

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav geologie a pedologie

**Těžba zlata a s ní spojené environmentální problémy v rozdílných
klimatických pásmech**

Bakalářská práce

2015/2016

Václav Pecina

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Těžba zlata a s ní spojené environmentální problémy v rozdílných klimatických pásmech zpracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne: 28. 4. 2016

Podpis studenta:

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval v první řadě mému vedoucímu práce doc. Mgr. Jindřichu Kynickému Ph.D. za jeho odborný dohled nad psáním této práce, četné rady, doporučení a možnosti získat v dané problematice opravdu světový rozhled. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Davidu Juříčkovi a prof. Anthonyemu Williamsi-Jonesovi za odborné rady, inspiraci a konzultace. V neposlední řadě patří také velké díky Ing. Martinu Brtnickému a Ing. Radku Pecinovi za možnosti zúčastnit se studia dané problematiky v zahraničí a ochotu pomoci při vzniku této práce. Na závěr bych rád poděkoval rodině a přátelům za aktivní podporu a motivaci.

Abstrakt

Tématem práce je charakteristika těžby zlata a jejích dopadů na životní prostředí ve čtyřech hlavních klimatických pásmech (chladný, mírný, subtropických a tropický), jejichž klimatické podmínky jsou brány jako klíčový faktor ovlivňující těžbu, její dopady i následnou rekultivaci degradovaných ploch. Práce je řešena formou literární rešerše, ve které je vliv klimatu prezentován na příkladu vybraných zemí (Ruská federace, Mongolsko, Jihoafrická republika a Brazílie), pro které jsou dané klimatické pásy charakteristické. Těžba zlata má v různých klimatických pásmech své specifické dopady na životní prostředí, které jsou dále umocňovány stupněm rozvoje země, ve které těžba probíhá, její legislativou, způsobem těžby a přístupem k ochraně životního prostředí. Obecně největšími environmentálními problémy spojenými s těžbou zlata jsou kontaminace rtutí, kyanidy a těžkými kovy, degradace krajiny, deteriorizace vodních zdrojů, deforestace a fatální devastace vegetace. Velký vliv mají klimatické podmínky také při rekultivaci a revitalizaci celých regionů postižených těžební a úpravářskou činností. Rekultivace může být problematická zejména v aridních oblastech s nedostatkem srážek, nebo v chladných oblastech s množstvím sněhu, zmrzlou půdou a krátkou vegetační sezónou. V tropických podmínkách naopak vzhledem k příznivému klimatu dochází často i k rychlé samovolné sukcesi. Práce shrnuje poznatky týkající se dané problematiky a prezentuje je v ucelené a přehledné formě.

Klíčová slova: těžba zlata, životní prostředí, klima, znečištění, kyanid, rtuť, rekultivace

Abstract

The work subject is the gold mining characteristic and its impacts on environment in the four main climatic zones (cold, temperate, subtropical and tropical) which its climatic conditions are impeached as the key factor effecting the mining, its impacts and the following recultivation of the degraded areas. The form of this work is the literature search in which the climate influence is presented on the exam of the chosen countries (Russian Federation, Mongolia, South Africa and Brazil) for them are climatic zones characteristics. The gold mining has its specificity of the impacts on an environment in the different climatic zones which are exponentiated by country development in which is the mining in progress, its legislative, means of extraction and the attitude to environment protection. Generally, the biggest environmental problems connected with the gold mining are mercury contamination, cyanides and heavy metals pollution, landscape degradation, water source deterioration, deforestation and fatal devastation of vegetation. Great influence has climatic conditions during recultivation and revitalization of whole regions affected by mining and adjusting activities. Recultivation should be more problematic in the arid regions because of the lack of rainfalls or in the cold areas with much snow, frozen soil and short growing season. Vice versa, due to the favourable tropical climate conditions it comes to spontaneous succession, often very quickly. Work concludes the knowledges relating with given subject and it presents them in the compact and tabular form.

Key words: gold mining, environment, climate, pollution, cyanide, mercury, recultivation

OBSAH

1 ÚVOD	8
2 LITERÁRNÍ PŘEHLED	9
2.1 Těžba zlata.....	9
2.1.1 Zlato	9
2.1.2 Geneze zlata a typy ložisek	9
2.1.2.1 Primární ložiska	10
2.1.2.1 Sekundární ložiska	13
2.1.3 Využití.....	14
2.1.4 Světová produkce a zásoby	14
2.1.5 Způsoby těžby a zpracování	17
2.2 Dopady těžby zlata na životní prostředí	19
2.2.1 Životní prostředí, environmentalistika a deteriorizace.....	19
2.2.2 Rizika a environmentální problémy spojené s těžbou zlata	20
2.2.4 Rekultivace krajiny	26
3 MATERIÁL A METODIKA	28
4 VÝSLEDKY A DISKUZE	29
4.1 Těžba zlata napříč klimatickými pásy na příkladech vybraných zemí	29
4.1.1 Chladný pás – Ruská federace	29
4.1.1.1 Charakteristika klimatu	29
4.1.1.2 Těžba zlata v Ruské federaci	30
4.1.1.3 Dopady těžby zlata na životní prostředí	31
4.1.1.4 Rekultivace	32
4.1.2 Mírný pás – Mongolsko	32
4.1.2.1 Charakteristika klimatu	33
4.1.2.2 Těžba zlata v Mongolsku	33

4.1.2.3 Dopady těžby zlata na životní prostředí	35
4.1.2.4 Rekultivace	37
4.1.3 Subtropický pás – Jihoafrická republika	37
4.1.3.1 Charakteristika klimatu	38
4.1.3.2 Těžba zlata v Jihoafrické republice	38
4.1.3.3 Dopady těžby zlata na životní prostředí	40
4.1.3.4 Rekultivace	42
4.1.4 Tropický pás – Brazilská federativní republika	42
4.1.4.1 Charakteristika klimatu	43
4.1.4.2 Těžba zlata v Brazilské federativní republice	44
4.1.4.3 Dopady těžby zlata na životní prostředí	46
4.1.4.4 Rekultivace	48
5 ZÁVĚR	49
6 SUMMARY	50
7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	51
8 SEZNAM PŘÍLOH	66

1 ÚVOD

Se zlatem je spjata značná část historie lidstva. Jeho těžba se v průběhu staletí vyvíjela a nabývala na intenzitě a objemech. Od původní drobné těžby prostřednictvím rýžování na sekundárních ložiscích v blízkosti vodních toků se těžba zlata transformovala do obrovských těžebních komplexů, které se v současné době zaměřují především na primární ložiska. Celý tento vývoj a bohatství s ním spojené je ale poznamenán katastrofálními dopady na životní prostředí.

Předkládaná bakalářská práce na téma „Těžba zlata a s ní spojené environmentální problémy v rozdílných klimatických pásmech“ byla zadána na Ústavu geologie a pedologie v roce 2014. Hlavním cílem této práce je podat ucelený a komplexní pohled na těžbu zlata a environmentální problémy s ní spojené v různých částech světa s kardinálním zaměřením na tropický a subtropický klimatický pás.

Dalším cílem práce je na příkladu vybraných zemí z jednotlivých klimatických pásů charakterizovat těžbu zlata, její význam, environmentální problémy během těžby, po těžbě a případné následné realizované rekultivační práce, které by mohly pomoci krajině regenerovat. Jako důležitý faktor je zde bráno klimatické pásmo a jeho případná role v rychlosti regenerace krajiny, stejně jako vliv na těžbu a její dopady.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Těžba zlata

2.1.1 Zlato

Zlato je kov s chemickým symbolem Au (Čižmářová et al., 2012) a z hlediska fyzikálního jej řadíme mezi těžké kovy (Struž a Studýnka, 1985) s hustotou $19,3 \text{ g/cm}^3$ (Brtnický et al., 2015). Barva je zlatožlutá, mosazně žlutá, někdy i skoro bílá (Pauk, 1969), v závislosti na příměsích (Čižmářová et al., 2012). Symetrie je krychlová, tvrdost 2,5 - 3, lesk je kovový, vryp zlatožlutý, kovově lesklý (Pauk, 1969). Bod tání má přibližně $1\,064 \text{ }^\circ\text{C}$, v závislosti na příměsích a bod varu $2\,807 \text{ }^\circ\text{C}$ (Čižmářová et al., 2012). Před dmuchavkou se taví na kuličku, která se v běžných kyselinách nerozkládá. Je rozpustné v lučavce královské, rtuti, kyanidu draselném, kyanidu sodném a v alkalických polysulfidech (Bernard et al., 1992; Pauk, 1969; Struž a Studýnka, 1985).

Z hlediska mineralogického můžeme zlato zařadit mezi ryzí prvky do skupiny kovů (Brtnický et al., 2015), což jej řadí mezi malý počet prvků, které se vyskytují v přírodě v ryzím stavu jako nerosty, což je dáno především jejich malou slučivostí (Pauk, 1969).

Krystaly zlata jsou vzácné, většinou se vyskytuje ve formě zaoblených valounků různé velikosti, v zrnech, nebo šupinkách (Pauk, 1969). Krystalové plochy jsou často nerovné a krystalové hrany a rohy jsou zaobleného tvaru, tvoří obvykle agregáty houbovitě, stromečkovitě, mechovitě, drátkovitě, plíškovitě a nepravidelně zrnité (Brtnický et al., 2015).

Zlato se dá v přírodě nalézt v mnoha materiálech a prostředích. Jeho množství se nejčastěji udává v jednotkách ppm (part per milion), což vyjadřuje obsah Au v gramech na tunu horniny. U velmi nízkých obsahů se používá přesnější jednotka ppb (part per bilion). Průměrná zemská kůra obsahuje přibližně $0,005 \text{ g}$ (5 ppb) zlata v tuně horniny (Čižmářová et al., 2012). Velké zásoby obsahují některé typy metamorfovaných ložisek, díky své odolnosti se může hromadit v rozsypech a aluviálních sedimentech a ekonomicky významné jsou hydrotermální křemenné žíly s Au (Brtnický et al., 2015).

2.1.2 Geneze zlata a typy ložisek

Geneze zlata je velmi komplikovanou problematikou, která se v průběhu historie stala cílem mnoha vědeckých prací, které přinesly řadu různých teorií o vzniku současných ložisek.

Při vzniku ložisek zlata se může účastnit řada procesů, které umožňují existenci různých typů ložisek. Charakter zlata a jeho deponování podmiňuje techniku těžby a tím také dopady na okolní krajinu. Nejjednodušší rozdělení ložisek zlata je na primární a sekundární, které se pak mohou ještě dále podrobněji dělit dle způsobu vzniku.

2.1.2.1 Primární ložiska

V různých částech světa má distribuce zlata podobný charakter, kdy jsou hlavním nositelem rozptýleného zlata v zemské kůře především bazické vulkanity. Tato distribuce vyplývá ze siderofilního charakteru zlata a svědčí o jeho hlubinném původu v zemské kůře, pravděpodobně z pláště, odkud bylo vyneseno bazickým vulkanismem po hlubinných zlomových strukturách (Morávek, 1992). Vedle bazických vulkanitů mají vyšší koncentrace zlata také některé sedimentární horniny, zejména klastické povahy, jako například kvarcity a konglomeráty, a sedimenty, ve kterých mají vyšší podíl organické nebo jílovité složky (Petrov, 1976 in Morávek, 1992).

Jako hlavní zdroj zlata v zemské kůře udává Anhausser (1976) in Morávek (1992) archaické štítové komplexy, ve kterých se uvažuje s vulkanoplutonickými komplexy typu greenstone belts. „Vznik ložiskových koncentrací zlata ve vulkanosedimentárních oblastech typu greenstone belts je normálním důsledkem jejich dlouhodobého geotektonického vývoje, a ložiska zlata jsou proto jejich přirozenou součástí. Vznik Au-ložisek byl pravděpodobně synchronní s kulminací metamorfních a deformačních procesů, anatexí spodních částí kůry a granitickými intruzemi do vrchního patra. Geologické procesy formující greenstone belts nejsou výlučné pro archaikum, k jejich opakování docházelo i v mladších etapách vývoje zemské kůry a daly vznik geologicky mladším, avšak litologicky i metalogeneticky obdobným formacím s obdobnými typy zlatonosných ložisek“ (Hutchinson, 1987 in Morávek, 1992). Jak uvádí Woodall (1988) in Morávek (1992), mladé epidermální hydrotermální systémy jsou metalogeneticky na zlato stejně bohaté jako archaické greenstone belts a bývají vázané na terciérní až subrecentní vulkanismus. Energetickým zdrojem při vzniku ložisek jsou endogenní geologické procesy, které způsobují mobilizaci a redistribuci původně rozptýleného zlata v hornině až do ložiskových koncentrací (Morávek, 1992).

Kromě faktu, že obsahy zlata mírně stoupají od granitů přes intermediární a bazické horniny k ultrabazikům, může tedy být významná i forma vazby zlata v určité hornině (především v horninových sulfidech) a schopnost zlata migrovat při pozdějším porušení

fyzikálně chemické rovnováhy v hornině při metamorfních a hydrotermálních pochodech (Bernard et al., 1992). Zlato se pak nachází především vtroušeně ryzí v křemeni, nebo rostlé v pyritu na křemenných zlatonosných žilách (Pauk, 1969), vzniklých z horkých roztoků doprovázejících výstup žulových plutonů, průnik tavenin andezitů a ryolitů do nejsvrchnějších částí zemské kůry, nebo na zemských površích, či souvisejících s migrací vody při metamorfóze hornin (Čižmářová et al., 2012). Samotná krystalizace zlata pak může probíhat v puklinách a tektonických trhlinách ze zbytkových hydrotermálních roztoků s koncentrací Au, které se tvořily kondenzací magmatických par a plynů unikajících zejména z tuhajícího magmatu (Pauk, 1969; Machart, 1971 in Mašlová, 2015)

V praxi se udává několik průmyslových typů ložisek zlata podle morfologických typů zlatonosného zrudnění (Bernard et al., 1992; Zimák, 2005):

Zlatonosné konglomeráty (paleorozsypy)

Někdy též označovány jako ložiska detritická. Patří sem světově nejvýznamnější zlatonosná oblast, kterou je jihoafrický Witwatersrand, kde se nacházejí zlatonosné horizonty metakonglomerátů starých asi 2,8 miliard let na ploše přibližně 300 x 150 km. Hlavní rudní horizont je mocný 30 cm až 3,6 m a křemenné valouny v něm jsou tmeleny křemenem a pyritem se zlatem o rozměrech 0,1 až 0,01 mm. Mezní těžitelná koncentrace je kolem 5 g Au/t, obsah zlata se pohybuje většinou mezi 10-12 g/t. Bylo zde vytěženo už zhruba 40 000 t Au. Méně významná jsou podobná ložiska jako například Tarkwa (Ghana) a Serra de Jacobina (Brazílie).

Subvulkanická ložiska Au

Označované taky jako typ hydrotermální subvulkanický. Zrudnění zlata jsou zde vázána na vulkanicko-plutonické komplexy kyselého až intermediárního pozdního magmatismu mladých pásemných pohoří, který je reprezentován andezity, dacity, ryolity, latity a čediči, nebo diority a granodiority. Zlato se vyskytuje především jako elektrum (přirozená slitina se stříbrem). Dle doprovodné mineralizace můžeme vyčlenit dva hlavní typy:

a) Mineralizace Au-Ag na ložiskách Pb-Zn-Cu (bez telluridů) – příkladem je Baia Sprie (Rumunsko), kde bylo elektrum s nerosty Ag (miargyrit, andorit aj.) ve svrchních zónách nad zónou Pb-Zn a zónou Cu (-W). Významná ložiska jsou ve Skalistých horách, zejména

ložiska Comstock Lode v Nevadě, kde jsou elektrum s argentitem hlavní složky křemenné žíly dlouhé 7 km a až 100 m mocné, přítomny jsou i stefanit, polybazit, obecné sulfidy a mladší generace zlata. Další ložiska jsou například Carlin (Nevada) a Rejang Lebong (Sumatra).

b) Mineralizace Au-Ag s telluridy Au, Ag a Bi – Au se vyskytuje v ryzí formě vázané na arsenopyrit, nebo jako součást telluridů. Významné je například rumunské ložisko Sacarîmb, kde řídké elektrum doprovází bohatá suita telluridů, především nagyagit, méně sylvanit, stutzit a petzit s alabandinem, obecnými sulfidy a rodochrozitem.

Nejvýznamnější ložiska jsou ve Skalistých horách, například Cripple Creek (Colorado), kde křemen obsahuje elektrum, doprovázené hojným calaveritem a hessitem.

Plutonická ložiska Au a metamorfogenně hydrotermální ložiska Au

Především v archaických štítech se můžeme setkat s velkými ložisky Au ve vulkano-plutonické formaci typů greenstone belt. Zlato zde doprovází například pyrit. Mezi bohatá ložiska patří Kirkland Lake (Ontario) nebo Kalgoorlie (Austrálie), kde jsou hojné telluridy Au.

Velmi významná jsou metamorfogenní ložiska zlata, kde bylo zlato regenerováno z hornin s mírným nahromaděním Au či z původních ložisek Au během metamorfózy. Poté došlo k migraci ve formě metamorfních hydrotermálních roztoků, což mohlo vést k celkovému rozptýlení nebo nahromadění zlata v závislosti na hornině a její pórovitosti. K tomuto typu patří například Muruntau (Uzbekistán) a některá ložiska v Ghaně.

Hojný je typ zlatonosných křemenných žil a žilníků v oblastech intermediálních až bazických intruziv, kam patří například Salsigne (Francie) a Mother Lode (Kalifornie).

Křemenné zlatonosné žíly se objevují i v kombinaci se zrudněním Sb, které jsou na ložiscích jako například Brandholz (Německo), Globe and Phoenix (Zimbabwe) a Barberton (Jihoafrická republika).

Významná jsou hypoabysální ložiska Au ve společenství obecných sulfidů (např. s pyritem a arsenopyritem). Mezi ně patří například Roudný (Česká republika), Kilo-Moto (Demokratická republika Kongo) a Morro Velho (Brazílie).

Vulkanosedimentární sulfidická ložiska s příměsí Au

Průmyslově významné koncentrace zlata můžou být v rudách vulkanosedimentárních ložisek typu Cu, Cu-Zn, Cu-Pb-Zn a Pb-Zn. Jejich vznik je také vázán na regionální

metamorfózu, kdy se zlato částečně uvolňuje z hostitelských minerálů a díky metamorfní remobilizaci se v prostoru původního ložiska, nebo i dále od něj, může vytvořit hydrotermální Au-mineralizace. Mezi tato ložiska patří např. Flin Flon (Kanada), kde se pohybuje obsah zlata v Cu-Zn rudách kolem 2 g/t, nebo Zlaté hory-západ (Česká republika).

