

Nerastné suroviny na začiatku 21. storočia – trendy a možnosti

Pavol Grecula¹

Mineral resources at the beginning of the 21st century - trends and possibilities

The world's population growth might have a positive impact on the geological investigation, the exploration and on the mining industry. The globalization of the world economy will have a positive economic consequence for mining enterprises. Important is, that mining companies have to accept the environmental laws and to carry out rehabilitation in areas of mining activities. The detail understanding of geology of mineral deposits remains the primary control of their efficient exploitation.

In regards to growing concerns about the sustainability of mineral production and environmental quality, as well as the simultaneous increase of demand for mineral-resource information, the Ministry of Environment of Slovak Republic completed the introduction study of the feasibility of assessing and predicting where and how much undiscovered mineral resources remain in Slovakia.

Úvod

Svetová populácia rastie. V súčasnosti na svete žije asi 6 miliárd ľudí a v roku 2050 by ich malo byť okolo 10–11 miliárd. Prognostici si kladú zásadnú otázku, pre koľko ľudí so slušnou životnou úrovňou stačia jestvujúce zemské zdroje. A vonkoncom to nie je iba ekonomická otázka. Väčšina ľudí chce dosiahnuť primeraný životný štandard a jeden aj druhý trend vyvoláva veľký tlak na nerastné zdroje. Dobrou správou je, že sa v budúcich desaťročiach neočakáva zníženie životnosti nehorľavých nerastných zdrojov (Briskey et al., 2001). Jej platnosť však znižuje rastúci počet a rôznorodosť reálnych aj prepokladaných ťažkostí. Baníctvo sa v konkurenčnom prostredí musí uchádzať o priestor s ostatnými využívatelmi zemského povrchu. Môže priniesť obmedzený ekonomický a sociálny prospech najmä pre populáciu rozvojových krajín.

Ťažba nerastných surovín – konflikt so životným prostredím?

Mnoho ľudí nesúhlasí s baníckou činnosťou, vidí v nej ohrozenie svojej kultúry, zvykov a hrozbu znečistenia prostredia. Ľudia spravidla neveria sľubom bankých spoločností ani vládam, že sa dá dôsledkom vyhnúť alebo že sa natrvalo zmiernia.

Sú teda dve hlavné prekážky rozvoja baníctva: 1. konkurenčné prostredie pri využívaní zemského povrchu a 2. rastúce obavy verejnosti z novej degradácie životného prostredia bankou činnosťou. Obývatelne resp. "zdomácnené" časti Zeme – a to aj plánované v budúcnosti – sú neprekonateľnou prekážkou pre bankú činnosť.

Argumentuje sa tým, že nepredvídateľný, ako aj neplánovaný rozvoj prieskumu a ťažby nerastných surovín môže ohroziť citlivosť ekosystému, narušiť prostredie pre živočíchy a rastliny, čiže znehodnotiť celkový ekosystém zdravia. Požiadavky rozvoja ľudskej spoločnosti sa tak dostávajú do vážneho protikladu: na jednej strane stojí úsilie zvyšovať životný štandard, na čo treba viac surovín, ale na druhej nekompromisná požiadavka nesiahť na životné prostredie. Podľa prezidenta Komisie poradcov pre vedu a technológie pri vláde USA rast ľudskej populácie a jej aktivity (napr. baníctvo) "ohrozujú druhy rastlín a živočíchov, spôsobujú zmenu klímy v globálnej mierke." Biológ Lubčenko (1988, Science in Briskey et al. 2001) ide ešte ďalej a tvrdí: "My meníme fyzikálny, chemický a biologický systém novým spôsobom tak rýchlo a v takej rozsiahlej miere, akú naša Zem doteraz ešte nezaznamenala."

Vytvoril sa veľmi zlý obraz baníctva, ale aj s ním späté činnosti z iných odborov, vrátane geológie.

A čo si myslí o baníctve priemerný občan? Isto nie to, že sa nerastné suroviny ťažia, aby vymrelo celé ľudstvo. Celková ťažba nehorľavých nerastných surovín je v súčasnosti úmerná spotrebe. Je baníctvo dôležitou súčasťou globálnej ekonomiky? Vo viacerých krajinách áno (napr. v Južnej Afrike tvorí 40 % národného dôchodku), ale v globálnej ekonomike nie, ba je iba jej malým hráčom. P. Lassonde (CEO of Franco-Nevada Mining in Briskey et al. 2001) na konferencii Mining Engineering (júl 2000) uviedol, že ak sa skapitalizuje všetka ťažba zlata, medi, hliníka, niklu, zinku a diamantov, hodnota produkcie je okolo 200 miliárd USD, ale napr. produkcia firmy Microsoft a Cisco System je viac ako 400 miliárd USD.

