle v intervalu 3,7-18,5 Bq/m³, průměr pro ČR je udáván okolo 5,5 Bq/m³ (Tomášek, 2001). Limitní aktivita ^{222}Rn uvnitř budov činí 100 až 200 Bq/m³ dle Vyhl. SÚJB č.307/2002 Sb. Při ukončování činnosti největší úpravní uranových rud v ČR, MAPE Mydlovary bylo ve vzduchu nad odkališti naměřeno až 420 Bq/m³ (Hanslík, 1991).

Situace v ČR

U nás, v tehdejší Československé socialistické republice, i v celé RVHP se v těžbě a zpracování uranové rudy jaksi ze setrvačnosti „rozjetého vlaku“ studené války mezi

východem a západ pokračovalo o cca deset let déle než ve světě, t.j. až do poloviny devadesátých let. Na území Čech a Moravy existovalo asi pět hlavních nalezišť smolince, Jáchymov, Příbram, Okrouhlá Radouň, Dolní Rožinka a Stráž pod Ralskem.

V poslední jmenované lokalitě se uran dobýval od roku 1974 navíc i tzv. „chemickou těžbou“, t.j. vtlačeníem loužičího roztoku kyseliny sírové pomocí hlubinných vrtů přímo do uranonosného horizontu v cenomanském souvrství. Loužící roztoky prostupovaly horninou, vyluhovaly uran a byly čerpacími vrty vyvedeny zpět na povrch. Z těchto výluhů byly poté odděleny sloučeniny uranu, které byly přepracovány na finální produkt – „žlutý koláč“. Roztok zbavený uranu byl dokyselen koncentrovanou kyselinou sírovou a opakovaně vtlačen do podzemí. Do ukončení těžby k 31.3.1996 bylo navrtáno cca 8000 technologických vrtů a jimi vtlačeno do podzemí více než 4 miliony tun kyseliny sírové, 320 tis. tun kyseliny dusičné a tisíce tun dalších chemikálií. Uvádí se, že provoz kyselého loužení na ložisku Stráž byl ve svojí době největší na světě. Bylo z něho vytěženo a do tehdejšího SSSR vyvezeno více než 15 tis. tun uranového koncentrátu. Chemická těžba zde způsobila rozsáhlou kontaminaci podzemních vod a v menší míře ovlivnila i půdy, krajinu a ovzduší. V současné době (2006) má ovlivněná plocha zvodnělého cenomanského kolektoru rozsah 24 km². Kontaminace horninového prostředí vyvolaná chemickou těžbou potenciálně ohrožuje zdroje pitných vod i povrchové toky v regionu. Hrozí zde přestup velmi kyselých a zasolených roztoků do turonského kolektoru spodních vod, čímž by mohly být znehodnoceny současné velmi cenné vodní zdroje největší v ČR na celá staletí. Proto je nutné provádět sanaci tohoto území. Podle modelových propočtů bude sanace a likvidace následků chemické těžby uranu zde trvat ještě asi 40 let a vyžádá si náklady okolo 40,9 mld Kč (Josefi a kol., 2006).