2.1.2.1 Sekundární ložiska

Při rozrušování hornin primárních ložisek dochází k denudaci zlata a tvorbě jeho rozsypů na zemském povrchu. Následně vlivem exogenních procesů může docházet k jeho transportu a následné sedimentaci, kdy vytváří akumulace, jejichž charakter a rozloha jsou dány především délkou trvání exogenních pochodů, jejich typem a intenzitou. Rozsypová ložiska lze pak na tomto základě rozdělit na eluviální, deluviální, terasové a aluviální (Machart, 1971; Litochleb et al., 2007 in Mašlová, 2015).

Zlato v eluviálních rozsypech neprošlo žádným transportem a nachází se ve zvětralých kusech horniny v místě jeho denudace. Deluviální rozsypy jsou takové, ve kterých prošlo zlato ve zvětralé hornině pouze krátkým transportem po svahu dolů. Z deluviálních rozsypů je poté zlato dále transportováno vodou a ve vhodných podmínkách sedimentováno. Tyto akumulace zlata jsou pak označovány jako sekundární ložiska. Ta lze pak dále rozdělit na terasové a aluviální rozsypy. Vznik terasových rozsypů je vázán na pliocén až pleistocén, zejména na střídání dob ledových a meziledových, během kterých docházelo k transportu množství zvětralin vodou, spojenému s tvorbou stupňovitých šterkopískových teras kolem vodních toků. Ty už ale v současné době nemusí korespondovat s aktuální vodotečí. Pleistocenní i mladší terciární rozsypy pak podléhaly dalšímu rozrušování, což mělo za následek vznik recentních aluviálních rozsypů, které se nacházejí podél aktuálních vodních toků a vytvářejí tak nejmladší a nerozšířenější typ rozsypů (Machart, 1971; Litochleb et al., 2007 in Mašlová, 2015).

Rozsypová ložiska zlata se nacházejí ve velké míře po celém světě. Jako globálně významná aluviální rýžoviska se udávají například ložiska na řekách Yukon a Klondike na Aljašce nebo v povodí řek Lena a Amur v Rusku. Bohatá a hospodářsky významná jsou také příbřežní a plážová rýžoviska, která se nacházejí například při pobřeží Aljašky (Nome) a Chile (Zimák, 2005). Největší nalezené doložené valouny zlata jsou známy

z Austrálie a měly 93, 67 a 65 kg. Další, více než 50 kg těžký valoun, byl nalezen v Demokratické republice Kongo (Bernard et al., 1992).

2.1.3 Využití

Zlato je jedním z prvních kovů, které člověk začal využívat. Je kujné, dá se vytepat na tenké plíšky (Pauk, 1969), vyznačuje se výbornou tažností, elektrickou vodivostí, na vzduchu je stálé a nepodléhá korozi (Struž a Studýnka, 1985).

Ryzí zlato je poměrně měkké, a proto je jako takové nevhodné pro výrobu zlatých předmětů. Proto dochází ke směšování s jinými kovy, díky čemuž se získávají slitiny s vyšší tvrdostí a pevností. Nejčastěji se vytvářejí zlaté slitiny s přísadou mědi, stříbra, niklu nebo paládia. Druh a množství přidaného kovu ovlivňuje i výslednou barvu (Struž a Studýnka, 1985).

Čistota zlata ve slitinách se uvádí v tzv. karátech. Jeden karát představuje 1/24 hmotnostního podílu zlata na 1000 dílů kovové slitiny. V obchodech se zlatem a zejména v peněžnictví se používá i další míra, kterou je trojská unce o hmotnosti 31,1 g, přičemž standardní unce odpovídá 22 karátovému zlatu (Čižmářová et al., 2012).

Nejvíce vytěženého zlata na světě se využívá v klenotnictví a peněžnictví, kde je podkladem měny. Dále se používá například v mincovnictví, lékařství, na výrobu chemického náčiní, v moderní technice a elektronice, ve sklářství, keramice, stavebnictví a v leteckém a kosmickém průmyslu (Čižmářová et al., 2012; Pauk, 1969; Struž a Studýnka, 1985).

2.1.4 Světová produkce a zásoby

Zlato obsažené v naplaveninách, nebo v žilách vystupujících na povrch, bylo pro člověka snadno dosažitelné, a tak mohlo být využíváno řadou těch nejstarších civilizací, které jsou známy například z území Egypta, Přední Asie, Indie, Číny, Mexika a And. Technika a technologie mechanického zpracování zlata v ryzí formě byla všude zvládnuta, což vedlo k intenzivnímu zájmu o zlato a jeho získávání (Struž a Studýnka, 1985).

Pomineme-li prehistorické těžby v různých částech světa (Egypt, Ghana, Mexiko, Peru), tak byla po celá staletí nejvýznamnější těžba v evropské Transylvánii. S nástupem novodobé těžby zlata je pak spojena řada nových nálezů velkých rozsypových ložisek, která se proslavila především ve spojení se „zlatými horečkami“, například v Kalifornii,

Austrálii a následně také na Klondiku a v Nome (Aljaška). Historicky významná je také těžba na sibiřských řekách (Bernard et al., 1992).

Mezi světově významná naleziště se řadí žíly a náplavy na Sibiři, na severovýchodě Jihoafrické republiky, v západní Austrálii, v Brazílii a na Aljašce (Pauk, 1969). S ohledem na jednodušší získávání, pocházela většina zlata vytěženého v minulosti z rýžovisek. Vzhledem k vyčerpávání těchto rozsypových zdrojů ale došlo k nárůstu těžby primárních ložisek, která činila v roce 1992 80-90 % celkové produkce (Bernard et al., 1992).

Jak udává Vaněček (1995), kvantitativní klasifikací světových ložisek zlata se zabýval Bache (1981). Ten při svém hodnocení ložisek bral v úvahu množství do té doby vytěženého zlata i aktuální zásoby. Statisticky zpracoval více než 500 světových ložisek s těžbou větší než 10 t (mimo tehdejší SSSR a Čínu) s celkovým rozsahem 86 740 t a následně stanovil 3 velké skupiny ložisek, a to detrická (67,5 %), vulkano-sedimentární (19,5 %) a vulkanoplutonická (13 %). Největší podíl zde má Witwatersrand, a to téměř 58 %, necelých 10 % připadá na recentní rýžoviska a 7,8 % tonáže je vázáno na ložiska Cu-rud a polymetalická ložiska.

Podle svého významu pro průmysl zlata se podle Vaněčka (1995) vyčleňují následující typy ložisek zlatonosných rud:

1. *Velká až gigantická ložiska žilníkových a vtroušených rud, většinou v černých nebo zelených břidlicích. Obsahy Au se pohybují od 6–20 g/t. Podíl na světových zásobách mají 65-70 %, na světové těžbě 55-60 %.*

Příklady: Witwatersrand (JAR), Homestake (USA), Kalgoorlie (Austrálie)

2. *Velká a střední žilná a žilníková ložiska, často s křemenem, někdy s teluridy. Obsahy Au se pohybují mezi 4-25 g/t. Podíl na světových zásobách je kolem 10 %, na světové těžbě 10-15 %.*

Příklady: Berjovsk, Cripple Creek (USA), Kolár (Indie), Bendigo (Austrálie)

3. *Velká a střední ložiska mědi (zejména porfyrová) a polymetalů různých tvarů s vtroušenou sulfidickou mineralizací. Obsahy Au jsou mezi 0,1-0,6 g/t. Podíl na světových zásobách Au je 7-10 %, podíl na světové těžbě 10-15 %.*

Příklady: Cobar (Austrálie), Panguna (Papua-Nová Guinea), El Teniente (Chile).

4. *Aluviální, eluviální a příbřežní mořská rýžoviska s obsahy 300-1000 mg/m³. Na světových zásobách se podílejí z 10-15 %, podíl na světové těžbě činí 15-20 %.*

Příklady: Tapajos (Brazílie), Lena (SSSR), Rop Cacucua (Kolumbie)

Převážná většina světového zlata byla vytěžena v poválečné éře, a tak jako se vyvíjel průmysl, diverzifikovala se i těžba zlata. V roce 1970 byla s přibližně 1000 t největším světovým producentem zlata Jihoafrická republika, podílející se na celkové produkci zhruba dvěma třetinami. Od té doby se však toto množství výrazně redukovalo. Na druhou stranu v posledních letech narostl počet nových zemí představujících významné producenty zlata. Produkce se tak stala méně geograficky koncentrována, a tudíž se stala i celkově stabilnější (World Gold Council, 2015).

V roce 1985 odhadovali Struž a Studýnka celkové množství historicky celosvětově vytěženého zlata na asi 117 tisíc t. V roce 2001 již činil odhad produkce zlata za celou dobu lidské historie 145 tisíc t. Jen během roku 2001 bylo vytěženo téměř 2 575 t zlata s největší produkcí v Jihoafrické republice, dále v USA, Kanadě, Číně a Indonésii. V roce 2010 vytěžila nejvíce zlata Čína s produkcí 345 t, následována USA, Jihoafrickou republikou, Austrálií a Peru (Čižmářová et al., 2012).

V posledních pěti letech zaznamenala těžba zlata výrazný nárůst, a to až na 3 000 t ročně. Tento trend je ale pravděpodobně dlouhodobě neudržitelný, protože je zde celá řada faktorů, které jdou proti němu. Mezi ně patří například vysoké náklady, nedostatek objevů s vysokým potenciálem a problematické projektování (World Gold Council, 2015).

V roce 2014 bylo podle USGS (2016) vytěženo 2 990 t zlata a největší produkci měla Čína (450 t), následována Austrálií (274 t), Ruskem (247 t), USA (210 t) a Jihoafrickou republikou s Kanadou (shodně 152 t). Tyto hodnoty pro rok 2014 se mírně liší od údajů, které udává World Gold Council (2015) s odkazem na Metals Focus, podle kterého byla celková světová produkce zlata v roce 2014 3 133 t. Nejvíce se pak vytěžilo v Číně (až 462 t), dále v Austrálii (272 t), v Rusku (až 266 t), v USA (211 t) a jako země s pátou nejvyšší produkcí uvádí Peru (171 t). V Jihoafrické republice udává těžbu až 168 t a v Kanadě 151 t zlata.

Pro rok 2015 je podle USGS (2016) odhadována celková těžba na 3000 t zlata, ale přesná čísla ještě nejsou známa. Dominantní producent by měla být opět Čína (490 t), následována Austrálií (300 t), Ruskem (242 t), USA (200 t) a Kanadou s Peru (shodně 150 t).

Vaněček (1995) udává, že ověřené zásoby zlatých rud jsou odhadovány na 40 000 t Au, ze kterých se téměř 60 % nachází v jihoafrickém revíru Witwatersrand. Dalších přibližně 15 % je podle něj pak soustředěno na území bývalých SSSR a necelých 10 % je lokalizováno v Severní Americe. Tento odhad se ale v současné době výrazně

liší. Nově nalezená ložiska v posledních 20 letech přispěla k navýšení předpokládaných světových zásob a i přes stále rostoucí celkovou světovou těžbu se odhad zásob zvýšil. Aktuální odhadované celkové světové zásoby jsou podle USGS (2016) 56 000 t. Největší podíl na nich mají Austrálie (9 100 t), Rusko (8 000 t) a Jihoafrická republika (6 000 t).

2.1.5 Způsoby těžby a zpracování

Proveditelnost každého zlatého dolu závisí na řadě vzájemně propojených ekonomických a fyzikálních faktorů, jako je například stupeň zrudnění, velikost a charakter ložiska, relativní množství skrývky aj. (Stacey, 2012).

Historicky se jako první způsob těžby zlata udává rýžování (Pauk, 1969). Tato metoda, při které dochází ke koncentraci zlata gravitační separací, je závislá na mineralizaci a charakteru zlata a bývá spojována především se sekundárními ložisky zlata (Commonwealth of Australia, 2008). Jedná se o jednoduchou a tisíciletí starou metodu, při které zlatokop používá buď rýžovnickou pánev, ve které krouživým pohybem odděluje lehkou hlušinu od těžkého zlata, které se tak usazuje na dně pánve, nebo rýžovnické splavy a podobná zařízení, ve kterých se zlato zachycuje na příčkách nebo jamkách v jejich dnu nebo v ovčím rounu (Čižmářová et al., 2012).

Jak uvádí Bernard et al. (1992), v současné době je téměř veškeré zlato získáváno z primárních ložisek a jeho těžba a především zpracování prošlo dlouhým vývojem.

V ložiscích vázaných na vulkanické komplexy je zlato velmi hojně zastoupeno a bývá reprezentováno i krásnými sběratelskými ukázkami. Na jiných ložiscích bývá zlato v různě velkém množství rozptýleno v horninách, ale pouze v mikroskopické podobě. Právě na ně se soustřeďuje moderní geologický průzkum, jakožto na možné bohaté a rentabilní zdroje. Aby mohlo být zlato z těchto hornin efektivně získáváno, musí tvořit adekvátní koncentrace, jejichž požadovaný obsah je na větších ložiscích alespoň 2 g/t, na malých a obtížně těžitelných ložiscích musí být koncentrace vyšší, a to minimálně 10-15 g na tunu rudniny (Čižmářová et al., 2012).

Pokud primární ložiska vycházejí na zemský povrch nebo do jeho blízkosti, dají se těžít povrchovými doly nebo lomy. Tyto doly mají charakter obrovských jam, často připomínajících krátery, s cestami vedoucími po terasovitém obvodu. Cesty pak umožňují přístup mechanizace na odvoz vytěžené rudy. Hloubení se provádí nejčastěji buď pomocí výbušnin, nebo těžkých strojů, jako například rypadel (Murdoch, 2009).

Pokud se zlato nachází ve větší hloubce, nebo jsou jiné faktory znemožňující povrchovou těžbu, dochází k tvorbě finančně náročnějších hlubinných dolů se systémem šachet a štol, ze kterých se hornina obsahující zlato získává opět buď pomocí výbušnin, nebo dobývacími stroji. Získaná hornina je následně vyvážena na zemský povrch k dalšímu zpracování (Murdoch, 2009).

Po vytěžení zlatonosné rudy dochází v případě jemně dispergovaných částic zlata, které jsou často obsaženy v jiných minerálech, například sulfidech, k složité proceduře, kterou se zlato z horniny extrahuje (Commonwealth of Australia, 2008). Nejprve dochází k nadrcení velkých kusů rudy na jemnější materiál, odstranění nežádoucích příměsí a následně se využívá chemických metod loužení, během kterých se zlato váže obvykle na kyanidy a je zachycováno na aktivním uhlí (Čižmářová et al., 2012). Poprvé byl kyanid použit při těžbě na Novém Zélandu v roce 1887 a od té doby hrají kyanidy (především kyanid sodný, vápenatý a draselný) klíčovou roli v extrakci zlata a dalších kovů z rud po celém světě a celkově až 80 % vytěženého zlata je získáváno právě kyanidy (Commonwealth of Australia, 2008).

Nadrcená ruda se po přimíšení kyanidového roztoku dále mele (Murdoch, 2009). Vzniklá suspenze jemně mleté rudy s kyanidem (např. kyanidem sodným) se zalkalizuje přidáním alkálie (např. vápnem) a pro úspěch reakce je také důležitý přísun kyslíku (Adams, 2001 in Commonwealth of Australia, 2008). Alkalita zajišťuje, že volné ionty, které se selektivně kombinují se zlatem, nejsou ztraceny jako volný plynný kyanovodík (HCN). Zlato v roztoku se dále koncentruje adsorpcí na aktivním uhlí, nebo se využívá srážení pomocí zinku, zejména při vysokých koncentracích stříbra. Koncentrovaný roztok zlata se redukuje na metalické zlato elektrolýzou (Commonwealth of Australia, 2008).

Jako jeden z dalších způsobů získávání zlata, který je spojený především se sekundárními ložisky, se udává amalgamace, která využívá schopnosti rtuti vázat na sebe zlato a vytvářet tak kapalný amalgám (Jaroš, 2008). Ze vzniklého amalgámu se následně zlato získává destilací (De, 2003).

Jako možný směr vývoje do budoucna, který by mohl nahradit používání kyanidů, se udává využívání některých bakterií (např. *Sulfolobus acidocaldarius*), které jsou schopny separovat zlato z chudých sulfidických rud (Čižmářová et al., 2012). Některé bakteriální kmeny se již nyní používají v biohydrometalurgii při získávání zlata či jiných kovů z rud. Proces získávání kovů je možné provádět dvěma způsoby, a to bioloužením nebo biooxidací. Během bioloužení probíhá oxidace nerozpustných kovových sulfidů (S^{2-}) na jejich rozpustnou formu (většinou SO_4^{2-}). Při biooxidaci dochází k uvolňování

nerozpustných kovů s narušeným povrchem, což má za následek zpřístupnění povrchu chemikáliím. Mikroorganismy zajišťují produkci kyseliny sírové, která poskytuje protony (H^+) a také udržují železo v oxidovaném Fe^{3+} stavu. Oba tyto ionty jsou důležité pro napadení minerálu a jeho následného rozpuštění (Vytopilová, 2011).

2.2 Dopady těžby zlata na životní prostředí

Jak uvádí Volný (1985), těžba nejrůznějších druhů nerostů je spojena s rozvojem průmyslového potenciálu jednotlivých států nebo stupněm exploatace přírodních zdrojů v rozvojových zemích. Každá exploatace surovin je ale také spojena s narušováním přírodního prostředí a krajiny. Těžební činností pak následně bývají poškozovány jak jednotlivé složky krajiny, tak i skupiny složek nebo i celá krajinná sféra ve své komplexnosti.

Těžba zlata má řadu negativních dopadů na životní prostředí a právě tato environmentální problematika je obsahem této kapitoly, stejně tak jako možné řešení negativních následků těžební činnosti.

2.2.1 Životní prostředí, environmentalistika a deteriorizace

Na úvod je třeba si definovat, co je to vlastně životní prostředí. Definice je hned několik. V § 2 zákona č. 17/92 Sb., o životním prostředí je definováno jako životní prostředí vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie (Máchal, 2008). Podle definice UNESCO je životní prostředí část světa, s níž je člověk ve vzájemném působení, kterou používá, ovlivňuje a které se sám přizpůsobuje. Obecně se pak životní prostředí definuje jako soubor všech vnějších podmínek, životných i neživotných, které obklopují jedince, populaci nebo jiný živý systém a poskytují mu všechny nezbytnosti k životu. Toto působení je obousměrné (Jakrllová, 1999).

S životním prostředím úzce souvisí i environmentalistika. Environmentalistika se zabývá vztahem člověka k přírodě a k životnímu prostředí a zároveň i péčí o životní prostředí. Důležitou součástí jsou činnosti jako například zkoumání vlivů člověka na ekosystémy, využívání přírodních zdrojů, prevence nežádoucích zásahů a znečišťování životního prostředí, nápravy škod, ochrana přírody a krajiny, péče o lidské zdraví aj.

Označení environmentální je pak chápáno jako vztahující se k životnímu prostředí (Máchal, 2008).