Myslí si priemerný občan, že banké spoločnosti zaznamenali aj významné environmentálne úspechy? Asi nie, lebo environmentálne úspechy bankého sektora – a také sú – sa iba zriedka spomínajú v hlavných článkoch novín a v ostatných prostriedkoch masovej komunikácie.

¹ RNDr. Pavol Grecula, DrSc., Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava, regionálne centrum Košice, Jesenského 8, 04001 Košice, e-mail: grecula@gssr.sk
(Recenzované, revidovaná verzia dodaná 9.8.2002)

Negatívny obraz o baníctve dosiahol bod, keď predstavitelia banského priemyslu musia argumentovať tým, že baníctvo rovnako ako iné odvetvia priemyslu a vývoja musí prispievať nielen do ekonomickej hodnoty akcií a že tieto akcie musia obsahovať aj environmentálne a sociálne hodnoty (P. James, CEO of Rio Algom Ltd. in Briskey et al. 2001). Baníctvo stratí schopnosť operovať kdekoľvek, ak jeho manažéri nebudú schopní, alebo ak budú váhať, alebo nechotne efektívne spájať ekonomické, environmentálne a sociálne požiadavky kdekoľvek, kde chceme byť úspešní a robiť dobrý obchod (taktiež James). Výkonný riaditeľ Rio Tinto Corp. sir. R. Wilson (in Briskey et al. 2001) pripomenul, že baníctvo v Európe, USA, Kanade aj inde sa do rastúcej nemilosti dostáva aj vlastnou vinou, napr. zanedbávaním “public relation”, zanedbávaním propagácie významu svojich produktov, ale aj nevhodnou výchovou v školách, kde sa prevažne tvorí iba negatívny obraz baníctva. Reputácia baníctva sa stále bude zhoršovať, dodáva sir Wilson, pokiaľ sa nezmení dialóg s akcionármi, s vládami aj mimovládami organizáciami a pokiaľ sa nebudú hľadať nové banské iniciatívy a nezávislé analýzy, ktoré budú determinovať budúcnosť baníctva z ekonomického, sociálneho a environmentálneho hľadiska. Takáto analýza musí obsahovať aj prognózu nových zdrojov nerastných surovín. Súčasný pokus o prognózu využívania krajiny a nerastných zdrojov vo svete, ktorý sa vytvoril pod záštitou OSN, je iba “zlepencom” náhodných úvah (Briskey et al. 2001).

Banské podniky sa môžu prispôbiť novým podmienkam. Keď v 80. rokoch 20. stor. vyspelé krajiny prijali environmentálnu reguláciu, náklady na ťažbu stúpili a ťažiarne firmy začali “sťahovanie”. Napr. v poslednej dekáde minulého storočia niekoľko baní na med' v Kanade aj napriek kvalitnej rude zatvorili a naopak otvorili v Chile. Banské aktivity sa presúvajú do menej rozvinutých krajín.

Ťažba surovín je zakázaná alebo čoskoro bude zakázaná v Antarktíde a na ostrovoch Arktídy, v národných parkoch, v prírodných rezerváciách, v tropických dažďových lesoch, v starých lesných porastoch, v alpínskych a púštnych oblastiach a v ďalších oblastiach citlivých na narušenie prírodnej rovnováhy, ekosystému, prírodnej scenérie a v panenských oblastiach prírody. Z toho vychodí záver, že tak, ako sa krajina ekonomicky vyvíja, tak sa stáva baníctvo vo vlastnej krajine nevítaným. Banské spoločnosti môžu svoje aktivity preniesť do inej krajiny, ale ľudstvo všade chce žiť v zdravom životnom prostredí. Bez nerastných surovín sa to nedá dosiahnuť. Platnosť tejto axiomy sa už začína potvrdzovať aj v rozvojových krajinách, v ktorých ekonomický pokrok často závisí od ťažby nerastných surovín. Ekonomicky vyspelé krajiny musia zodpovedne pomáhať iným krajinám zbierať informácie a poskytovať ich pri plánovaní využívania nerastných surovín pri zachovaní súčasného ekosystému a ďalšom zvelaďovaní životného prostredia.