V jižních Čechách, nedaleko města Hluboká nad Vltavou, mezi obcemi Mydlovary, Zahájí, Olešník, Nákří a Divčice se nachází 286 ha uranových odkališť spolu s bývalou chemickou úpravnou uranové rudy nazývanou MAPE Mydlovary (název z používané chemikálie MAnганese PErchlorate). Uranová ruda se nikdy v této lokalitě ani v přilehlém okolí netěžila. Do MAPE se dovážela z uranových dolů téměř z celé republiky a někdy i ze zahraničí. Odkalová pole vznikla z velké části v prostorách po těžbě lignitu, který se zde těžil již od začátku minulého století pro mydlovarskou elektrárnu, která byla později využívána už jen jako teplárna. Úpravna byla původně vyprojektována na přepracování 300.000 tun uranové rudy ročně. Zkušební provoz na takzvané kyselé lince byl zahájen v říjnu 1962 a na takzvané alkalické lince v dubnu 1963. Projektovaného výkonu bylo dosaženo již koncem roku 1963. Rudy s vyšším obsahem karbonátů (Rožinka, Příbram) byly louženy sodou (alkalická linka) a rudy se sníženým obsahem karbonátů (Chodov) kyselinou sírovou (kyselá linka). Po zahájení těžby na ložisku Hamr v severních Čechách se kyselá linka ještě dělila na normální a tvrdou, kde loužení probíhalo za vysokých koncentrací kyseliny. Na úpravně byly postupně vyvinuty a realizovány technologie zpracování uranu ze všech československých ložisek uranové rudy. Zpracovatelská kapacita dosáhla maxima v období let 1979 - 1983, kdy bylo upravováno přes 700.000 tun rudy ročně. Od roku 1988 docházelo k omezování odbytu uranového koncentrátu a v návaznosti na postupující útlum těžby a úpravy uranu bylo v říjnu 1991 zpracování uranových rud na chemické úpravně Mydlovary zastaveno s více než ročním předstihem proti časovému harmonogramu, který schválila vláda ČSFR svým usnesením č. 894/1990. Během své činnosti zpracoval podnik MAPE více než 17.000.000 tun uranové rudy a vyprodukoval kolem 36.000.000 tun kalů. Objem kalů 24.000.000 m³, objem vázané vody 17.000.000 m³ (Tomášek, 2001).

Během provozu chemické úpravy MAPE tím vzniklo asi 36 mil. tun kalů, které byly hydraulicky dopravovány do odkališť o celkové ploše 286 ha. Odkaliště jsou nejen skládkami nebezpečných odpadů, ale i vodohospodářskými díly III. a IV. kategorie. Důležitými kontaminanty odkališť jsou emise prachu, objemová výdajnost radonu a gama záření (P.Bossey, 1991). Z výsledků monitorování stavu životního prostředí je zřejmé, že odkaliště Mydlovary negativně ovlivňují zejména jakost ovzduší a podzemních vod. Spad prachu v zájmové oblasti je o cca 30 % větší než v referenčním bodě u Hluboké nad Vltavou. Původcem tohoto znečištění jsou jednak vysychající pláže kalojemů, které jsou zdrojem radionuklidů, ale také sekundární prašnost způsobovaná návozem rekultivačních materiálů na odkaliště. Objemová aktivita radonu je v ochranném pásmu odkališť významně větší než požadovaná hodnota a v závislosti na klimatických podmínkách je v tomto prostoru překračována i maximální přípustná koncentrace radonu ve vdechovaném vzduchu (Diamo, 1998). Odpady z MAPE tvoří zdroj možného dlouhodobého radiačního vlivu na životní prostředí, což vyžaduje jeho regulaci vhodným zadržením a uzavřením. Koncentrace 226-radia ve vzorcích půd mimo závod převyšují 10 000 Bq/kg, přičemž pozadí činí 60-80 Bq/kg (Mondspiegel a kol., 1990).

Emise radonu představují riziko pro okolní obyvatelstvo a jeho vzdušný transport i pro ostatní území. Značnou zátěž pro živé organismy představují emise radonu do volného ovzduší nad odkališti, kde byla naměřena koncentrace radonu až 420 Bq/m^3 , přičemž přípustné koncentrace v budovách je 100 Bq/m^3 . Šíření rozpadových produktů radonu do okolí a potravních řetězců by mělo být omezoáno (Hanslík, 1991).

V procesu posouzení vlivů MAPE na životní prostředí a návrhů jejich minimalizace (EIA, Tomášek 2001) se mimo jiné uvádí, že pro obyvatele obcí Mydlovary, Zahájí a Olešník k celkovému nepřijatelnému karcinogennímu riziku přispívá vdechování radonu, zevní expozice gama záření a v případě hypotetického scénáře pití podzemní vody i arsen, berylium a kadmium. Z hlediska karcinogeních rizik existuje v obci Olešník navíc i nebezpečí při vdechování sloučenin manganu v ovzduší.