V souvislosti s využíváním krajiny člověkem dochází k jejímu ovlivňování a zatěžování. K zatěžování krajiny se váže termín antropogenní zátěž, který vyjadřuje stupeň přímého i nepřímého tlaku člověka na krajinu a tlak na přírodu jako celek (Jakrllová, 1999). S antropogenní zátěží se spojuje termín deteriorizace, který je chápán jako zhoršování nebo poškozování životního prostředí a může být také vyjádřením negativní antropogenní činnosti v krajině. Je také charakterizován jako proces, kterým je krajina zbavována svých původních přirozených vlastností a jako jeden z hlavních faktorů je uváděna těžba nerostných surovin (Vráblíková, 2008), kterou v tomto případě reprezentuje těžba zlata.

S těžbou nerostných surovin je také spojována devastace krajiny. Tato devastace představuje negativní vliv člověka na krajinu, který se projevuje znehodnocováním a ničením přírodního prostředí a jeho složek. Devastovaná krajina má zcela přeměněnou strukturu, charakteristické je zničení přírodních složek, je vyloučena autoregulace a neexistuje homeostáze. Často také dochází k odstranění svrchní části půdy, vyřazení půdy z biologického látkového koloběhu, a zlikvidování flóry (Vráblíková, 2008).

2.2.2 Rizika a environmentální problémy spojené s těžbou zlata

Těžba nerostných surovin má velký vliv na krajinu a životní prostředí. Důležitým faktorem je přitom těžená komodita a způsob jejího získávání, jak uvádí Volný (1985), který dále zmiňuje, že druh devastačních následků těžby je dán způsobem dobývání, který je rozhodujícím faktorem devastace krajiny.

V počáteční fázi povrchové těžby dochází k odstranění vegetačního krytu a dalších případných překážek. Následně dochází k odstranění skrývkové zeminy, čímž dochází k destrukci celého ekosystému a ovlivnění vodního režimu v krajině. Ve všech fázích povrchové těžby dochází k znečištění ovzduší vlivem emisí prachu a dalších částic uvolňovaných do atmosféry. Hlubinná těžba, která je charakteristická hloubením podzemních přístupových šachet nebo ramp, vyžaduje výstavbu pozemní infrastruktury k udržování stability celého důlního systému a také vede k narušení charakteru krajiny (Jain et al., 2015; Narvaes, 2002). Stacey (2012) udává jako další problémy rozsáhlé využívání dalších přírodních zdrojů, jako je voda, uhlíkovou náročnost spojenou

především se spotřebou nafty a energetickou náročností spojovanou především s prohlubováním dolů.

Během procesu úpravy rudy a extrakce zlata, která je doprovázena drcením rudy a loužením, dochází opět ke znečišťování ovzduší a loužení pomocí chemikálií je možným zdrojem kontaminace podzemní i povrchové vody. Možný zdroj kontaminace vody je i hlušina, která obsahuje kyselé důlní vody (Jain et al., 2015; Volný, 1985).

Těžba zlata je všeobecně spojena s vážnými negativními environmentálními, sociálními a ekonomickými dopady v rozvojových i rozvinutých zemích (Stacey, 2012), ale problematika je velmi často zejména v rozvojových zemích. Veiga (2006) udává jako hlavní environmentální problémy způsobené těžbou zlata v rozvojovém světě odlesňování, kyselé důlní vody a kontaminaci ovzduší a vody arzenem, kyanidem a rtutí. Stacey (2012) udává jako další problémy hluk, prach, sociální dezorganizaci, ztrátu obživy a masové vysídlování.

Tato problematika těžby zlata v rozvojových zemích se dá dobře přiblížit na příkladu Peru, jak ji uvádí Swenson et al. (2011). Ten uvádí do souvislosti rostoucí těžbu zlata s exponenciálním nárůstem importu rtuti a s rostoucím odlesňováním a na základě toho predikuje negativní vývoj místních ekosystémů a komunit. Kromě kontaminace rtutí uvádí jako jeden z dalších problémů příliv horníků do nedotčených nebo řídce osídlených oblastí, který může mít za následek lov divoké zvěře, narušení domorodých komunit a fragmentaci velkých primárních lesů.

V některých oblastech světa je stále provozována primitivní domorodá těžba zlata a jeho zpracovávání, která vede k řadě environmentálních i společenských problémů. Mezi ně patří například sesuvy půdy a drobné havárie, které vedou jak ke zraněním a smrti pracovníků, tak členů místních komunit. Dochází k vytěžování lesa za účelem využívání dřeva v důlních provozech, což vede ke ztrátě humusové vrstvy, k erozi půdy a snížení produktivity v zemědělství. Zároveň dochází k ukládání hlušiny do malých vodních toků v okolí. To zapříčiňuje zanášení vodních systémů, které jsou využívány jako závlahy a zároveň to znemožňuje rybolov (Narvaes, 2002).

V domorodé těžbě je stále velmi častá amalgamace, protože je to jedna z nejjednodušších, nejlevnějších a nejspolehlivějších metod extrakce zlata, při které je navíc potřeba jen jedna osoba a je efektivní i v obtížných terénních podmínkách (Telmer and Veiga, 2008 in Jain et al., 2015). Domorodá těžba tvoří téměř 20-30 % z celkové produkce zlata a probíhá ve více než 55 zemích (Argonne National Laboratory, 2008 in Jain et al., 2015). Tato těžba probíhá často ve venkovských oblastech bez přístupu ke

kvalitnějším a pokročilejším těžebním zařízením nebo k patřičnému vzdělání týkající se toho, jaké nebezpečí představuje rtuť pro lidské zdraví, což má za následek velmi rozšířené využívání amalgamačního způsobu zpracování zlata a emise rtuti (Jain, 2015).

Kontaminace rtutí

Amalgamace při těžbě zlata je velký environmentální problémem, neboť se díky ní do prostředí dostává vysoce toxická rtuť a její sloučeniny (Narvaes, 2002). Při těžbě a zpracování zlata tímto způsobem dochází k významné expozici kapalně rtuti a rtuťovým parám (Swenson et al., 2011). Průmyslové využívání rtuti a jejích sloučenin se udává jako jeden z významných zdrojů rtuti v prostředí, který je podmiňován přímou činností člověka (Tuček, 2006). Narvaes (2002) dokonce udává, že znečištění rtutí ve většině světových regionů je způsobováno uvolňováním metalické rtuti do životního prostředí právě během procesu amalgamace při získávání zlata. Vzhledem k tomu, že se k získání zlata z amalgámu separuje rtuť odpařováním během procesu přímého ohřevu nebo za použití stlačeného vzduchu, dochází prostřednictvím páry rtuti k ohrožení dělníků, ale i k ohrožení příslušníků jejich rodin (Tuček, 2006).

Zlato se z amalgámu získává zahříváním na teplotu minimálně 300 °C. Při této teplotě dochází k vytěkání rtuťových par, jejichž následným ochlazením dochází ke kondenzaci a sorpci na atmosférický prach. V této podobě už se může ukládat v půdě. Při silných dešťových srážkách dochází k splachům půdy, během nichž pak může rtuť dále migrovat do povrchových vod (Jaroš, 2008). Sloučeniny rtuti se mohou kumulovat a transformovat v řadě vodních organismů, takže dochází k přeměně z anorganické rtuti na zejména sloučeniny organické rtuti, ze kterých je z toxikologického hlediska nejvíce nebezpečná metylrtuť. Metylrtuť se vytváří působením mikroorganismů ve vrchní sedimentační vrstvě vodních ploch a říční sítě a prostřednictvím potravního řetězce se dostává do ryb, jejichž konzumací suchozemskými živočichy se dostává na souš (Tuček, 2006).

Ke vstřebání sloučenin metylrtuti dochází plicemi, trávicím traktem a kůží. Po vstřebání dochází ke kumulaci v červených krvinkách a distribuci do tkání organismu. Deponována je ve vlasech a ochlupení. Jako důsledky chronické otravy metylrtutí se uvádí degenerace a atrofie mozkové kůry, ataxie a poruchy sluchu a vidění, případně čichu, v těžších případech dochází k poruše polykání, příznakům poškození nervové soustavy a postupně se vyvíjí apalický syndrom. K úmrtí nemocného dochází pak nejčastěji v důsledku bronchopneumonie (Tuček, 2006).

Kontaminace kyanidy

Kyanid je obecný termín pro skupinu chemikálií, které obsahují uhlík a dusík (Morna a Clarke, 2002). Přírodně se vyskytuje v přírodě, ale většinou v nízkých koncentracích. Zvýšené koncentrace se dají nalézt u některých rostlin a živočichů, nebo v blízkosti určitých průmyslových zdrojů. Při vysokých úrovních expozice je kyanid rychle působící a vysoce účinný jed pro zvířata i rostliny (Commonwealth of Australia, 2008).

Kyanidové roztoky využívané k separaci zlata z rudniny nereagují jen se zlatem, ale také s jinými těžkými kovy, jako jsou Cu, Zn, Co a Hg. Tyto reakce vytváří slabé kyanidové komplexy, které se označují jako kyanidy disociovatelné slabými kyselinami, které mohou v roztoku disociovat za vzniku environmentálně významných koncentrací volného kyanidu (Morna a Clarke 2002).

Kyanid se používá k extrakci drahých kovů z hornin už víc než 100 let. Moderními metodami, které využívají kyanidového roztoku, je možné vyluhovat téměř 100 % zlata (Morna a Clarke 2002). Velkým problémem je ale toxicita kyanidu pro člověka a další živočišné druhy, neboť se váže na železo, měď a enzymy obsahující síru a bílkoviny potřebné pro buňky k využívání kyslíku, což vede k tomu, že tkáně nejsou schopny přijímat kyslík z krve (Ballantyne, 1987; Richardson, 1992 in Commonwealth of Australia, 2008; Donato, 2007). Velké problémy jsou spojovány s transportem, manipulací, používáním i likvidací (Morna a Clarke, 2002).

Jako možné zlepšení situace s používáním kyanidů by doly na těžbu zlata měly v první řadě minimalizovat množství kyanidů a tím minimalizovat dopady na životní prostředí, maximalizovat bezpečnost pracovníků a snížit náklady. Spotřeba kyanidu je hlavní složkou celkových provozních nákladů na výrobu u většiny zlatých dolů. K rozpuštění a extrakci zlata z 1 t běžné rudy by mělo stačit 0,3 g až 0,4 g kyanidu, v praxi se však spotřeba pro efektivní extrakci zlata pohybuje od 300 g/t do více než 2000 g/t (Commonwealth of Australia, 2008).

Přebytečný kyanid se částečně podílí na oxidaci na kyanáty a dochází k jeho ztrátě těkáním jako plynného kyanovodíku do atmosféry. Část kyanidu může být vázána v komplexech s mědí, železem a zinkem, nebo reakcí se sírou za vytvoření thiokyanátu. Část kyanidových kovových komplexů se dostává do odkalovacích nádrží a následně může dojít i k šíření do životního prostředí (Commonwealth of Australia, 2008). V současné době ale loužení probíhá většinou v uzavřených cyklech, které nemají takový nepříznivý dopad na životní prostředí (Čižmářová et al., 2012).

Kyanid se poté rozkládá v odkalovacích nádržích a okolním prostředí prostřednictvím přirozených rozkladných reakcí, takže v dlouhodobém horizontu zůstává jen málo toxických a silných komplexních forem (Commonwealth of Australia, 2008). To ale platí pouze za přítomnosti slunečního záření. Pokud k němu nedochází, například při uložení v sedimentech nebo při kontaminaci podzemní vody, zůstává kyanid toxický po dlouhou dobu (Hontelez, 2000). Odkaliště (odkalovací nádrže) jsou navrhovány tak, aby umožnily bezpečné dlouhodobé skladování materiálů obsahujících tyto komplexy a aby se zabránilo případným ztrátám prostřednictvím prosakování, přelití, narušení a selhání potrubí nebo kanálů. Jako nejtoxičtější formy kyanidu v odkalištích jsou označovány kyanidy disociovatelné slabými kyselinami (WAD), volný kyanid a komplexní formy (Commonwealth of Australia, 2008).

Intoxikace kyanidem může nastat v důsledku inhalace kyanidového plynu (kyanovodíku) nebo prachu, dále přímým požitím (např. pitné vody, sedimentů, půdy, rostlin) a absorpcí přes pokožku po kontaktu s kůží a může být smrtelná během několika minut (Morna a Clarke, 2002; Commonwealth of Australia, 2008; Ševela a Ševčík, 2011)

Při vstupu do těla se rychle dostává do krevního oběhu. Část kyanidu je přeměněna na thiokyanát, který je méně škodlivý a je vyloučen ledvinami. Malé množství kyanidu je vyloučeno v moči a plícemi. Většina kyanidu a jeho produktů opouští tělo obvykle během 24 hodin po expozici (Morna a Clarke, 2002; Ševela a Ševčík, 2011). Kyanid není karcinogenní a lidé, jejichž otrava není fatální, se obvykle zcela zotaví. Nicméně chronické subletální expozice nad prahem toxicity, nebo opakované malé dávky, mohou způsobit bolesti hlavy, stavy zmatenosti, třes, křeče, nezvratné poškození centrálního nervového systému a nástup Parkinsonovy choroby (Commonwealth of Australia, 2008; Ševela a Ševčík, 2011).

Velký rozdíl je v toxicitě kyanidu pro vodní a terestrickou biotu. Kyanid působí rychle ve vodním prostředí, což ovlivňuje především ryby, který jsou na kyanid velmi citlivé. Úniky kyanidu tak mají katastrofální následky pro vodní ekosystémy v dolních částech kontaminovaných toků. Otrava kyanidem u terestrických živočichů je typická především u ptáků, ale může se týkat i široké škály divokých i domácích živočichů (Morna a Clarke, 2002; Commonwealth of Australia, 2008).

Z environmentálního hlediska hraje také důležitou roli rozdíl mezi rudními tělesy na základě obsahu mědi. Úmrtí volně žijících živočichů jsou pravděpodobnější u dolů disponujících Cu-Au rudami z důvodu tvorby komplexů mědi a kyanidu, které jsou toxické pro ptáky a netopýry (Donato, 2007).

Environmentální problematika spojená s kyanidem tedy zahrnuje kontaminace povodí kyanidy a těžkými kovy, což vede ke ztrátě pitné vody. Dochází tak ke znehodnocení zdrojů vody povrchové i podpovrchové. Problémem je i velký úhyn vodních živočichů v kontaminovaných vodách, stejně tak jako vodního ptactva a karnivorů, kteří konzumují kontaminované ryby. Celá tato environmentální problematika může vyústit až v problémy sociálně ekonomické, neboť komunity žijící v blízkosti kontaminovaných řek často přicházejí o zdroje obživy (Morna a Clarke, 2002).

Kyselé důlní vody (Acid mine drainage (AMG))

Kyselé důlní vody jsou označovány jako potenciálně jedním z nejhorších environmentálních problémů v dlouhodobém horizontu, které jsou spojené s těžbou zlata (Stacey, 2012) a jsou spojovány také s využíváním bakterií při separaci zlata ze sulfidických rud (Vytopilová, 2011). K jejich vzniku dochází vlivem kyseliny sírové, která je produkována při oxidaci pyritu za přítomnosti kyslíku, obvykle ve vodním prostředí. Typické je pro ně velmi nízké pH. Tento oxidační proces je přirozeným procesem zvětrávání, ale těžbou je značně urychlen, takže nedochází k patřičné přírodní neutralizaci. Nízké pH vede k vyšší rozpustnosti hliníku a dalších přítomných těžkých kovů, což vede k zvýšenému obsahu kovů ve vodě, zvýšení obsahu síranů a nerozpustných látek. Jako typické účinky kyselých důlních vod se udávají snížení kvality vody, toxicita a vyšší erozivita vody (Stacey, 2012).

Kontaminace arzenem

Zlatonosné rudy po celém světě obsahují různé množství sulfidů a sloučenin arzenu, které jsou narušovány extrakcí zlata během kyanidového loužení. Kombinací povrchové těžby a haldového loužení dochází ke vzniku velkého množství odpadu v podobě skrývky a zbytkové vody z rudních koncentrátů (z hlušiny a odkališť po přetěžení a technologickém využití rudy). Tento odpad, ale především hlušina, je bohatým zdrojem arzenu. Významné zdroje arzenu v biosféře spojené s těžbou zlata jsou tedy odkaliště, ze kterých se zbytková voda z rudních koncentrátů dostává dál průsakem a přetokem. Další významný zdroj je spojen s uvolňováním arzenu při zahřívání některých zlatonosných rud za účelem odstranění síry a oxidů síry a vyluhování bakteriemi. V blízkosti míst, kde probíhá těžba zlata, jsou zaznamenány vyšší koncentrace arzenu v abiotických materiálech i v biotě, na kterou má silně negativní dopad. U zlatokopů se ve spojitostech

s arzenem projevuje řada zdravotních komplikací, které mohou vyústit až v nadměrnou úmrtnost na rakovinu plic, žaludku a dýchacích cest (Eisler, 2004).

2.2.4 Rekultivace krajiny

Rekultivaci a její cíle je možná chápat několika způsoby. Vráblíková et al. (2008) ve své práci vychází z ekologického výkladu, který rekultivaci definuje jako lidskou činnost zaměřenou na obnovu přirozených vlastností a hodnot člověkem narušené krajiny a spojuje s tím uvedením narušené krajiny do přírodní rovnováhy. Volný (1985) pak uvádí, že cílem rekultivace krajiny postižené těžební činností, je zahladit důsledky těžby a vrátit těžební prostory a území jimi znehodnocené do produktivního sociálně ekonomického využívání. Oba přístupy, jak ekologický, tak ekonomický, se ale shodují v odstraňování následků vzniklých narušováním krajiny člověkem, kterým je v tomto případě těžba zlata.

Rekultivace se skládá z části technické a biologické. Technická rekultivace představuje rekultivaci, která spočívá v provedení terénních úprav těžbou nerostných surovin i dalšími antropogenními aktivitami narušeného, degradovaného či zdevastovaného území. Během této rekultivace dochází často k přemísťování haldoviny, odstraňování elevací, vyplňování depresí, budování teras s odvodňovacími kanály a k zmírňování svahů výsypek a odvalů, aby se zamezilo potenciálním sesuvům (Gremlica et al., 2013).

Biologická rekultivace představuje závěrečnou etapu rekultivace, kterou se půda nepříznivě dotčena antropogenními aktivitami navrácí zpět svému původnímu účelu. Jako nejčastější způsoby biologické rekultivace se v praxi uplatňují rekultivace zemědělské, lesnické a vodohospodářské, setkáváme se však i s rekreačními, zahrádkářskými, sportovními aj. (Volný, 1985).

Jak udává Gremlica et al. (2013), velká část těžbou narušených území má velký potenciál obnovit se v přijatelném časovém horizontu samovolně. Tato samovolná obnova navíc není o mnoho delší, než realizace klasických rekultivací a takto vzniklé přirozené ekosystémy jsou z hlediska ekologie, ochrany biodiverzity a ekologické stability krajiny nesrovnatelně kvalitnější a hodnotnější. Z tohoto důvodu udává, že nejvhodnějšími alternativami technických, zemědělských a lesnických rekultivací jsou tedy tzv. přírodě blízké způsoby obnovy, které jsou založeny na využívání přirozené ekologické sukcese, usměrňované ekologické sukcese a případně managementových zásahů, které podpoří některá ohrožená společenstva a druhy. Jako optimální řešení

rekultivací v závislosti na rozloze a charakteru těžbou degradovaných území udává vhodnou kombinaci technické a biologické rekultivace s přírodě blízkými způsoby obnovy.

Těžba zlata má ale určitá specifika. Zatímco u nerudných surovin se řeší především otázka geomorfologie a diverzity stanovišť, u rud, a tedy i zlata, je velkým problémem také kontaminace. U ložisek zlata se jedná především o sekundární aureoly zejména minerálů arzenu, který je na ložiscích přítomen ve formě minerálu arzenopyritu doprovázejícího často zlato, a který snadno zvětrává za vzniku arzeničnanů. Přítomny jsou ale někdy i další z prvků. V tomto případě je tedy primárně nutné řešit způsob, jak zabránit geochemické kontaminaci okolí. Tato problematika se dá řešit například za pomoci vodonepropustných textilií nebo pomocí vápencového pláště, který zvyšuje pH prostředí a tím omezuje především migraci kovů. Zatímco u nerudných surovin se tedy setkáváme nejčastěji s problematikou funkčního zapojení hornických lokalit do krajiny, u rudních objektů je nutné nejprve plánovat geochemický monitoring (Gremlica et al., 2013).

3 MATERIÁL A METODIKA

Základním krokem při vypracovávání této práce bylo zpracování dostupných materiálů o těžbě zlata a jejím dopadu na životní prostředí se zaměřením na problematiku spojenou s těžbou primárních i rozsykových ložisek v tropech, subtropích, mírném pásmu i v tundře (v chladných oblastech). Následně byly na příkladu vybraných zemí a konkrétních ložisek ze všech vytyčených klimatických pásem předběžně vyhodnoceny ekologické problémy spojené s těžbou zlata a případné rekultivační práce a jejich úspěšnost. Důležitým diskutovaným faktorem je v tomto případě právě vliv klimatu na těžbu zlata a také jeho význam jako komponentu při regeneraci krajiny.

Vzhledem k obšírnosti dané problematiky má tato práce z větší části pouze rešeršní charakter s diskuzí zabývající se především obecným vyhodnocením vlivů klimatu na těžbu a regeneraci krajiny. Vyhodnocení získaných dat o míře znečištění a zhodnocení úspěšnosti rekultivačních opatření vybraných ložisek zlata bude diskutováno až v následné diplomové práci.

V rámci získávání dat bylo navštíveno několik ložisek zlata v různých zemích rozdílného klimatického pásma, kde byly studovány metody těžby, zpracování horniny a získávání zlata, dopad této činnosti na okolní krajinu a úspěch na degradovaných stanovištích. Na všech těchto ložiscích byla pořízena fotodokumentace.

V roce 2013 byla navštívena významná zlatonosná oblast v provinciích Limpopo a Mpumalanga v Jihoafrické republice.

V roce 2014 bylo během expedice Mongolia 2014 v rámci projektu „Scientific research of Mongolia and Central Asia“ navštíveno několik ložisek zlata v Mongolsku, kde byla daná problematika konzultována s vedoucím této bakalářské práce a také s dalším celosvětově významným vědcem a členem expedice, geologem z McGillovy Univerzity v Montrealu, QC, prof. Anthonyem Williamsem-Jonesem.

Další země, především z oblastí tropů a subtropů, byly navštíveny v rámci získávání všeobecného přehledu o klimatu, těžbě a následné sukcesi probíhající na degradovaných stanovištích. Mezi tyto země patří například Vietnam, Keňa a Mexiko. Ze zemí mírného až chladného pásu to byla Ruská federace.

Problematika těžby zlata a následné regenerace krajiny, především v oblasti Ruské federace, byla také diskutována s českými odborníky specializujícími se na tvorbu projektů spojených s těžbou nerostných surovin v této oblasti, mezi které patří například Ing. Radek Pecina.

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Těžba zlata napříč klimatickými pásy na příkladech vybraných zemí

Existuje široká škála různých pojení klasifikace klimatických pásů, ale v základním dělení, jak ji udává také Prach et al. (2009), se rozlišují pásy tropický, subtropický, mírný a chladný. V této práci jsou výsledky a informace k jednotlivým klimatickým pásům řazeny od severu na jih.

4.1.1 Chladný pás – Ruská federace

Ruská federace je státem rozkládajícím se na území severní Asie a východní Evropy (Surinov et al., 2015). Je největší zemí světa s rozlohou 17 098 246 km² (United Nations, 2015). Hlavním městem je Moskva. Populace v Rusku čítala v roce 2015 přibližně 146 267 000 obyvatel (Surinov et al., 2015). Hustota zalidnění byla v roce 2015 8,55 obyvatel/km², přičemž 68,2 % obyvatelstva žila v evropské části Ruska, která činí pouze 20,85 % území (MZV, 2016b). Index lidského rozvoje (HDI) je 0,798, což řadí Ruskou federaci na 50. příčku na světě, mezi země s vysokým HDI, ale stále mezi rozvojové země (Jahan, 2015).

V posledních letech dochází k poklesu růstu HDP. Ještě v roce 2014 rostl o 0,6 %, ale pro rok 2015 už se očekávalo snížení, a to až o -3,4 % (IMF, 2015). Celková výše HDP byla v roce 2014 1,861 bilionů USD (World Bank Group, 2016d).

Těžební sektor je důležitou součástí ruské ekonomiky. Průmyslová výroba tvořila v roce 2012 36,0 % HDP, přičemž těžba nerostných surovin přispěla 10,9 % k celkové ekonomické přidané hodnotě a celková hodnota výstupu z těžby nerostných surovin v běžných cenách činila 14,1 % HDP. Mezi těžené komodity patří například aluminium, antimon, arzen, azbest, baryt, kadmium, cement, uhlí, kobalt, měď, diamanty, galium, germanium, zlato, grafit, železná ruda, ropa, zemní plyn aj. (Safirova, 2015).

4.1.1.1 Charakteristika klimatu

Vzhledem k rozsáhlosti země je i klima do značné míry variabilní, nicméně se dá konstatovat, že pro velkou část Ruské federace je charakteristické kontinentální chladné klima. Dominantní je také výskyt pouze dvou ročních období, letního a zimního, s velmi krátkými mezidobími. Průměrná roční teplota téměř celé evropské části Ruska je pod

bodem mrazu a průměr v asijské části je ještě nižší. Průměrná teplota v lednu se může v závislosti na poloze pohybovat například kolem -8 °C v Petrohradě a kolem -43 °C v Jakutsku. V létě mohou být průměrné teploty v nejjižnějších regionech kolem 20 °C, zatímco na severu kolem 4 °C. Charakteristické jsou teplotní extrémny, které se mohou pohybovat v rozmezí od -94 °C do 38 °C. Kontinentální klima také značně omezuje množství srážek. Zatímco u Baltského moře může být průměrný roční úhrn srážek kolem až 600 mm, na hranici s Kazachstánem může být kolem 20 mm a na severním pobřeží Sibíře to může být pouhých 15 mm. Důležitým faktorem je i délka sněhové pokrývky, která se v evropské části Ruska může pohybovat od 40 do 200 dnů a v asijské části od 120 do 250 dnů. Důležitý je také výskyt permafrostu (Curtis, 1998).

4.1.1.2 Těžba zlata v Ruské federaci

S těžbou se v Ruské federaci pojí řada federálních zákonů, mezi kterými jsou nejvýznamnější Zákon o podloží (Subsoil Law) z roku 1992, Zákon o drahých kovech (Precious Metals Law) z roku 1998 a Zákon o strategických investicích (Strategic Investments Law) z roku 2008 (King & Spalding, 2012).

Těžební průmysl spojený s těžbou zlata prodělal od roku 1995 do roku 2014 dramatické změny. Především došlo k zdvojnásobení objemu těžby (EY, 2015) a do roku 2020 se počítá s navyšováním roční produkce v průměru o dalších 3 až 5 % (Safirova, 2015). Významná změna pak nastala také ve vlastnictví těžebních podniků, kdy státem zcela kontrolované regionální konglomeráty malých lokálních producentů, zabývajících se především sezónním rýžováním zlata, byly nahrazeny soukromými společnostmi, z nichž některé vyrostly do mezinárodně významných podniků s moderní produkcí (EY, 2015).

V roce 2012 působilo v Ruské federaci 26 velkých těžebních společností zabývajících se těžbou zlata, které tvořily přibližně 80 % celkové produkce. Mezi tyto největší producenty patří například Polyus Gold Int., Petropavlovsk Plc, Chukotskaya Mining and Geological Co., která je součástí kanadské společnosti Kinross Gold Corp., Nordgold N. V. a Highland Gold Mining Ltd. Na zbývajících 20 % se podílelo přibližně 400 menších společností (Safirova, 2015).

V roce 2012 bylo zlato těženo ve 24 regionech a 14 z nich mělo produkci větší než 1 t zlata. Mezi nejproduktivnější regiony patřily ty, pro které je charakteristické chladné klima, jako jsou například vůbec nejproduktivnější Krasnojarský kraj s 44 t a třetí

nejproduktivnější Jakutsko s 21 t (Safirova, 2015). V těchto oblastech, které jsou spojené také s výskytem permafrostu, doprovází těžbu řada specifických podmínek klimatickými podmínkami. Curtis (1998) uvádí, že budovy musí být postaveny na pilířích, strojní zařízení musí být vyrobena ze speciálně kalené oceli a dopravní systémy musí být navrhovány tak, aby spolehlivě fungovaly v extrémně nízkých i extrémně vysokých teplotách. Velký význam má rovněž dlouhé zimní období jako takové, kdy je dlouho chladno a tma, a zvyšují se tím nároky na energie i na lidské zdraví.

Udávaná hodnota současné produkce zlata v Ruské federaci se liší podle zdrojů, jak už je zmiňováno v kapitole 2.1.4, kde jsou uvedeni největší světoví producenti zlata. V roce 2014 vzrostla těžba primárních ložisek o 10,4 % a sekundárních rýžovišť o 1,4 % (EY, 2015).

Mezi zlatá ložiska těžená v Ruské federaci patří například Natalka mine, Julietta Mine, Olimpiada mine, Blagodatnoye mine, Kupol Mine, Dvoinoje mine, Mayskoye mine nebo Zoloto Kurii (viz Příloha č. 1 a 2).

4.1.1.3 Dopady těžby zlata na životní prostředí

Problematika těžby zlata a s ní spojených environmentálních dopadů v Ruské federaci, především v severní a severovýchodní části země, není ve srovnání s dalšími vybranými zeměmi příliš probíranou a publikovanou tematikou. Důvodem může být například relativní odlehlost a izolovanost těžebních oblastí, ale může jich být mnohem více.

Většina environmentálních problémů spojených s těžbou zlata se spojuje s oblastí Sibiře, která je nejstarší oblastí těžby zlata v Rusku. Například Laperdina et al. (1999) shrnuje výzkum obsahu rtuti v prostředí z těžby primárních zlatonosných ložisek i z těžby rýžovisek Sibiře v Krasnojarském kraji, republice Burjatsko, Jakutsku, Čitské oblasti a rafinérii Novosibirsku a uvádí jako důležitý vliv rozsahu kontaminace klimatické podmínky spolu s plošným nebo ostrůvkovitým rozšířením permafrostu.

V kontextu zákazu amalgamace a opatření vedoucích k omezování jejího využívání došlo ke zlepšení stavu kontaminací životního prostředí rtutí, nicméně využívání a znečišťování stále pokračuje prostřednictvím malých těžařů, kteří nemají dostatek financí ke koupi kvalitnějšího a šetrnějšího těžebního vybavení (Laperdina et al., 1999).

Těžba rýžovisek na lavicích podél a v korytech vodních toků, které se nacházejí zpravidla v údolích malých a středně velkých řek, je doprovázena nevratnou degradací krajiny a extrémní deteriorizací přírodních vodních toků, spojenou s transformací jejich

hydrologických, hydrochemických a hydrobiologických charakteristik. Tradiční technologie těžby zlatonosných rozsypů v Rusku (například bagry) jsou zpravidla ekologicky nebezpečné a vedou k tvorbě velkého množství odpadních vod s vysokými koncentracemi suspendovaných jílových částic. V extrémních situacích, jako jsou vysoké dešťové srážky a povodně, dochází také k nouzovému vypouštění odpadních vod z usazovacích nádrží. To má za následek zanášení říčních koryt a kontaminaci sedimentů a vody toxickými kovy, které jsou přítomny v zlatonosných rudách. Tato skutečnost pak vede ke snížení kvantity a diverzity hydrobioty a deteriorizaci potravních řetězců. V Ruské federaci není navzdory růstu produkce zlata z rýžovisek dostatečná kontrola této těžby a opatření vedoucích k ochraně přírody příliš uplatňovaná (Laperdina et al., 1999). Vzhledem k nárůstu těžby zlata a jeho dosud značným zásobám, které umožňují v těžbě dále pokračovat, se dá očekávat zhoršení situace životního prostředí.

4.1.1.4 Rekultivace

Vzhledem k drsným podmínkám chladného klimatického pásu, umocněným kontinentálním charakterem klimatu, se dá předpokládat, že rekultivace ploch degradovaných těžbou zlata bude velmi obtížná. Dlouhé zimy se sněhovou pokrývkou, zmrzlá půda a permafrost, teplotní extrémy, nedostatek srážek a krátké vegetační období mohou zabránit obnově vegetace a reálné řešení sanace takto poškozené krajiny se dá plánovat pouze v dlouhodobém horizontu se značnými náklady a nejistým výsledkem. K této problematice se vyjadřuje i Laperdina et al. (1999) a uvádí, že rekultivační opatření vytěžených lokalit nevedou k obnově cenné vegetace, ani ke zlepšení kvantitativního či kvalitativního složení vodní bioty v degradovaných vodních tocích.

Extrémní klimatické podmínky ale ani přirozeně nedovolují v některých oblastech existenci bohatých společenstev rostlin a živočichů, a tak dopady na životní prostředí nejsou v těchto oblastech tolik markantní, jako například v oblastech tropických.

4.1.2 Mírný pás – Mongolsko

Mongolsko je vnitrozemským státem nacházejícím se v centrální Asii. Je 18. největší zemí světa s rozlohou 1 564 120 km² (UNDP, 2016). Hlavním městem je Ulánbátar. I přes velkou rozlohu není v Mongolsku příliš vysoká populace. Počet obyvatel je odhadován přibližně na 2 910 000 (World Bank Group, 2016c), což vede i k nízké hustotě zalidnění, přibližně 1,9 obyvatel/km² (UNDP, 2016). Index lidského rozvoje (HDI) je

0,727, což řadí Mongolsko na 90. příčku na světě, mezi země s vysokým HDI, ale stále mezi rozvojové země (Jahan, 2015). V roce 2014 se navzdory značnému (24,2%) nárůstu produkce těžebního odvětví díky prvnímu roku plného výkonu dolu Oyu Tolgoi zpomalil růst HDP a to na 7,8 % oproti 11,7 % v roce 2013 (MZV ČR, 2016a). Celková výše HDP byla v roce 2014 12,02 miliard USD (World Bank Group, 2016c).

Těžební průmysl je pro Mongolsko zásadní a těžba nerostných surovin tvoří 24 % HDP a 67 % průmyslové produkce [Zastupitelský úřad ČR v Ulánbátaru (Mongolsko), 2015]. Nerostné suroviny tvoří až 80 % exportu a těžba zajišťuje kolem 40 % z celkových vládních příjmů (UNDP, 2016). Mezi těžené komodity patří například zlato, měď, uhlí, fluorit, cín, wolfram, molybden, stříbro, zinek a železná ruda (Wacaster, 2015).

4.1.2.1 Charakteristika klimatu

Mongolské klima je ovlivňováno velkou vzdáleností od moře a pásy vysokých pohoří, což vede k drsnému kontinentálnímu klimatu (Pancová Šimková, 2008). Můžeme zde rozlišit čtyři roční období a charakteristické jsou zejména markantní výkyvy teplot v průběhu dne i celého roku. Minimální roční teploty mohou klesnout až pod -50 °C a maximální teploty mohou být i přes 40 °C. Roční srážky v Mongolsku dosahují od 50 mm v jižní části země do 400 mm v malých oblastech na severu země a jsou typické především pro léto (Marin, 2010).

4.1.2.2 Těžba zlata v Mongolsku

Surovinové zdroje Mongolska jsou státním majetkem a jsou předmětem Zákona o těžbě minerálů (Minerals Law), který reguluje vyhledávání, průzkum a těžbu. Řada dalších zákonů, směrnic a procedur tyto činnosti dále upravuje, jako Mongolská ústava (Constitution of Mongolia), Zákon o ochraně životního prostředí (Environmental Protection Law) aj. (Wacaster, 2015).

Jak uvádí Jaroš (2008), těžba zlata v Mongolsku v posledních letech i přes řadu logistických a klimatických problémů stále nabývá na významu a intenzitě. V Mongolsku je obecně velký problém s infrastrukturou a pro rozvoj země je nezbytné tuto situaci zlepšit. Jako limitující faktor se často ukazují také klimatické extrémy spojené s drsnými podmínkami kontinentálního klimatu, které mohou mít nepříznivý dopad na těžaře, techniku a také již zmiňovanou infrastrukturu. Na mongolském území se nalézají velké množství zlatých ložisek a indicií, které mohou mít lokální význam při menších

dimenzích a nižších zásobách, anebo velký význam se zásobami zlata v řádu stovek tun. Právě kvůli logistickým a infrastrukturním problémům jsou dlouhodobě těženy převážně lehce zpracovatelné zlatonosné rozsypy, ale také několik velkých primárních ložisek (Jaroš, 2008).

Ložiska zlata jsou vázána především na aluviální oblasti na severu Mongolska. Důležitou nadnárodní společností zabývající se produkcí a exportem zlata je Centerra Gold, která se zabývá těžbou v dolech Boroo a nově také Gatsuurt. Mezi další významnější těžařské oblasti patří rajón Zaamar s dolem Bumbat a rajón řeky Turgen (Vrána, 2011). V posledních letech se ale soukromí ilegální těžaři (viz Příloha č. 3) a těžařské společnosti stále více zaměřují i na oblast pouště Gobi, čehož je dobrým příkladem důl Bayan Khushu (viz Příloha č. 4) a Oyu Tolgoi.