Podle 30-ti letého sledování příčin úmrtí obyvatel v jedné z nedalekých obcí existuje signifikantní zvýšení výskytu tumorů, jejichž příčinnou souvislost s provozem MAPE nelze vyloučit (Reban, 2006). V roce 2006 byla též prokázána toxicita průsakových vod pod odkalištěm K-III ústících do stoky Svatopluk před Olešníkem (Máchová, 2006). Uvolňování uranu etc. do biosféry lze prokázat např. už jen prostým porovnáním jeho průměrných koncentrací v povrchové vodě Sodného a Dehtářského potoka, nebo s využitím některých citlivých bioindikátorů i ve středním toku Vltavy (Tykva a kol.).

Jediným aktuálním oficiálním zdrojem informací o postupu sanačních a rekultivačních prací a vlivech na životní prostředí je resortní periodická „Zpráva s.p. Diamo o výsledcích monitoringu a stavu složek životního prostředí v oblasti Mydlovar“ (Starý, Mališ, Urban, DIAMO, 2006). Zde se mimo jiné uvádí, že překročení vyšetřovací úrovně pro uran v odpadních vodách z ČOV bývalého MAPE vypouštěných do Soudného potoka bylo zaznamenáno stejně jako v jiných letech v období nízkých srážek (únor 2005 až $0,37 \text{ mg/l}$, ale r. 2001 až $1,01 \text{ mg/l}$), kdy se ve zvýšené míře projevuje vliv infiltrace kontaminované vody z podloží výrobních objektů do kanalizace bývalé úpravný. Při vypouštění čištěných nadbilančních vod do Vltavy v roce 2005 byly limitní koncentrace (dané příslušnou Výjimkou OÚ Č.Budějovice) ve vypouštěcím profilu do Vltavy pod Hlubokou překročeny ovšem jen pro dusitany ($9,63 \text{ mg/l}$), přičemž bylo za vypuštěné znečištění dle zákona č.254/01 Sb. zapláceno více než jeden milion korun (především za vysoký obsah anorg. solí, až $12,7 \text{ g/litr}$). K 1.5.2005 byla odstavena čistírna drenážních vod (ČDV) a nahrazena „novátorskou“ technologií alkalizace a srážení vod přímo v kališti, čímž se zvýšilo řízené vypouštěné množství vody přímo do Vltavy na rekordních $284\,250 \text{ m}^3$ (Diamo, 2006).

Jakost ovzduší v areálu MAPE a okolí odkališť se ve srovnání s předchozími lety vyznačovala snížením prašnosti (na cca 18 % limitu) a ekvivalentní objemová aktivita radonu (EOAR) zůstala na úrovni předchozích let, vesměs pod vyšetřovací úrovní schválenou SÚJB Praha, tj. 50 Bq/m^3 , s nejvyššími průměrnými hodnotami v obcích Zbudov (11,3) a Mydlovary ($10,8 \text{ Bq/m}^3$). Emise radonu mají být rekultivačními pracemi omezeny na mezinárodně doporučovanou úroveň, tj. $0,8 \text{ Bq/m}^2/\text{s}$ a tím snížena expozice kritické skupiny obyvatel v obci Mydlovary od objektů bývalé úpravný ze současné hodnoty cca $200 \mu\text{Sv/rok}$ (tj. 20 % limitu) na cca $90 \mu\text{Sv/rok}$ (9% limitu).

Zrekultivovaná plocha odkališť činila ke konci roku 2005 přesně $98,5 \text{ ha}$ z celkových 286 ha , přičemž celková plocha monitorovaného území činí cca 8 km^2 , včetně odkališť (Starý, Mališ, Urban, DIAMO, 2006). V kapitole 4.2 výše citované Zprávy o kontaminaci biosféry je kromě zcela nekonkrétního a tudíž nepřesvědčivého tvrzení o „poklesu obsahu kovů ve všech monitorovaných rostlinách“ bez dalšího upřesnění, též zmínka o zajímavém trojím překročení vyšetřovací úrovně ($0,2 \text{ mg/kg}$) obsahu uranu v zemědělských plodinách (ječmen u K III – $0,4 \text{ mg/kg}$, řepka u K IV/E – $0,25 \text{ mg/kg}$ a travní porost u K I – $0,4 \text{ mg/kg}$). Je otázkou, proč se v blízkosti kalojemů vůbec zemědělské plodiny pěstují.