V roce 2013 bylo v Mongolsku vytěženo celkově 17,8 t zlata a jako majoritní zlaté doly s největší produkcí byly stanoveny Oyu Tolgoi s téměř 5 t a Boroo s téměř 3 t (World Gold Council, 2014). V roce 2014 bylo podle World Gold Council (2015) s odkazem na Metals Focus v Mongolsku vytěženo již 32 t zlata.

Oyu Tolgoi je důl na měď a zlato lokalizovaný v jižní části Gobi (Wacaster, 2015). Je ve vlastnictví Turquoise Hill Resources Ltd. a částečně také mongolské vlády. Těžba v něm začala v roce 2013 a produkce v té době byla 4,880 t zlata (George 2015). Odhadované zásoby mědi jsou kolem 13,1 Mt a zlata přibližně 1 000 t (Wacaster, 2015).

Ložisko Boroo bylo objeveno mongolskými geology v roce 1910 (Gantsetseg et al., 2003) a stalo se prvním moderním dobývaným primárním ložiskem v Mongolsku (Centerra Gold, 2014). Objemově-vytěžitelný potenciál zlatého ložiska Boroo byl uznán v pozdních sedmdesátých letech východoněmeckými geology, kteří sjednotili ložiska Boroo a Sujigtei (35 km východně až jihovýchodně od Borooa). První propočítání ekonomicky využitelné rudy o celkové hodnotě 13,8 Mt o obsahu 3,1 g/t Au (více než 43 t) bylo stanoveno v roce 1989. Rokem 1991 se o Boroo začaly zajímat zahraniční společnosti (Gantsetseg et al., 2003). Těžba probíhala povrchovým způsobem a separace zlata se prováděla pomocí loužících metod (Centerra Gold, 2014). Od roku 2005 však stále klesala celková produkce, vzhledem ke snižujícímu se obsahu zlata v rudě a důl tak výrazně ztratil na svém původním vůdčím postavení v produkci (Vrána, 2011). Důlní činnost byla ukončena v roce 2012, ale zpracovávání rudy probíhalo až do roku 2014 a ještě v roce 2015 probíhalo vyluhování hald (Centerra Gold, 2014).

4.1.2.3 Dopady těžby zlata na životní prostředí

S rostoucí těžbou zlata souvisí nárůst environmentálních problémů. Podle World Bank (2006) patří mezi největší problémy Mongolska spojené s těžbou zlata především změna hydrologických režimů, zhoršení kvality vody, hlušina a další těžební odpad, znečištění rtuť, znečištění vzduchu a těžební průzkum chráněných oblastí. Změny hydrologických režimů jsou spojené především s rýžovišti zlata. Farrington (2000) uvádí jako další problémy nepřímo spojené s těžbou zlata přepásání a deforestaci. Přepásání pastvin způsobují stáda zvířat, která se nemohou pást na v současné době degradovaných, ale původně úrodných územích v blízkosti řek, a musí tak vyhledávat místa s nižší produkcí rostlinné biomasy. To vede ke ztrátě vegetačního krytu a erozi. Deforestace je spojená především s těžbou dříví do těžařských táborů, kde je využíváno jako palivo, nebo k výstavbě plotů a ohrad.

Velkým problémem jsou zejména neefektivní postupy a nadměrné využívání užitkové vody z podzemních i povrchových zásob, stejně tak jako ukládání hlušiny a kontaminace, což vede k znehodnocování vody (World Bank, 2006). V aridních podmínkách Mongolska, kde je přítomnost zásob vody klíčová, může přečerpávání vodních zdrojů vést až k desertifikaci.

Tvorba těžebního odpadu, a především hlušiny, vede k vytváření obrovských výsypek, které jsou spojeny primárně se středně velkými až velkými těžebními operacemi. V Mongolsku je většina těchto výsypek velmi nestabilních a je silně náchylná k erozi (viz Příloha č. 5). Dešťové srážky pak odnášejí štěrk a zeminu do údolí, což vede k degradaci pastvin (World Bank, 2006). Vzhledem k nedostatku srážek a extrémním teplotám probíhá sukcese na degradovaných stanovištích jen velmi pomalu. Kolonizace nestabilních výsypek dřevinami nebo jinou vegetací, která by mohla přispět k zlepšení stability svahů, je tak prakticky vyloučena.

Jaroš (2008) spojuje negativní dopady těžby zlata na životní prostředí v Mongolsku především s nelegální domorodou těžbou, která stále probíhá za velmi primitivních podmínek a využívá se při ní často zakázaná amalgamace. Odhadovaný počet nelegálních zlatokopů je podle něj a World Bank (2006) až 100 000 a tyto stavy mají rostoucí tendenci. Často se v této činnosti angažují celé rodiny, a tak dochází i k problematice dětské práce. Rizika této těžby zlata jsou umocněna tím, že se těžba soustřeďuje na sekundární ložiska zlata, v blízkosti vodních toků lokalizovaných v centrální a severní části Mongolska, které představují vzhledem k aridnímu klimatu a nízkému úhrnu srážek

jedinečné zdroje vody pro celé ekosystémy a místní obyvatelstvo. V blízkosti vodních toků také dochází vlivem záboru půdy ke zničení oblastí, které jsou velmi cennými pastvinami pro, v Mongolsku tradiční, pastvu dobytka.

S problematikou nelegální domorodé těžby se vláda snažila právně vyrovnat od roku 2000, ale většina předpisů se ukázala jako neefektivní (World Bank, 2006). Tato těžba už ale byla v roce 2010 legalizována a spojena s regulačními opatřeními, což by mělo vést k omezení znečišťování životního prostředí (Vrána, 2011). Problematika kontaminace oblastí kolem ložisek zlata a vodních ekosystémů ale zůstává stále aktuální a dobře demonstrovatelná je na příkladu Zaamaru (viz Příloha č. 6).

Zlatonosný revír Zaamar je lokalizován na řece Tuul na severu Mongolska a rozsáhlá těžba rozsypů v něm začala v roce 1992 (Farrington, 2000). Thorslund et al. (2012) prováděl studii dopadů nekontrolované těžby zlata v Zaamaru prostřednictvím řady měření obsahu těžkých kovů a jejich transportu do dolních částí toků a navazujících vodních systémů, kterými jsou řeka Tuul, Selenga a jezero Bajkal. Jeho výsledky ukazují, že těžba zlata měla za následek navýšení obsahu Al, As, Cu, Fe, Mn, Pb a Zn v rozpuštěné formě v řádových hodnotách. Nerozpuštěné koncentrace těžkých kovů jsou pak ještě mnohem vyšší. Vlivem převládajících alkalických podmínek v okolí Zaamaru ale prozatím nedochází v takové míře k jejich rozpouštění. Z dlouhodobého časového hlediska však musí zákonitě, vlivem acidifikace spojené s těžbou zlata a přirozenými přírodními procesy, nakonec stejně dojít k jejich rozpouštění a následné migraci až do jezera Bajkal. V důsledku toho může dojít ke kontaminaci jedinečné zásobárny sladké vody světového měřítka.

Jak uvádí Jaroš (2008), nepříznivé klimatické podmínky Mongolska vedou k zvýšenému environmentálnímu riziku povrchových těžeb. Komplexně se tedy dá říci, že problematický je zejména zábor půdy a destrukce ekosystémů spojená jak s procesem těžby, tak s procesem ukládání hlušiny a odpadů po úpravě rud. Tyto procesy a také vysychání odkalovacích nádrží spojené s šířením prachu, vedou často ke kontaminaci vody, například rtutí a těžkými kovy, které mohou dále migrovat vodními toky a dochází tak ke kontaminaci rozsáhlých oblastí. Úprava rudy v některých provozech bývá velmi náročná na spotřebu vodních zdrojů, což může vést k vysoušení velkých oblastí a následné desertifikaci.

4.1.2.4 Rekultivace

Rekultivace jsou v Mongolsku poměrně problematické. Pokud probíhá těžba zlata licencovanou těžbou, podmínky jsou smluvně ošetřeny zpravidla tak, že rekultivaci a sanaci škod vzniklých během provozu ložiska hradí těžební společnost. Rekultivace hald ani těžebních jam se ale zatím příliš neprovádí a jejich přirozená revitalizace je komplikovaná. V případě domorodé těžby, případně těžby nelegální, k žádným následným rekultivačním úpravám a patřičným asanačním zásahům nedochází (Jaroš, 2008).

Jako příklad probíhající rekultivace lze uvést ložisko Boroo. Uzávěrka dolu Boroo byla plánována ještě před zahájením provozu novou společností v roce 2003. Rekultivační aktivity začaly již v roce 2006 konturováním narušeného území, navážením ornice a revegetací takto upravených oblastí. Do konce roku 2013 bylo rekultivováno 400 ha (asi 50 %) narušeného území a předáno zpět místní samosprávě (World Gold Council, 2014).

4.1.3 Subtropický pás – Jihoafrická republika

Jihoafrická republika (JAR) je hornatým přímořským státem nacházejícím se na jihu Afriky. Je 24. největší zemí světa s celkovou rozlohou 1 219 602 km² (Tibane a Honwane, 2015). Jako hlavní města se udávají Pretoria (moc výkonná), Kapské město (moc zákonodárná) a Johannesburg (moc soudní). Celková populace čítá přibližně 54 960 000 obyvatel. Hustota zalidnění je 45 obyvatel/km² (Tibane, 2015). Index lidského rozvoje (HDI) je 0,666, což řadí JAR na 116. příčku na světě, mezi země se středním HDI a mezi rozvojové země (Jahan, 2015).

V roce 2014 v zemi pokračoval mírný růst HDP, který se oproti původním odhadům snížil na 1,5 %, především z důvodu stávek ve výrobních sektorech [Zastupitelský úřad ČR v Pretorii (Jihoafrická republika), 2015]. Pro rok 2015 byl odhadován růst 1,3 % a do dalších let se počítá s jeho dalším snižováním (World Bank Group, 2016a). Celková výše HDP byla v roce 2014 350,1 miliard USD (World Bank Group, 2016e). Jako jeden z možných limitujících faktorů rozvoje se ukazuje nedostatek vody, neboť v současné době je plně využíváno 98 % vodních zdrojů a vzhledem nízkým srážkovým úhrnům, které jsou ve srovnání se světovým průměrem podprůměrné [Zastupitelský úřad ČR v Pretorii (Jihoafrická republika), 2015], může vlivem nadměrného využívání vodních zdrojů a nedostatečné kompenzace srážkami dojít k jejich vyčerpání.

Těžební průmysl je důležitou součástí ekonomiky Jihoafrické republiky a hraje klíčovou roli v hospodářském rozvoji země, přispívá k růstu investic v zemi, exportu, k tvorbě pracovních míst a také k HDP (Tibane a Honwane, 2015), kdy v roce 2015 tvořil 8 % HDP (Statistics South Africa, 2016). Mezi nejdůležitější suroviny v těžebním průmyslu JAR patří uhlí, zlato, kovy platinové skupiny a železná ruda, které dohromady tvoří 80 % celkových zisků z prodeje všech takto těžných surovin (Statistics South Africa, 2016). Mezi další významné těžené komodity patří například rhodium, kyanit, chrom, paládium, vanadium, vermikulit, zirkonium, mangan a další (Yager, 2015).

4.1.3.1 Charakteristika klimatu

Klima v Jihoafrické republice je převážně subtropické, ovlivňované zejména oceány, které ji omývají ze tří světových stran a také vysokou nadmořskou výškou vnitrozemské náhorní plošiny, která zapříčiňuje v určitých částech země až mírné klimatické podmínky. JAR je suchá až aridní země (viz Příloha č. 7), neboť průměrné roční srážky činí pouze kolem 464 mm. Panuje zde také různorodé rozložení srážek v průběhu roku, neboť v jihozápadní části země spadne většina srážek v zimě, zatímco pro zbytek země jsou charakteristické spíše v letních měsících. Teploty bývají nižší než v jiných zemích podobných zeměpisných šířek, což je podmiňováno především vysokou nadmořskou výškou (viz Příloha č. 8). Na vnitrozemské náhorní plošině se udržuje průměrná letní teplota pod 30 °C. V zimě mohou noční teploty klesat ale až na bod mrazu a na některých místech dokonce i pod něj. V pobřežních oblastech je však relativně teplo po celý rok (Tibane a Honwane, 2015).

4.1.3.2 Těžba zlata v Jihoafrické republice

O správu nerostných zdrojů v Jihoafrické republice se stará Ministerstvo nerostných zdrojů (The Department of Mineral Resources), které za tímto účelem podporuje a reguluje Sektor minerálů a těžby pro transformaci, růst a rozvoj (Minerals and Mining Sector for transformation, growth and development). Těžba je předmětem řady zákonů, například zákona pro rozvoj minerálních a ropných zdrojů (Mineral and Petroleum Resources Development Act) z roku 2002 a zákona o důlní bezpečnosti (Mine Health and Safety Act) z roku 1996, který se snaží zlepšit bezpečnost pracovníků a lidí ovlivněných těžebními aktivitami (Tibane a Honwane, 2015).

Po velké světové nadvládě, kdy Jihoafrická republika dominovala globální produkci zlata v 20. století (Tibane, 2015), přišel úpadek. Těžba zlata v JAR má dlouhodobě klesající tendenci vlivem rychlého vyčerpávání velmi bohatých rud, nízké ceny zlata a zvýšení těžebních nákladů (GDACE, 2008), a ztrácí tak na významu v národní ekonomice. Na dlouhodobě špatnou situaci cen zlata odkazuje i World Bank Group (2016a), která udává, že od srpna roku 2011 do prosince roku 2015 významně poklesly ceny hlavních exportních kovů JAR, mezi nimi i zlata, jehož cena zaznamenala pokles o 39,3 %. V lednu roku 2015 poklesla těžba zlata ve srovnání s lednem roku 1980 o 87 % a význam zlata vyjádřený podílem na HDP se snížil z 3,8 % v roce 1993 na 1,7 % v roce 2013. Co se týče budoucnosti těžby zlata v Jihoafrické republice, předpokládá se, že při současné produkci zlata budou jeho zásoby vyčerpány během 33 let (Statistics South Africa, 2015), což by mohlo také výrazně ovlivnit světový trh se zlatem, neboť Jihoafrická republika má asi 17% podíl na světových zásobách zlata (Yager, 2015).

Udávaná hodnota současné produkce zlata v Jihoafrické republice se liší podle zdrojů, jak už je zmiňováno v kapitole 2.1.4, kde jsou uvedeni největší světoví producenti zlata. Podle nových údajů Statistics South Africa (2016) se celková produkce zlata také mírně liší a pro rok 2014 je udávána hodnota 151,62 t a pro rok 2015 143,71 t, což potvrzuje trend klesající produkce.

Se zlatem v JAR se pojí také nelegální těžba, která je spojována především s ekonomickými ztrátami a se ztrátami na životech těžařů, jako se stalo například v červnu roku 2014 v Benoni. I v souvislosti s těmito událostmi se vláda snaží podnikat patřičné kroky pro potlačování této nezákonné aktivity, mezi které patří například zabezpečení přístupových štol a dohled nad nimi prostřednictvím patřičných donucovacích orgánů (Tibane a Honwane, 2015).

Většina těžebního průmyslu je v soukromém vlastnictví a převážná většina produkce zlata je v JAR tak ovládána velkými producenty (Yager, 2015). Zlato je těženo v 53 dolech, které se zabývají těžbou primárních ložisek. Mezi velké zlaté doly se jich pak počítá 35. Většina vyprodukovaného zlata (až 93 %) pochází z geologické formace Witwatersrand Basin, která mimo jiné obsahuje také zdroje uranu, stříbra, pyritu a osmiridia. Z dolů oblasti Witwatersrand bylo vytěženo více než 50 055 t zlata, které bylo produkováno ze sedmi majoritních nalezišť, distribuovaných po 350 km dlouhé pánvi (Tibane, 2015).

V Jihoafrické republice působí několik těžebních společností, které se podílejí na celkové produkci zlata. Patří mezi ně například Gold Fields Ltd., AngloGold

Ashanti Ltd., Harmony Gold Mining Company Ltd., Sibanye Gold Ltd., do jejichž vlastnictví patří významné jihoafrické doly, jako jsou například Beatrix mine, KDC mine (původně Driefontein mine a Kloof Mine), South Deep Gold Mine, Mponeng Mine, Kopanang Mine, Doornkop Mine, Kusasaletu Mine (Yager, 2015). Jako jeden z vůbec nejznámějších jihoafrických dolů se udává TauTona mine, který dosahuje hloubky 3,9 km pod zemí (Tibane, 2015).

4.1.3.3 Dopady těžby zlata na životní prostředí

Zlaté doly s sebou přinesly nejen rozvoj, zaměstnání a bohatství, ale také nejhorší válku v historii Jihoafrické republiky, občanské nepokoje, ekonomickou nerovnost, sociální vykořisťování, znečištění, negativní dopady na lidské zdraví a destrukci životního prostředí (Durand, 2012). Vzhledem k tomu, že většina zlata v Jihoafrické republice se těží v oblasti Witwatersrand, tak se i většina environmentálních problémů pojí právě s touto oblastí.

Hlavní environmentální problémy se vztahují k praktikovaným těžebním technikám, charakteru minerálů obsažených v rudním tělese a k managementu tuhých těžebních odpadů, což se dá blíže specifikovat tak, že za největší problémy jsou konkrétně považovány zejména odvodňování dolů, přítomnost pyritu a uraninitu se zlatem a kontaminace podzemní vody s nimi spojené, stejně tak jako odkaliště. V důsledku toho se jako nepříznivé dopady těžby zlata v JAR zmiňuje narušování hladiny podzemní vody, kyselé důlní vody, ale stejně tak i výsypky, prach a krajinné disturbance (GDACE, 2008).

Jedním z nejhorších problémů způsobených těžbou zlata je její dopad na vodní tělesa sousedící s oblastí Witwatersrand, prostřednictvím kyselých důlních vod (AMD) a odvodňování a zaplavování blízkého krasového kolektoru (Durand, 2012). Kyselé důlní vody mohou kontaminovat vodní zdroje v provincii Gauteng navýšením množství toxických těžkých kovů a radioaktivních částic. AMD vznikaly jako výsledek loužení hlušinových hald a v hlubinných opuštěných podzemních dolech, které byly zatopeny, a staly se tak acidními (Allan, 2013 in Yager, 2015). Primární zdroje kyselých důlních vod ale nejsou jen v podzemí, nýbrž i na povrchu.

Těžba zlata v JAR je spojena s obrovskými objemy hlušiny (viz Příloha č. 9 a 10), která bývá uložena do nádrží. Nedostatečný management většiny odkališť vyústil v úniky prosakováním, což nepříznivě ovlivňuje půdy a kvalitu vody. Tyto kontaminované oblasti

představují hrozbu z hlediska kontaminace podzemních vod (Rösner a Schalkwyk, 2000).

Podzemní vody v těžební oblasti jsou silně znečištěné a acidní z důvodu oxidace a rozkladu pyritu obsaženého v hlušíně a zvýšenými hladinami těžkých kovů. Pokud se hladina podzemní vody nachází v blízkosti povrchu, tak je horních 20 cm půdního profilu silně kontaminováno těžkými kovy v důsledku kapilárního vztlínání a evaporace podzemní vody (Naicker et al., 2003). Znečištěná podzemní voda je také vypouštěna do vodních toků v dané oblasti a výrazně tak snižuje pH (Naicker et al., 2003; Tutu et al., 2008). Tutu et al. (2008) také uvádí, že vyšší znečištění bylo zaznamenáno na konci období dešťů v důsledku nárůstu hladiny podzemní vody a jejím větším průsakem, což značí opět výrazný vliv klimatických podmínek na míru znečištění.

S těžbou zlata se v JAR pojí i problémy emisí rtuti (Dabrowski et al., 2008) a kontaminace rtutí, která může negativně ovlivnit především vodní zdroje (Lusilao-Makiese et al., 2013).

Důlní těžbu doprovází také riziko seismické aktivity. Tato problematika je aktuální během těžby i po jejím ukončení a může ohrožovat jak důlní činnost, během které může dojít k nečekaným haváriím a ztrátám na životech horníků, nebo ohrožení životního prostředí, tak také přilehlé oblasti, ve kterých se nacházejí lidská sídla (Durrheim et al., 2006).

Vzhledem k dlouhodobé historii těžby zlata v Jihoafrické republice a jejímu důležitému vlivu na průmyslový rozvoj země docházelo postupně k různým opatřením vedoucím k mírnění dopadů na životní prostředí. Nicméně dlouhodobost těžby vedla také ke vzniku mnoha těžebních odpadů, se kterými je třeba se vypořádat a vzhledem k velmi časté důlní těžbě také k narušení stability podzemního prostředí. Tyto vytěžené podzemní prostory jsou zaplavovány vodou a vlivem dopadů těžby zlata dochází k jejímu okyselování a obohacování těžkými kovy, které způsobují její toxicitu. Tato znečištěná podzemní voda se pak může dostávat až k zemskému povrchu a odtékat ve formě povrchové vody a dál se tak šířit do rozsáhlých oblastí, stejně tak jako může kontaminovat jedinečné kolektory vody v blízkém okolí těžebních oblastí. Vzhledem k aridnímu charakteru klimatu, nízkým srážkám a současnému intenzivnímu využívání vodních zdrojů může být jejich znehodnocování fatální a může mít vážné následky pro stav nejen životního prostředí, ale celé země.

4.1.3.4 Rekultivace

V Jihoafrické republice se ve spojitosti s asanací těžných ploch hovoří o jejich rehabilitaci, která je realizována prostřednictvím rehabilitačního programu, který, jak uvádí Tibane a Honwane (2015), má pozitivní vliv na dotčené komunity, kterým projekty umožňují hospodářský růst v souvislosti s poskytnutím materiálu a především pracovních příležitostí, jež jsou jedním z klíčových prvků rehabilitačních projektů. Jako další pozitivní vliv udávají lepší zdravotní stav a blahobyt komunit.

U povrchových těžeb je nutné plánovat stabilitu a rehabilitaci důlních stěn během těžby i po ní, zatímco u podpovrchových těžeb se řeší zejména problematika mírnění poklesů půdy nad protěženými oblastmi (GDACE, 2008). Problematická je ale také acidita půdy, která může významnou měrou ovlivňovat úspěšnost rostlinných výsadeb. Vysoce acidní je především ornice, i když jen část kontaminujících látek je biologicky dostupná. I přesto některé fytotoxické látky, jako třeba Co, Ni a Zn, mohou mít, při zvýšených koncentracích v půdě, negativní vliv na rostliny, a tím vést ke komplikaci rehabilitačních opatření. Vzhledem ke stálým rizikům kontaminace podzemních vod a acidity půd je tedy nutný adekvátní půdní management, který by měl zahrnovat vápnění (Rösner a Schalkwyk, 2000).

4.1.4 Tropický pás – Brazilská federativní republika

Brazílie je přímořským státem zasahujícím hluboko do vnitrozemí, nacházejícím se ve východní části Jižní Ameriky. Je 5. největší zemí světa a zaujímá téměř polovinu celého jihoamerického kontinentu (Griesse, 2007) s rozlohou 8 515 767 km² (IBGE, 2015). Hlavním městem je Brasília. Brazilská populace je stále rostoucí. Zatímco v roce 2013 byl celkový počet obyvatel 200 362 000 (WHO, 2016), v roce 2016 je počet obyvatel odhadován již na přibližně 205 723 000 (IBGE, 2016). Hustota zalidnění je při současné rozloze a odhadovaném množství obyvatel přibližně 24 obyvatel/km². Index lidského rozvoje (HDI) je 0,755, což řadí Brazílii na 75. příčku na světě, mezi země s vysokým HDI, ale stále mezi rozvojové země (Jahan, 2015). V roce 2014 byl zaznamenán růst HDP o 0,1 % a celková výše HDP byla v tomto roce 2,346 bilionů USD (World Bank Group, 2016b).

Těžební průmysl získává v Brazílii na stále větším významu, což se projevuje především jeho rostoucím podílem na HDP. V roce 2012 se těžební a zpracovatelský průmysl podílel na 4,5 % z celkového HDP. Mezi nejdůležitější suroviny v těžebním

průmyslu Brazílie patří železná ruda, niobium, tantal, bauxit, mangan, zlato, měď, cín, ropa a zemní plyn (Gurmendi, 2015). Nejvýznamnější je těžba železné rudy, která v roce 2012 jasně dominovala mezi třemi hlavními těženými kovy v Brazílii (železná ruda, měď, zlato) s 92 % z jejich celkové hodnoty. Objemová produkce železné rudy, mědi a zlata se od roku 2000 do roku 2012 téměř zdvojnásobila a vzrostla o 85,2 %, na čemž se nejvíce podílela železná ruda (ICMM, 2014).

4.1.4.1 Charakteristika klimatu

Jak uvádí FAO (2004), 92 % území Brazílie spadá do tropické oblasti s nízkými nadmořskými výškami a průměrnými teplotami nad 20 °C. Vzhledem k velikosti území se dá ale vyčlenit několik specifických oblastí s přesnějším klimatickým zařazením, ve kterých může být klima ekvatoriální, tropické, tropické horských oblastí, tropické atlantické, semiaridní, nebo subtropické.

Ekvatoriální klima dominuje na severu země a vyznačuje se průměrnými teplotami mezi 24 °C a 26 °C a roční teplotní amplitudou do 3 °C. Je zde vysoké množství srážek s ročním úhrnem více než 2 500 mm a jsou pravidelné.

Rozsáhlé oblasti v centrální, západní, severovýchodní a jihovýchodní části země jsou charakteristické tropickým klimatem s horkými a vlhkými léty a suchými a chladnými zimami. Průměrné teploty jsou vyšší než 20 °C, roční amplituda je do 7 °C. Roční srážky se pohybují od 1000 do 1500 mm.

Klima tropických horských oblastí se dá vymezit v jihovýchodní části země a průměrné teploty se pohybují mezi 18 °C a 22 °C, s roční amplitudou mezi 7 °C a 9 °C. Roční srážky se pohybují od 1000 do 1500 mm a v létě jsou intenzivnější. V zimě se mohou vyskytovat mrazíky.

Klima tropické atlantické je vázané na pobřežní pás na severovýchodě země. Teploty se pohybují mezi 18 °C a 26 °C a roční srážky činí asi 1 500 mm, přičemž jsou nerovnoměrně rozmístěné v závislosti na poloze.

Semiaridní klima převládá v některých oblastech severovýchodní až východní části země a je charakteristické vysokými průměrnými teplotami okolo 27 °C s amplitudou přibližně 5 °C. Srážky nepřesahují 800 mm/rok a jsou nepravidelné, což má za následek dlouhé období sucha.

Subtropické klima panuje na jih od obratníku Kozoroza, především v jihovýchodní až jižní části země. Vyznačuje se průměrnými teplotami pod 18 °C a amplitudou mezi

9 °C a 13 °C. Ve výše položených oblastech se může objevit sníh. Srážky se pohybují přibližně mezi 1 500 až 2 000 mm/rok a jsou rovnoměrně rozloženy v průběhu roku.

4.1.4.2 Těžba zlata v Brazílské federativní republice

Problematika týkající se těžby a správy nerostných surovin v Brazílii spadá pod správu Ministerstva dolů a energetiky (Ministry of Mines and Energy) a jeho Národní odbor minerální produkce (The National Department of Mineral Production). Právní předpisy spojené s těžbou jsou součástí Zákoníku o těžbě (Mining Code) zákona č. 227 z roku 1967, který upravuje všechny aspekty těžebního průmyslu. Pro ochranu přírody je zřízen systém environmentálních licencí, který je rozdělen do tří částí – předběžná licence, zřizovací licence a provozní licence. Tyto licence musí být získány ještě před započítáním těžby (Gurmendi, 2015).

Zlato se v Brazílii těží již od koloniálních časů a jeho těžba je rozšířena po celé zemi. Pro rok 1705 se předpokládána populace zabývající se těžbou zlata odhaduje na 30 000 až 50 000 obyvatel a do této doby spadá i mnoho objevů zlata. Významná byla především oblast Minas Gerais. Těžily se sekundární ložiska zlatonosných štěrků a písků řek gravitační metodou a používána byla také amalgamace (Machado a Figueirôa, 2001). V průběhu dvacátého století se ale stala cílem mnoha zlatokopů amazonská část Brazílie a zájem byl srovnatelný se zlatou horečkou v Kalifornii. Tato zlatá horečka začala formovat neformální těžební sektor a přilákala do Amazonie mnoho lidí toužících po zbohatnutí (Biller, 1994). Její vypuknutí nastalo po zvýšení mezinárodních cen zlata a byla charakteristická rozsáhlým používáním amalgamace převážně nelegálními těžaři a soukromými prospektory, kteří jsou v Brazílii souhrnně nazýváni jako tzv. „garimpeiros“. Mezi roky 1972 až 1983 vyprodukovali tito těžaři přibližně 149 t zlata, které ale nebylo zahrnuto do oficiální brazilské produkce, vzhledem k tomu, že neproběhla žádná oficiální kontrola. V roce 1983 se „garimpeiros“ na celkové produkci zlata v Brazílii podíleli z 85 % při 47,5 t (Maron a Silva, 1984 in Pestana a Formoso, 2003). Tato zlatá horečka dosáhla svého vrcholu přibližně v letech 1990 – 1993 a snižovat se začala od roku 1994 (Pestana a Formoso, 2003).

Za dobu historie těžby zlata v Brazílii byla odhadovaná celková produkce mezi roky 1700 - 2000 na přibližně 2 972 t (Machado a Figueirôa, 2001). Brazilská produkce zlata v posledních letech stále roste. V roce 2011 bylo zrevidováno přibližně 65 t zlata, v následujícím roce 2012 byl zaznamenán další nárůst o 2,4 % na téměř 67 t, na čemž se

podíleli z 84,9 % těžařské společnosti a z 15,1 % domorodá těžba, kterou představují „garimpeiros“ (Gurmendi, 2015). Poslední udávaná hodnota produkce zlata v Brazílii se liší podle zdrojů. V roce 2014 bylo podle World Gold Council (2015) s odkazem na Metals Focus v Brazílii vytěženo 90,5 t zlata. Podle USGS (2016) to však bylo pouze 80 t a pro rok 2015 odhaduje stejnou produkci, tedy 80 t. Odhadované rezervy zlata Brazílie jsou podle USGS (2016) 2 400 t.

V Brazílii působí několik těžebních společností, které se podílejí na celkové produkci zlata. Patří mezi ně například kanadské společnosti Kinross Gold Corporation a Yamana Gold Inc., dále AngloGold Ashanti Brasil Mineração Ltda., Jaguar Mining Inc. a další (Gurmendi, 2015).

Jako příklady těžných ložisek se dají uvést například doly společnosti Yamana Gold – Chapada a Jacobina, nebo společnosti AngloGold – doly Cuiabá, Lamego a Serra Grande.

Serra Grande se nachází v centrální Brazílii, asi 5 km od města Crixás. Těžební komplex sestává ze tří mechanizovaných podzemních dolů – Mina III, Mina Nova, Palmeiras a jednoho povrchového dolu. Na všechny tyto doly připadá jedna společná huť. Při extrakci zlata z nadrcené rudniny se využívá kyanidového loužení (AngloGold Ashanti, 2012), kdy v roce 2012 bylo spotřebováno 615 t kyanidu a v roce 2015 543 t (AngloGold Ashanti, 2016).

AngloGold Ashanti nevykazuje pro rok 2012 v Serra Grande žádnou ekologickou havárii, ale zmiňuje pouze drobný incident, který podle monitorování a následného hodnocení neměl žádný identifikovatelný dopad na životní prostředí půdy a vody. Během tohoto incidentu došlo vlivem přivalových dešťů k přetečení odkaliště, a došlo tak k úniku odpadní vody do řeky Vermelho (AngloGold Ashanti, 2012). Tato nehoda je zajímavou ukázkou klimatických vlivů na těžbu, která je v kontrastu s problematikou posledních let, kterou je nedostatek vody související s klimatickou změnou, jak uvádí AngloGold Ashanti (2016).

Těžba zlata v Brazílii naráží na řadu problémů, které ji můžou komplikovat. Jedním z nich je také tropické klima. Teplé a humidní tropické klima v Amazonii dalo vzniknout velmi husté vegetaci deštného pralesa, skrze kterou jsou vedeny dopravní koridory, které však rychle znovu zarůstají. Sukcese zde tak na mírně disturbovaných plochách probíhá velmi rychle a je třeba neustálá údržba infrastruktury. Klimatické podmínky ale bývají ještě významnější v explicitním vlivu a to ve formě silných dešťů, které při ročním úhrnu srážek i přes 2 500 mm dokáží zcela zdevastovat některé méně kvalitní cesty z utužené

půdy a šterku a ty kvalitnější dokáží značně poškodit (Scholvin a Malamud, 2014). Je ale otázkou, nakolik je problematika poškozování dopravní infrastruktury přírodními faktory velká, ve srovnání s tím, jaké negativní dopady má tato infrastruktura, spojená s přísunem obyvatelstva a následnou degradací krajiny, pro brazilské deštné pralesy a globálně také pro všechny další přírodní tropické ekosystémy. Tyto ekosystémy mohou mít v Brazílii i ve světě mnoho podob (viz Přílohy č. 11 a 12), ale všechny jsou významným nositelem biodiverzity a důležitým faktorem při tvorbě klimatických podmínek celé Země. Jejich disturbance tak může být fatální nejen pro řadu lokálních organismů, ale může také vést ke globálnímu ovlivnění klimatu, a tím i veškerého života.

4.1.4.3 Dopady těžby zlata na životní prostředí

Biller (1994) uvádí, že dopady těžby zlata na životní prostředí v Brazílii mohou být rozděleny do nejméně tří skupin. První je znečištění způsobené vypouštěním rtuti. Druhá jsou degradace způsobené revolvingem sedimentů. A třetí jsou emise spojené s užíváním mechanizace, kam patří například úniky paliva do půdy a vody, ale také hluk aj.

V tomto systému jsou velmi dobře zdokumentovány environmentální problémy způsobené kontaminací rtutí a jsou spojovány především se zlatou horečkou a činností „garimpeiros“, stejně tak jako řada dalších odvozených problémů.

V devadesátých letech byl v brazilské Amazonii asi 1 milion „garimpeiros“ ve více než dvou tisících těžařských táborech (Bezerra et al., 1996 in Volpi, 2008). Těžba zlata zde způsobila přímé dopady na životní prostředí prostřednictvím holosečného kácení lesa (viz Příloha č. 13) pro potřeby těžařů a také nepřímé, jako například půdní erozi a znečištění rtutí. Výstavba infrastruktury a akumulace kapitálu spojená s těžbou také dala vzniknout dalším aktivitám využívajících půdu a další expanzi lidí. Tato situace se stala například v povodí řeky Tapajós, kde na počátku devadesátých let zhruba 30 000 lidí pracovalo v přibližně 255 těžařských táborech (Bezerra et al., 1996 in Volpi, 2008). Peníze získané z prodeje vytěženého zlata pak byly využívány k převodu půdy na nelesní pozemky, které byly často využity jako dobytkařské farmy (Volpi, 2008).

V Brazílii bylo využívání rtuti při domorodé těžbě zlata zakázáno v roce 1989 a je možné jen po získání speciální licence. Zatím však prakticky neexistuje prosazování tohoto zákona, a tak dochází k nekontrolovanému používání amalgamace stále (Spiegel a Veiga, 2010).

Kontaminací rtuťí a jejími následky se zabývala řada autorů. Crompton et al. (2002) uvádí, že studie mezi amazonskými populacemi zaznamenaly zvýšené hladiny rtuti ve vlasech, krvi nebo moči, které překračují horní hranici bezpečnosti stanovenou WHO.

Pirrone a Mahaffey, (2005) uvádí, že hojně rozšířená amalgamace vedla v povodí řeky Amazonky a jejích přítoků v minulých desetiletích k závažné kontaminaci anorganickou rtuťí. Samotný proces také vedl k těžkým otravám rtuťí u těžařů.

Pestana a Formoso (2003) uvádí, že těžba zlata amalgamací v Lavras do Sul v jižní Brazílii je druhotným, ale důležitým zdrojem rtuti v tamních půdách a problém spočívá především ve vysokých koncentracích Hg v jílovitohlinitých frakcích, které mohou být snadno transportovány do říčního systému, především na erozí ohrožených místech a další problém spočívá v těkavosti rtuti, která se tak může dostávat do atmosféry, nebo vyluhováním do podzemní vody.

Grandjean (1999) in Tuček (2006) uvádí, že v důsledku rozšířené těžby zlata amalgamací v brazilské Amazonii dochází ke kontaminaci sladkovodních ryb metylrtuťí. Více než čtyři pětiny dětí ve věku 7 až 12 let v této oblasti měly obsah rtuti ve vlasech nad 10 mg/kg a přítomné znečištění rtuťí je považováno za dostatečné pro škodlivé účinky na vývoj mozku.

Santos et al. (2007) uvádí dalekosáhlost problematiky intoxikace rtuťí, kdy se rtuť může šířit transplacentárním přenosem a dostat se tak z těla matky i do těla novorozence.