Jistá sledování migrace a kumulace těžkých kovů a radionuklidů do složek životního prostředí prováděla ještě z doby provozu MAPE katedra ekologie tehdejší VŠZ (dnešní ZF JU v Č.Budějovicích) na objednávku někdejšího Uranového průmyslu s.p. (dnešní DIAMO s.p.), ovšem tyto výsledky nebyly nikde veřejně publikovány, kromě okrajové zmínky o kontaminaci králíků rádiem 226 a uranem (Hanslík, 1991), kde se v kostech našlo až 337 Bq/kg rádia a $4,6 \text{ g/kg}$ uranu.

Možnosti nápravy

První fáze sanačních a rekultivačních prací spočívají ve vysušení lagun a neprodyšném uzavření terénu nad odkališti. Tím by mělo dojít k výraznému omezení úniku radionuklidů. Tyto sanační a rekultivační práce mají krajinu částečně očistit od negativního vlivu odkališť obsahujících veliké množství radioaktivního rmutu, ale postupují velmi pomalu. Není dostatek sanačních materiálů, ale hlavně finančních prostředků. V prostoru odkališť MAPE se počítá s ročním návozem rekultivačních materiálů 250.000 tun. Celkové množství materiálu na sanaci je odhadováno kolem 7.036 milionu tun. Doba rekultivací byla podle návrhu Projektu Svazku obcí Blata z roku 2004 zkrácena z původních 40 na 28 let (Houba, 2004). Do roku 2003 už měly být minimalizovány nadbilanční vody odkališť, vybudován dopravní obchvat obcí Zahájí a Mydlovary, postavena kompostárna etc., což se ovšem nestalo asi také proto, že ani v EU se na to nenašli finance. Předpokládané finanční prostředky na sanaci a rekultivaci byly odhadnuty na desítky miliard Kč (Ješ, 2007).

Podle nejnovější Studie komplexního řešení kontaminace podzemních vod průsaky z odkališť v oblasti Mydlovar, která má být využita v novém procesu EIA (2007-11) je z pohledu znečišťování podzemních vod nejrizikovějším kalojemem K-III nad obcí Olešník. Dominantní vliv odkaliště na chemismus podzemních vod zasahuje až do vzdálenosti 900m, tj. k odkališti popílků z bývalé elektrárny u Mydlovar. Z této skutečnosti vychází průměrná rychlost postupu kontaminace podzemní vody na 36 m za rok. Závěry této studie vycházející z matematického modelu šíření kontaminace vod také napovídají, že další šíření kontaminace lze očekávat směrem do prostoru Mydlovarského rybníka u Zlivy (ENACON-Praha, 2006). Dále je zde také konstatováno, že zatěsnění odkaliště K-III v rámci plánovaných rekultivačních prací bude vzhledem k výskytu kontaminace v zóně s trvalým prouděním podzemní vody z hlediska zásadního omezení dalšího šíření kontaminace samo o sobě nedostatečné, a proto je navrženo doplňkové řešení.

Podle sanační Studie od firmy Pincock, Allen & Holt z U.S.A. vypracované nedávno pro Diamo je navrženo toto problematické kaliště K III hydraulicky přemístit do jednoho z nezaplňených odkališť s využitím technologie geotextilního odvodnění kalů (Pincock et al., 2005).

Závěr

Zmiňované sanační studie však většinou neřeší poslední fázi rekultivací, totiž jejich ozelenění rostlinami a další následnou údržbu krajiny. Tato fáze rekultivací je sice ještě poměrně vzdálená, ale např. na sanovaném odkališti K I už začíná být aktuální. Není totiž vhodné nechat tuto poslední fázi přirozené sukcesí invazivní vegetaci, protože břízy a podobné náletové dřeviny by jednak svými kořeny porušily vodotěsnou těsnicí vrstvu materiálu, a také by transportovaly radionuklidy dále do životního prostředí. Proto je nutno hledat a napěstovat vhodné byliny, které vydrží na těchto extrémních stanovištích a nebudou přitom výrazně kumulovat těžké kovy ani radionuklidy. V této oblasti se otevírá široké pole pro možnou spolupráci pracovišť, zabývajících se fytoremediací (Tykva a Berg, 2004).