Řešená je také problematika kontaminací arzenem. De Figueiredo et al. (2007) uvádí, že v některých částech země hluboko zvětralé podloží spojené se vznikem zemin a sedimentů obohacených železem a hliníkem funguje jako chemická bariéra, která brání uvolňování As do vody. Kromě toho tropické klima vede k vysoké míře srážek v severních a jihovýchodních regionech a tím k ředění obsahu As v pitné vodě. Díky tomu nebyly zaznamenány těžké případy expozice arzenu v nevodovém zdroji znečištění. Zároveň také ale udává, že tato problematika ještě není příliš řešena a do budoucna může dojít k zjištění případů nepříznivých účinků na zdraví i v oblasti Brazílie. Na tuto problematiku navazuje Matschullat et al. (2007), který zjistil velmi vysoké koncentrace arzenu v půdě a v obytných čtvrtích a extrémně vysoké hodnoty v opuštěných průmyslových areálech, které zahrnují i staré odkaliště. Arzen byl zjištěn v prachu, zelenině a také v soukromých studnách, což vedlo i k zvýšenému zatížení arzenem především u dětí.

Většina environmentálních problémů v Brazílii, o kterých se pojednává, je spojena především s amalgamací spojenou s domorodou těžbou, která má za následek znečištění

rtutí. Tropické klimatické podmínky, obecně spojené s monzunovými dešti, dlouhými obdobími sucha a nepředvídatelnými bouřemi či cyklony, však mohou způsobit environmentální problémy i u těžebních komplexů velkých společností, které by měly být šetrnější k životnímu prostředí a využívají například kyanidového loužení. Jak uvádí Morna a Clarke (2002), potenciální příčinou nehod v humidních tropických podmínkách mohou být například konstrukční nedostatky spojené s infrastrukturou k ukládání odpadu, nebo podhodnocení možného úhrnu srážek a nízké okraje odkališť.

Problémy mohou působit i vysoké teploty, typické pro tropické, ale také subtropické klima, které mají vliv na rozpustnost některých plynů ve vodném roztoku, mezi které patří například HCN a O_2 . Nižší rozpustnost HCN snižuje účinnost procesu kyanidace a způsobuje větší ztráty kyanidu do atmosféry, než je tomu v chladnějších klimatických podmínkách. Nižší rozpustnost kyslíku pak snižuje účinnost rozpouštění zlata. Zpracování zlatých rud kyanidací je tedy méně účinné v tropických a subtropických podmínkách, než tomu je například v chladném nebo mírném pásmu a dochází k větším únikům kyanidu do okolního prostředí (Morna a Clarke, 2002).

4.1.4.4 Rekultivace

Vzhledem k příznivým klimatickým podmínkám a rychlé sukcesi na mírně degradovaných stanovištích může docházet k samovolné obnově ploch postižených těžbou, což je dokumentováno na příkladu dopravní infrastruktury v kapitole 4.1.4.2 a při adekvátním půdním managementu může docházet k regeneraci krajiny velmi rychle.

Jako příklad rekultivace lze uvést již zmiňovaný těžební komplex Serra Grande vlastněný společností AngloGold Ashanti. V tomto komplexu probíhala od listopadu 2011 do února 2012 revegetace plochy o velikosti 45 000 m², během níž došlo nejprve v listopadu roku 2011 k výsadbě 3 500 nativních semenáčků a dalších rostlin charakteristických pro daný biom a mezi lednem a únorem roku 2012 bylo zasazeno dalších 2 000 semenáčků. Ujímavost sazenic přesahuje 85 % (AngloGold Ashanti, 2012).

5 ZÁVĚR

Těžba zlata a její environmentální dopady mají v různých klimatických pásmech svá specifika, která jsou umocňována také charakterem země, ve které těžba probíhá, stupněm jejího rozvoje, způsobem těžby a přístupem k ochraně životního prostředí.

Obecně se dá říci, že ve všech klimatických pásmech jsou velkými problémy především amalgamace spojená s kontaminacemi rtutí, kontaminace kyanidy, degradace krajiny, deteriorizace vodních zdrojů, deforestace a devastace vegetace, ale problémů je mnohem více.

V chladných podmínkách je především nutné přizpůsobit těžební zařízení nízkým teplotám a vzhledem k dlouhým zimním obdobím dochází také k větším nárokům na energii. Extrémní klimatické podmínky ale také do značné míry limitují existenci života, a tak nedochází v takové míře k poškozování živých složek životního prostředí.

V podmínkách mírného klimatického pásu je v této práci řešená kontinentální varianta, která má extrémnější podmínky než varianta oceánická. V těchto podmínkách jsou velkým problémem nízké srážky a nedostatek vodních zdrojů, které mohou být vlivem těžby zlata znehodnocovány až zcela vyčerpány, což může vést v extrémních případech spolu s deforestací až k desertifikaci.

V subtropických podmínkách, které jsou také charakteristické aridním klimatem s nízkými úhrny srážek, je problematika vyčerpávání a znehodnocování vodních zdrojů obdobná jako v mírném pásu s kontinentálními podmínkami. Vzhledem k vysokým teplotám dochází i k větším únikům kyanidu do prostředí během kyanidace.

V tropických podmínkách ovlivňují těžbu také vysoké teploty, které mají stejný vliv jako v podmínkách subtropických. Monzunové deště, nepředvídatelné bouřky či cyklony a obecně vysoké úhrny srážek mohou vést k přeplnění odkališť a úniku toxických látek do prostředí, ale mohou také vést k poškození, především dopravní, infrastruktury. Tropické klima a jeho vliv na tvorbu půd také může vést k omezení kontaminací vodních zdrojů arzenem.

Klima se ukazuje ale také jako velmi důležitý prvek při následných rekultivačních pracích, které by měly vést k nápravě škod vzniklých těžbou a umožnit další využívání takto degradované krajiny. Problematická může být zejména v aridních oblastech s nedostatkem srážek, nebo v chladných oblastech s množstvím sněhu, zmrzlou půdou a krátkou vegetační sezónou. V tropických podmínkách naopak vzhledem k příznivému klimatu dochází často i k rychlé samovolné sukcesi.

6 SUMMARY

The gold mining and its environmental impacts have its specificity in different climatic zone which are exponentiated by a country where a mining is in the progress, the level of its development, means of the extraction and of the attitude to the environment protection.

Generally, there are great problems in all of the climatic zones where is an amalgamation related with mercury contaminations, cyanide contamination, the landscape degradation, water source deterioration, deforestation, devastation of vegetation and much more.

There are necessary to adjust mining equipment to low temperatures in the cold conditions and because of the long winter season it occurs greater energy requirement. Extreme climatic conditions are largely limiting for life existence so this means that some damage of the environment is not so striking here.

In this case, there is solved continental variant of the temperate zone conditions which have more extreme conditions than the oceanic variant. There are low rainfalls, the lack of water resources the big problem in these conditions which could be by the influence of the gold mining degraded, even eminently depleted and it may result, together with deforestation, to desertification.

In the subtropical conditions which are characterized by arid climate with low rainfalls is depletion and devastating issue of water sources parallel as in the temperate zone with continental conditions. High temperatures cause that the cyanide escape is higher during the cyanidation.

In the tropical conditions, the exploitation is influenced by high temperatures which have the same effect as in the subtropical conditions. Monsoon rains, unpredictable storms or cyclones, generally high rainfalls can lead to crowded tailings and the escape of toxic substances to the environment but it can lead to damage, especially transport infrastructure. Tropical climate and its impact on pedogenesis resulting the restriction of water sources by arsenic contamination as well.

Climate shows itself as the essential element in the following recultivation works which should lead to the damage reparation caused by the gold mining and to provide another using of this degraded landscape. It should be more problematic in the arid regions because of the lack of rainfalls or in the cold areas with much snow, frozen soil and short growing season. Vice versa, due to the favourable tropical climate conditions it comes to spontaneous succession, often very quickly.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

ADAMS, M. D, 2001. A methodology for determining the department of cyanide losses in gold plants. *Minerals engineering*, 14 (4): 383-390.

ALLAN, James, 2013. Too little, too late?, in *Supplement to Mining Journal—Mining, people, and the environment: Mining Journal*, January 4–11, p. 9–11.

ANGLOGOLD ASHANTI, 2013. 2012 operational profile – SERRA GRANDE, BRAZIL [online]. AngloGold Ashanti Ltd. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <<http://www.aga-reports.com/12/downloads/>>

ANGLOGOLD ASHANTI, 2016. Sustainable Development Report 2015: Building Relationships for mutual benefit based on trust [online]. Johannesburg: AngloGold Ashanti Ltd. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <<http://www.aga-reports.com/15/sdr/leadership/home>>

ANHAEUSSER, Carl R, 1976. The nature and distribution of Archaean gold mineralization in southern Africa. *Miner. Sci. Engng.* Vol. 8, 1, 46-84. Johannesburg.

ARGONNE NATIONAL LABORATORY, 2008. Technology Demonstration for Reducing Mercury Emissions from Small-Scale Gold Refining Facilities. Dostupné z: <<http://www.ipd.anl.gov/anlpubs/2008/06/61757.pdf>>

BACHE, J. J., 1981. Essai de typologie quantitative des gisements mondiaux d'or. – *Chronique de la recherche minier*, No 459, 43-50. Paris.

BALLANTYNE, Bryan, 1987. Toxicology of cyanides. In: BALLANTYNE, Bryan, MARRS, Timothy C. (eds.), *Clinical and experimental toxicology of cyanides*, Wright Publishers, Bristol, UK, 41-126.

BERNARD, Jan Hus, Rudolf ROST a kol, 1992. *Encyklopedický přehled minerálů*. Vyd. 1. Praha: Academia. ISBN 80-200-0360-6.

BEZERRA, Oswaldo, Adalberto VERÍSSIMO a Christopher UHL, 1996. The regional impacts of small-scale gold mining in Amazonia. *Natural Resources Forum*. 20(4), 305–317. DOI: 10.1111/j.1477-8947.1996.tb00663.x.

BILLER, Dan, 1994. *Informal Gold Mining and Mercury Pollution in Brazil*. 1. Washington, D. C.: The World Bank. Policy Research Working Paper, WPS1304. Dostupné také z: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/1994/05/698381/informal-gold-mining-mercury-pollution-brazil>>

BRTNICKÝ, Martin, Marcela MUCHOVÁ, Jan HLADKÝ, David JUŘIČKA, Tomáš URUBEK a Jindřich KYNICKÝ, 2015. *MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. Minerály v kostce*. Vydání: první. Brno: ASTRON studio CZ, 2015, 232 s. ISBN 978-80-7509-306-6.

CENTERRA GOLD INC, 2014. *Annual Report 2013* [online]. Canada. [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: <http://www.centerragold.com/sites/default/files/2013_centerra_arelorz1.pdf>

COMMONWEALTH OF AUSTRALIA, 2008. *Cyanide Management: Leading practice sustainable development program for the mining industry*. Canberra: Commonwealth of Australia. ISBN 0642725934. Dostupné také z: <<http://www.industry.gov.au/resource/Documents/LPSDP/LPSDP-CyanideHandbook.pdf>>

CROMPTON, Peter, A. M. VENTURA, J. M. DE SOUZA, E. SANTOS, G. T. STRICKLAND a E. SILBERGELD, 2002. Assessment of Mercury Exposure and Malaria in a Brazilian Amazon Riverine Community. *Environmental Research*. 90(2), 69–75. DOI: 10.1006/enrs.2002.4358.

CURTIS, Glenn Eldon (ed.), 1998. *Russia: a country study*. First Edition. Washington, D. C.: Federal Research Division, Library of Congress. ISBN 0-8444-0866-2. Dostupné také z: <<https://www.loc.gov/item/97007563/>>

ČIŽMÁŘOVÁ, Jana, Luděk GALUŠKA, Dagmar GROSSMANNOVÁ, Stanislav HOUZAR, Vladimír HRAZDIL, Milan SALAŠ a Jan ŠMERDA, 2012. Zlato... symbol moci a bohatství (ze sbírek Moravského zemského muzea): Katalog a soubor doprovodných textů k výstavě. Brno: Moravské zemské muzeum. ISBN 978-80-7028-392-9.

DABROWSKI, James M., Peter J. ASHTON, Kevin MURRAY, Joy J. LEANER a Robert P. MASON, 2008. Anthropogenic mercury emissions in South Africa: Coal combustion in power plants. *Atmospheric Environment*. 42(27), 6620–6626. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2008.04.032.

DE, Anil Kumar, 2003. *A Textbook of Inorganic Chemistry*. Ninth Edition. New Delhi: New Age International (P) Ltd. Publishers. ISBN 81-224-1384-6.

DE FIGUEIREDO, Bernardino Ribeiro, Ricardo Perobelli BORBA a Rômulo Simões ANGÉLICA, 2007. Arsenic occurrence in Brazil and human exposure. *Environmental Geochemistry and Health*. 29(2), 109-118.

DONATO, D. B., O. NICHOLS, H. POSSINGHAM, M. MOORE, P. F. RICCI a B. N. NOLLER, 2007. A critical review of the effects of gold cyanide-bearing tailings solutions on wildlife. *Environment International*. 33(7), 974–984. DOI: 10.1016/j.envint.2007.04.007.

DURAND, J. F., 2012. The impact of gold mining on the Witwatersrand on the rivers and karst system of Gauteng and North West Province, South Africa. *Journal of African Earth Sciences*. 68, 24–43. DOI: 10.1016/j.jafrearsci.2012.03.013.

DURRHEIM, R. J., et al., 2006. The risks to miners, mines, and the public posed by large seismic events in the gold mining districts of South Africa. *Third International Seminar on Deep and High Stress Mining*, Quebec City, Canada, 2-4 October 2006, pp 1-14

EISLER, Ronald, 2004. Arsenic Hazards to Humans, Plants, and Animals from Gold Mining. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. Springer New York. (180), 133-165. DOI: 10.1007/0-387-21729-0_3.

EY, 2015. Overview of the gold mining industry in Russia in 2013-2014 [online]. Ernst & Young Valuation and Advisory Services LLC. [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: <[http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-gold-mining-industry-in-russia-2015-eng/\\$FILE/EY-gold-mining-industry-in-russia-2015-eng.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-gold-mining-industry-in-russia-2015-eng/$FILE/EY-gold-mining-industry-in-russia-2015-eng.pdf)>

FARRINGTON, John, 2000. Environmental problems of placer gold mining in the Zaamar Goldfield, Mongolia. *World Placer Journal*. 1: 107-128.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 2004. Fertilizer Use by Crop in Brazil [online]. First version. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <<http://www.fao.org/docrep/007/y5376e/y5376e00.htm#Contents>>

GANTSETSEG, O., Kelly CLUER, Boris KOTLYAR a eds., 2003. Boroo gold deposit, Mongolia: (Definitive gold deposit type in North Khentei terrain). GEREL, Ochir, Reimar SELTMANN, Doug KIRWIN a Richard HERRINGTON. *Mongolian Geoscientist*. Ulaanbaatar: Editorial board of the Mongolian Academy of Sciences, (21), 44-46.

GAUTENG DEPARTMENT OF AGRICULTURE CONSERVATION AND THE ENVIRONMENT (GDACE), 2008. Mining and environmental impact guide [online]. Johannesburg: GDACE, [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: <<http://www.gdard.gpg.gov.za/Documents1/MiningandEnvironmentalImpactGuide.pdf>>

GEORGE, Micheal W., 2015. Gold. U. S. GEOLOGICAL SURVEY. 2013 Minerals Yearbook [online]. 31.1 - 31.18 [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gold/myb1-2013-gold.pdf>>

GRANDJEAN, P, 1999. Methylmercury as a developmental neurotoxicant. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Mercury as a Global Pollutant*, 153, (abstract). Rio de Janeiro.

GREMLICA, Tomáš, Vladimír VRABEC, Václav CÍLEK, Vít ZAVADIL, Anna LEPŠOVÁ a Ondřej VOLF, 2013. Industriální krajina a její přirozená obnova: Právní

východiska a rekultivační metodika oblastí narušených těžbou. Vydání první. Praha: Novela bohémica. ISBN 978-80-87683-10-1.

GRIESSE, Margaret Ann, 2007. The Geographic, Political, and Economic Context for Corporate Social Responsibility in Brazil. *Journal of Business Ethics*. 73(1), 21-37. DOI: 10.1007/s10551-006-9194-2.

GURMENDI, Alfredo C., 2015. The Mineral Industry of Brazil. *Minerals Yearbook Area Reports: International Review 2012: Latin America and Canada. Volume III*. Washington, D. C.: U. S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS), 4.1 - 4.18. ISBN 9781411336780.

HONTELEZ, John (ed.), 2000. The Environmental Performance of the Mining Industry and the Action Necessary to Strengthen European Legislation in the Wake of the Tisza-Danube Pollution. Brussels: European Environmental Bureau (EEB). Dostupné také z: <http://www.eeb.org/publication/2000/Environmental_Performance_of_Mining_Industry.pdf>

HUTCHINSON, R. W., 1987. Metallogeny of Precambrian gold deposits; space and time relationships. *Economic Geology*. 82(8), 1993-2007. DOI: 10.2113/gsecongeo.82.8.1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2015. Cartography: Mapping of Territorial Units: Official Territorial Units. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) [online]. Rio de Janeiro: Brazilian Federal Government (Ministry of Planning, Budget and Management). [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.ibge.gov.br/english/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2016. Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) [online]. Rio de Janeiro: Brazilian Federal Government (Ministry of Planning, Budget and Management). [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <<http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>>

INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING AND METALS (ICMM), 2014. The role of mining in national economies [online]. 2nd edition. London, UK: International Council on Mining and Metals (ICMM). [cit. 2016-04-07]. ISBN 978-1-909434-11-0. Dostupné z: <<http://www.icmm.com/document/7950>>

INTERNATIONAL MONETARY FUND (IMF), 2015. Russian Federation [online]. Washington, D. C.: International Monetary Fund, [cit. 2016-04-12]. IMF Country Report, 15/211. ISBN 978-92-1-057393-1. Dostupné z: <<https://www.imf.org/external/pubs/ft/scr/2015/cr15211.pdf>>

JAHAN, Selim. UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP), 2015. Human Development Report 2015: Work for Human Development [online]. New York (USA). [cit. 2016-04-02]. ISBN 978-92-1-126398-5. Dostupné z: <http://hdr.undp.org/sites/default/files/2015_human_development_report.pdf>

JAIN, Ravi, Zengdi CUI a Jeremy DOMEN, 2015. Environmental Impact of Mining and Mineral Processing: Management, Monitoring, and Auditing Strategies. 1st Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann. ISBN 9780128040409.

JAKRLOVÁ, Jana a Jaroslav PELIKÁN, 1999. Ekologický slovník terminologický a výkladový. 1. vyd. Praha: Fortuna. ISBN 80-7168-644-1.

JAROŠ, O., 2008. Genetické typy ložisek zlata v Mongolsku a environmentální dopady jejich exploatace. In: KYNICKÝ, Jindřich a Aleš BAJER. Mongolia 2008. Sborník z konference věnované výzkumným aktivitám v Mongolsku. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, s. 28-33. ISBN 978-80-7375-207-1.

KING & SPALDING, May 2012. Overview: Russian Mining Regulation [online]. Moscow: King & Spalding, [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <<http://www.kslaw.com/imageserver/kspublic/library/publication/russianmining.pdf>>

LAPERDINA, T. G., M. V. MELNIKOVA a T. E. KHVOSTOVA. Gold Mining in Siberia as a Source of Mercury Contamination of the Environment. EBINGHAUS, Ralf

et al. (ed.), 1999. Mercury Contaminated Sites: Characterization, Risk Assessment and Remediation. Springer Berlin Heidelberg, s. 357-374. Environmental Science. DOI: 10.1007/978-3-662-03754-6_19. ISBN 978-3-662-03754-6.

LITOCHEB, J., J. SEJKORA, J., PALATÝ, T. a T. ŠIMON, 2007. Těžba zlatonosných rozsyků v jižním okolí Prahy (střední Čechy). In: Stříbrná Jihlava 2007. Studie k dějinám hornictví a důlních prací. Archeologické výzkumy na Vysočině – Suplementum 1, Jihlava, 10-25.

LUSILAO-MAKIESE, J. G., E. M. CUKROWSKA, E. TESSIER, D. AMOUROUX a I. WEIERSBYE, 2013. The impact of post gold mining on mercury pollution in the West Rand region, Gauteng, South Africa. Journal of Geochemical Exploration. 133, 111–119. DOI: 10.1016/j.gexplo.2013.08.010.

MACHART, J., 1971. Vznik a rozšíření pootavských ložisek zlata. In: J. Kudrnáč, Zlato v Pootaví. Písek, 7-14.

MACHADO, Iran F. a Silvia F. de M. FIGUEIRÔA, 2001. 500 years of mining in Brazil: a brief review. Resources Policy. 27(1), 9–24. DOI: 10.1016/S0301-4207(01)00004- 6.

MARIN, Andrei, 2010. Riders under storms: Contributions of nomadic herders' observations to analysing climate change in Mongolia. Global Environmental Change, 20(1), 162–176. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2009.10.004. ISSN 0959-3780.

MARON, M. A. C., A. R. B. SILVA, 1984. Perfil Analítico do ouro, boletim No. 57, Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral, Brasília. pp. 143.

MAŠLOVÁ, Kateřina, 2015. Montánní archeologie v jižních Čechách (identifikace a dokumentace těžebních areálů v okolí Vodňan). Č. Budějovice. Bakalářská práce (Bc.). JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. Filozofická fakulta

MATSCHULLAT, J., et al, 2007. Long-term environmental impact of arsenic-dispersion in Minas Gerais, Brazil. *Environmental Geochemistry and Health*. 29(2), 109-118. DOI: 10.1016/S1875-1121(06)09014-6.

MÁCHAL, Aleš (ed.), 2008. Malý ekologický a environmentální slovníček. 5. upravené a rozšířené vydání. Brno: Rezekvítek - Sdružení pro ekologickou výchovu a ochranu přírody. ISBN 80-86626-08-3.

MINISTERSTVO ZAHRANIČNÍCH VĚCÍ ČESKÉ REPUBLIKY (MZV), 2016a. Státy světa - informace na cesty: Asie: Mongolsko [online]. Praha: Ministerstvo zahraničních věcí České republiky [cit. 2016-03-09]. Dostupné z: <http://www.mzv.cz/jnp/cz/encyklopedie_statu/asie/mongolsko/>

MINISTERSTVO ZAHRANIČNÍCH VĚCÍ ČESKÉ REPUBLIKY (MZV), 2016b. Státy světa - informace na cesty: Evropa: Rusko [online]. Praha: Ministerstvo zahraničních věcí České republiky [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.mzv.cz/jnp/cz/encyklopedie_statu/evropa/rusko/>

MORÁVEK, Petr, 1992. Zlato v Českém masívu. Vyd. 1. Praha: Český geologický ústav. ISBN 80-7075-088-X.

MORNA, Bryne Ansin a Michael Cassin CLARKE, 2002. Cyanide Usage in the Gold Mining Industry Under Wet Tropical Conditions. In: MORPHETT, Graham (ed.). 4th Queensland Environmental Conference Proceedings: Environmental Solutions: Meeting the Challenge in 2002. Brisbane: Environmental Engineering Society. ISBN 0-9581028-0-5.

MURDOCH, Julian, 2009. How gold is found, mined and processed. In: Mineweb [online]. Johannesburg: Moneyweb Holdings. [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <<http://www.mineweb.com/archive/how-gold-is-found-mined-and-processed/>>

NAICKER, K., E. CUKROWSKA a T. S. MCCARTHY, 2003. Acid mine drainage arising from gold mining activity in Johannesburg, South Africa and environs. *Environmental Pollution*. 122(1), 29–40. DOI: 10.1016/S0269-7491(02)00281-6.

NARVAES, Desiree M., 2002. Human exposure to mercury in fish in mining areas in the Philippines. FAO/WHO Global forum of food safety regulation. Morocco: Marrakec.

RÖSNER, T. a A. van SCHALKWYK, 2000. The environmental impact of gold mine tailings footprints in the Johannesburg region, South Africa. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. Springer-Verlag, 59(2), 137-148. DOI: 10.1007/s100640000037. ISSN 1435-9537.

PANCOVÁ ŠIMKOVÁ, P., KYNICKÝ, J., SAMEC, P., VAVŘÍČEK, D., 2008. Obnova lesních porostů v extrémních oblastech Mongolska za využití znalostí podmínek obnovy na Králickém Sněžníku. In KYNICKÝ, J. -- BAJER, A. *Mongolia 2008*. Sborník z konference věnované výzkumným aktivitám v Mongolsku. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, s. 55-62. ISBN 978-80-7375-207-1.

PAUK, František, 1969. Mineralogie, petrografie a geologie pro 1. ročník gymnasií a 3. ročník SVVŠ. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 337 s., obr. příl. Učebnice pro střední všeobecně vzdělávací školy.

PESTANA, M. H. D. a M. L. L. FORMOSO, 2003. Mercury contamination in Lavras do Sul, south Brazil: a legacy from past and recent gold mining. *Science of The Total Environment*. 307(1-3), 125–140. DOI: 10.1016/S0048-9697(02)00535-1.

PETROV, Viktor Grigorievič, 1976. Zoloto v oporných razrezach verchnego dokembrija zapadnoj okrainy sibirskoj plaformy. Nauka.

PIRRONE, Nicola a Kathryn R. MAHAFFEY (eds.), 2005. *Dynamics of Mercury Pollution on Regional and Global Scales: Atmospheric Processes and Human Exposures Around the World*. Springer Science & Business Media. ISBN 978-0-387-24494-5.

PRACH, Karel, Milan ŠTECH a Pavel ŘÍHA, 2009. *Ekologie a rozšíření biomů na Zemi*. 1. vyd. Praha: Scientia. Biologie dnes. ISBN 978-80-86960-46-3.

RICHARDSON, M. L. (ed.), 1992. The Dictionary of Substances and their Effects, Royal Society of Chemistry, UK, pp. 716-718.

SAFIROVA, Elena, 2015. The Mineral Industry of Russia. U. S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Area Reports: International Review 2012: Europe and Central Eurasia. Volume III. Washington, D. C.: U. S. Geological Survey (USGS), 38.1 - 38.22. ISBN 9781411336797.

SANTOS, Elisabeth Oliveira et al, 2007. Correlation between blood mercury levels in mothers and newborns in Itaituba, Pará State, Brazil. Cad. Saúde Pública [online]. 23 (4) [cit. 2016-04-08], pp. S622-S629 . Available from: <http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2007001600022>

SCHOLVIN, Sören a Andrés MALAMUD, 2014. Is there a Geoeconomic Node in South America? Geography, Politics and Brazil's Role in Regional Economic Integration [online]. ICS Working Paper. Lisbon: Instituto de Ciências Sociais, [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://www.ics.ul.pt/publicacoes/workingpapers/wp2014/wp2014_2.pdf>

SPIEGEL, Samuel J. a Marcello M. VEIGA, 2010. International guidelines on mercury management in small-scale gold mining. Journal of Cleaner Production. 18(4), 375–385. DOI: 10.1016/j.jclepro.2009.10.020.

STACEY, Julie L. a (eds.), 2012. Gold. LETCHER, Trevor M. a Janet L. SCOTT. Materials for a Sustainable Future. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, s. 93-118. ISBN 978-1-84973-407-3.

STATISTICS SOUTH AFRICA, 2016. Mining: winners and losers of 2015. In: Statistics South Africa [online]. Pretoria: Statistics South Africa, [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: <<http://www.statssa.gov.za/?p=6247>>

STATISTICS SOUTH AFRICA, 2015. The decreasing importance of gold mining in South Africa. In: Statistics South Africa [online]. Pretoria: Statistics South Africa, [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: <<http://www.statssa.gov.za/?p=4252>>

STRUŽ, Jan, Bohumil STUDÝNKA, 1985. Zlato, zlato, zlato: od magie až po finanční spekulace. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 205 s.

SURINOV, A. et al. (eds.), 2015. Russia` 2015: Statistical pocketbook [online]. Moscow: Federal State Statistics Service (Rosstat), [cit. 2016-04-12]. ISBN 978-5-89476-399-6. Dostupné z: <http://www.gks.ru/free_doc/doc_2015/rus15_eng.pdf>

SWENSON, J. J., C. E. CARTER, J. - C. DOMEK a C. I. DELGADO, 2011. Gold Mining in the Peruvian Amazon: Global Prices, Deforestation, and Mercury Imports. PLoS ONE 6(4): e18875. doi:10.1371/journal.pone.0018875

ŠEVELA, Kamil a Pavel ŠEVČÍK, 2011. Akutní intoxikace a léková poškození v intenzivní medicíně. 2., dopl. a aktualiz. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3146-9.

TELMER, K. a Marcello M. VEIGA, 2008. World Emissions of Mercury from Small Scale Artisanal Gold Mining and the Knowledge Gaps about Them. GMP Presentation, Rome, Italy.

THORSLUND, Josefin, Jerker JARSJÖ, Sergey R. CHALOV a Ekaterina V. BELOZEROVA, 2012. Gold mining impact on riverine heavy metal transport in a sparsely monitored region: the upper Lake Baikal Basin case. Journal of Environmental Monitoring. 14(10), 2780-2792. DOI: 10.1039/C2EM30643C.

TIBANE, Elias (ed.), 2015. Pocket Guide to South Africa 2014/2015 [online]. 12. Pretoria: Government Communications (GCIS), [cit. 2016-04-03]. ISBN 978-0-9922078-7-8. Dostupné z: <<http://www.gcis.gov.za/content/resourcecentre/sa-info/pocket-guide/pocket-guide-south-africa-20142015>>

TIBANE, Elias a Malphia HONWANE (eds.), 2015. South Africa Yearbook 2014/15 [online]. 22. Pretoria: Government Communication and Information System (GCIS), [cit. 2016-04-03]. ISBN 978-0-9922078-6-1. Dostupné z: <<http://www.gcis.gov.za/content/resourcecentre/sa-info/yearbook2014-15>>

TUČEK, Milan, 2006. Současná zdravotní rizika expozice rtuti a jejím sloučeninám. České pracovní lékařství. Praha: TIGIS, 26-37.

TUTU, H., T. S. MCCARTHY a E. CUKROWSKA, 2008. The chemical characteristics of acid mine drainage with particular reference to sources, distribution and remediation: The Witwatersrand Basin, South Africa as a case study. Applied Geochemistry. 23(12), 3666–3684. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2008.09.002.

U. S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS), 2016. Mineral commodity summaries 2016 [online]. Reston, Virginia: U. S. Geological Survey, [cit. 2016-03-19]. ISBN 978–1–4113–4011–4. Dostupné z:

<<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2016/mcs2016.pdf>>

UNITED NATIONS, 2015. World Statistics Pocketbook, 2015 edition [online]. New York: United Nations, [cit. 2016-04-12]. Series V, No. 39. ISBN 978-92-1-057393-1. Dostupné z:

<http://unstats.un.org/unsd/pocketbook/World_Statistics_Pocketbook_2015_edition.pdf>

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP), 2016. About Mongolia. UNDP in Mongolia [online]. United Nations Development Programme, [cit. 2016-03-10]. Dostupné z:

<<http://www.mn.undp.org/content/mongolia/en/home/countryinfo/>>

VANĚČEK, Mirko, 1995. Nerostné suroviny světa: rudy a nerudy. 1. vyd. Praha: Academia. ISBN 80-200-0290-1.

VEIGA M. M., P. A. MAXSON a L. D. HYLANDER, 2006. Origin and Consumption of Mercury in Small-Scale Gold Mining. J Cleaner Prod 14: 436–447.

VOLNÝ, Stanislav, 1989. Deteriorizace a rekultivace krajiny. 1. vyd. Brno: VŠZ.

VOLPI, Giulio, 2008. Climate Mitigation, Deforestation and Human Development in Brazil [online]. United Nations Development Programme, [cit. 2016-04-08]. Human

Development Report 2007/2008. Dostupné z: <<http://hdr.undp.org/en/content/climate-mitigation-deforestation-and-human-development-brazil>>

VRÁBLÍKOVÁ, Jaroslava a kolektiv, 2008. Revitalizace antropogenně postižené krajiny v Podkrušnohoří. Vyd. 1. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí. ISBN 978-80-7414-085-3.

VRÁNA, Petr, 2011. Vliv těžebního průmyslu na hospodářství a rozvoj Mongolska. Olomouc. Diplomová práce (Mgr.). UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI. Přírodovědecká fakulta

VYTOPILOVÁ, Simona, 2011. Rusticyanin bakterie *Acidithiobacillus ferrooxidans* [online]. Brno, [cit. 2016-03-19]. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Oldřich Janiczek Dostupné z: <http://is.muni.cz/th/211525/prif_m/>.

WACASTER, Susane, 2015. The Mineral Industry of Mongolia. U. S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Minerals Yearbook Area Reports: International Review 2012: Asia and the Pacific. Volume III. Washington, D. C.: Geological Survey 2015, 17.1 - 17.8. ISBN 9781411336766.

WOODALL, R., 1988. Gold in 1988. – Bicentennial Gold '88, Extended abstracts, oral programme, Geological Society of Australia, 1-12. Melbourne.

WORLD BANK, 2006. Mongolia - A review of environmental and social impacts in the mining sector. Washington, DC: World Bank. <<http://documents.worldbank.org/curated/en/2006/05/14721358/mongolia-review-environmental-social-impacts-mining-sector>>

WORLD BANK GROUP, 2016a. South Africa Economic Update, February 2016 : Promoting Faster Growth and Poverty Alleviation through Competition. World Bank, Pretoria. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/23762>

WORLD BANK GROUP, 2016b. Countries: Brazil. The World Bank [online]. Washington, DC: The World Bank Group, [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <<http://www.worldbank.org/en/country/brazil>>

WORLD BANK GROUP, 2016c. Countries: Mongolia. The World Bank [online]. Washington, DC: The World Bank Group, [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: <<http://www.worldbank.org/en/country/mongolia>>

WORLD BANK GROUP, 2016d. Countries: Russian Federation. The World Bank [online]. Washington, DC: The World Bank Group, [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <<http://www.worldbank.org/en/country/russia>>

WORLD BANK GROUP, 2016e. Countries: South Africa. The World Bank [online]. Washington, DC: The World Bank Group, [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: <<http://www.worldbank.org/en/country/southafrica>>

WORLD GOLD COUNCIL, 2015. Gold mining: Interactive gold mining map. World Gold Council [online]. London: World Gold Council, [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <<http://www.gold.org/gold-mining/interactive-gold-mining-map>>

WORLD GOLD COUNCIL, 2014. Mongolia. Responsible gold mining and value distribution, 2013 data: A global assessment of the economic value created and distributed by members of the World Gold Council [online]. Londýn, s. 50-51 [cit. 2016-03-31]. Dostupné z: <<http://www.gold.org/gold-mining/economic-contribution/value-distribution>>

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), 2016. Countries: Brazil. World Health Organization [online]. Geneva: World Health Organization [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <<http://www.who.int/countries/bra/en/>>

YAGER, Thomas R., 2015. The Mineral industry of South Africa. Minerals Yearbook Area Reports: International Review 2012: Africa and the Middle East. Volume III. Washington, D. C.: U. S. GEOLOGICAL SURVEY (USGS), 38.1-38.26. ISBN 9781411336773.

ZASTUPITELSKÝ ÚŘAD ČR V ULÁNBÁTARU (MONGOLSKO), 2015. Souhrnná teritoriální informace Mongolsko. In: BusinessInfo.cz: Oficiální portál pro podnikání a export [Online]. CzechTrade. [Citace: 11. Březen 2016.] <<http://www.businessinfo.cz/cs/zahranicni-obchod-eu/teritorialni-informace-zeme/mongolsko.html>>

ZASTUPITELSKÝ ÚŘAD ČR V PRETORII (JIHOAFRICKÁ REPUBLIKA), 2015. Souhrnná teritoriální informace Jihoafrická republika. In: BusinessInfo.cz: Oficiální portál pro podnikání a export [online]. CzechTrade, [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: <<http://www.businessinfo.cz/cs/zahranicni-obchod-eu/teritorialni-informace-zeme/jihoafricka-republika.html>>

ZIMÁK, Jiří, 2005. Ložiska nerostných surovin [online]. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Katedra geologie, [cit. 2016-02-24]. Dostupné z: <http://www.geology.upol.cz/upload/studijni_materialy/plne_texty_skript/2005_Zimak_Jiri_Loziska_nerostnych_surovin2.pdf>

8 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Zlatý důl Kurii v jižním Rusku (Janík, J., 2015)

Příloha č. 2: Krajina degradovaná těžbou v blízkosti dolu Kurii (Janík, J., 2015)

Příloha č. 3: Pozůstatky po těžbě zlata v Gobi (Kynický, J., expedice „Mongolia 2003“)

Příloha č. 4: Zlatý důl Bayan Khushu v poušti Gobi v Mongolsku (Pecina, V., 2014)

Příloha č. 5: Nestabilní výsypky kolem Bayan Khushu Pecina, V., 2014)

Příloha č. 6: Ilegální těžba zlata v revíru Zaamar v Mongolsku (Kynický, J., expedice „Mongolia 2000“)

Příloha č. 7: Typická aridní subtropická krajina v provincii Limpopo (Pecina, V., 2013)

Příloha č. 8: Typická horská krajina v provincii Limpopo (Pecina, V., 2013)

Příloha č. 9: Výsypky po těžbě v provincii Limpopo (Pecina, V., 2013)

Příloha č. 10: Náznak revegetace na výsypce (Pecina, V., 2013)

Příloha č. 11: Tropický prales v Mexiku (Pecina, V., 2016)

Příloha č. 12: Charakter tropické krajiny v Keni (Pecina, V., 2014)

Příloha č. 13: Příklad lesní krajiny degradované těžbou v Brazílii (Kynický, J., 2006)