Poděkování

Předložená práce mohla být uskutečněna též díky podpoře výzkumnému projektu zemědělské fakulty Jihočeské university v Českých Budějovicích s názvem: Interakce chemických složek v ekosystému povrchových vod; s identifikačním kódem CEZ JO6/98/122200003 a navazujícím výzkumným projektem MSM 6007665806 od Ministerstva školství ČR.

Citace

Bossew P.: Radio-ecological investigations in the surroundings of MAPE uranium ore processing plant near České Budejovice in southern Bohemia (CSFR)., Studie rakouského ekologického institutu, Vídeň, 1990, 15 pp.

Buson G.D. et al.: The West Driefontain reclamation carbon-in-pulp plant, pilot plant testwork, design, commissioning and optimization., J. of the South African Institute of Mining and Metallurgy 99(2), 1999, 63-67 p.

DIAMO s.p.: Analýza rizik - odkaliště Mydlovary, 1998, 28 pp.

- DIAMO s.p. (Starý,P., Mališ A., Urban P.): Zpráva o výsledcích monitoringu a stavu složek životního prostředí v oblasti Mydlovar., únor 2006, 36 pp.
- ENACON s.r.o. Praha: Studie komplexního řešení kontaminace podzemních vod průsaky z odkališť v oblasti Mydlovary., 2006, 123 pp.
- Greenwood N.N., Earnshaw A.: Chemie prvků., český překlad z angl.orig. Chemistry of the Elements., 1984 Pergamon Pres plc., Oxford, 1993, Informatorium, Praha, 1635 pp.
- Hanslík E.: Vodní hospodářství 7/1991, 243 p.
- Houba J.: Rekultivace a odstranění ekologické zátěže po hydrometalurgickém zpracování uranových rud v oblasti obcí Dívčice, Mydlovary a Olešník regionu BLATA., PBA Group, září 2004, Svazek obcí Blata, 31 pp.
- Jež J.: Čas nových uranových dolů ještě přijde., HN 29.1.2007, www.ihned.cz
- Jim C.Y.: Ecological and landscape rehabilitation of quarry site in Hong Kong., Restoration Ecology 9 (1), 2001, 85-94 p.
- Josefi R., a kol.: Likvidace následků chemické těžby uranu ve Stráži pod Ralskem. In: Sborník XIX. konference Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství, Č.Budějovice, 10.-11.5. 2006, 113-121 p.
- Kubátová Z.: Růst cen vrací do hry český uran., HN 25.1.2007, www.ihned.cz/kubatova
- Lepka F.: Český uran 1945-2002 Neznámé hospodářské a politické souvislosti., Kosmas.cz, 2003, 102 pp.
- Máchová J.: Protokol toxikologického vyšetření povrchové vody., VURH-JU Vodňany, 2006, 5 pp.
- Mondspiegel K., Tykva R., Szabool J.: Příspěvek k hodnocení radiační situace v okolí CHÚUP –MAPE Mydlovary., Studie UKE AV ČR, České Budějovice, xx pp.
- Pincock, Allen & Holt, 2005: Feasibility Study for the Mydlovary MAPE Remediation Project in Czech Republic., USA, 150 pp.
- Reban J.: personal comunication, 2006
- Sharmasarkar S., Vance G.F.: Soil and plant selenium at a reclaimed uranium mine., J.of Env. Quality 31(5), 2002, 1516-1521
- Tykva R., Švehla J., Škopek P.: The river Vltava and wastes from MAPE Mydlovary. (v přípravě do tisku)
- Tomášek J.: EIA 2001- Dokumentace o hodnocení vlivu na životní prostředí stavby – Sanace, rekultivace a vyřazování odkališť po uranové činnosti na lokalitě Mydlovary. SOM s.r.o., Mníšek pod Brdy, červen 2001, 260 pp.
- Tykva, R., Berg, D.,(Eds.) 2004: Man-Made and Natural Radioactivity in Environmental Pollution and Radiochronology., Kluwer Acad. Publisher, Dordrecht NL, 416 pp.
- Zhu C., Anderson G.M., BurdenD.S.: Natural attenuation reactions at a uranium mill tailings site, western USA. Ground Water 40(1),2002, 5-13p.