V súčasnom globalizujúcom sa svete nemôže nijaká krajina robiť pri využívaní prírodných zdrojov, čo chce, a to predovšetkým z environmentálneho hľadiska, ale musí rešpektovať národné i medzinárodné zákony a environmentálne dohovory. Svetová banka a OSN môžu odmietnuť finančnú pomoc, ak projekt ťažby znižuje kvalitu životného prostredia. Proti bojkotu takýchto zákonov a dohôdov využívateľmi surovín alebo vládou príslušnej krajiny svetové organizácie použijú efektívne medzinárodné reštrikcie alebo zastavia ťažbu. Medzinárodný tlak na zachovanie životného prostredia bude stále väčší. Bez informácií o globálnych zdrojoch a ich prognózach, ako aj o medzinárodných zákonoch možno aj neúmyselne ohroziť budúcnosť ťažby surovín, ktorá by pri zachovaní environmentálnych požiadaviek mohla byť ekonomicky aj sociálne úspešná.

Nerastné suroviny a potreby ľudskej spoločnosti

Zdá sa, že sa spotreba surovín v ekonomicky vyspelých krajinách ustálila, ale stúpa v rozvojových krajinách, a teda aj vo svete ako celku. Aj napriek zatváraní mnohých baní spotreba nerastných surovín stúpa, a to najmä vďaka výraznému zníženiu počtu ťažených ložísk a masívnej ťažbe gigantických ložísk v povrchových lomoch. V nich je až 70 % zásoby a v superobrovských ložiskách asi 25 % zásoby farebných a drahých kovov. V 20. stor. navyše vzrástla ťažba Al surovín 3500-krát, Cu 26, Zn 17, Pb 4, Fe 8, Au 6, Ag 3, Sn 2-krát atď. V nerudách nebolo zvýšenie ťažby za ostatných 30 rokov také výrazné, iba surovín bóru sa ťažilo 17-krát viac a wollastonitu o 7 % viac ako v predchádzajúcom období. Rast ťažby o 2–4 % zaznamenali napr. živce, cementárske suroviny, baryt, mastenec, perlit, grafit, kyanit a okolo 1 % diatomit, fluorit, slúda, stavebné materiály a i. Zvyšovať ťažbu nerastných surovín je celosvetová požiadavka, nie však ekológov, ktorí žiadajú neťažiť suroviny, ale dovážať ich (to je prízemný pohľad ekológov idealistov) alebo ťažiť pri dodržiavaní pravidiel na ochranu životného prostredia (to je aj politika MŽP SR).

Požiadavky na nerastné suroviny sú a budú aj v 21. stor. a baníctvo túto spoločenskú objednávku musí rešpektovať (Skinner). Naďalej sa budú objavovať nové ložiská, ale bude pokračovať aj vývoj technológií orientovaný na ich zhodnocovanie pri novom využívaní. A to by mal byť jeden z rozhodujúcich faktorov v prospech pokračovania, ba aj opätovného rozvoja ťažby surovín. Spotreba nerastných surovín na hlavu rastie. V neolitickej ére to bolo ročne asi 6 t, dnes 89 t. Vo vyspelých krajinách pripadá na obyvateľa 45 až 85 q produktov vyrobených z nerastných surovín za jeden rok (podľa World Resources Institute, 1998). V roku 1900 bolo na svete 1,5 miliardy ľudí, dnes je 6 miliárd, čo je enormný rast počtu ľudí, ale aj spotreby nerastných surovín. To si vyžaduje ťažbu, transport a úpravu ohromného množstva nerastných surovín, ktoré sú vo

finálnom výrobku "neviditeľné", akoby nepoužitú. Pritom 50–75 % takto skrytej nerastnej suroviny vo výrobkoch a, prirodzene, s tým súvisiaci environmentálny efekt, resp. dôsledok sa často umiestni v inej krajine.

Nové zdroje kvalitných surovín možno v nasledujúcich rokoch očakávať na kontinentálnej kôre iba vo väčšej hĺbke. Veľké pripovrchové zdroje, ale chudobnejšej rudy sa objavili aj v ostatných rokoch. Perspektíva nájsť nové ložiská pri menších nákladoch, ale s predpokladaným znečistením životného prostredia (ktoré sa v súčasnosti dá značne eliminovať) je aj v nastávajúcich desaťročiach, ale s nižšou kovnatosťou rúd (napr. v USA bol priemerný obsah Cu v rude koncom 19. stor. 2,5 %, ale koncom 20. stor. iba 0,45 %). Trend ťažiť suroviny z povrchových lomov bude naďalej dominovať. Napr. v roku 1979 sa tak ťažilo 86,2 % rúd a v roku 2000 už 97,2 %, banským spôsobom v rovnakých obdobiach 13,8 % resp. iba 2,8 %. V nerudách sa povrchovo ťažilo od roku 1979 do roku 2000 stabilne okolo 96 % a hlbinne od 3,3 do 5,5 % z celkovej ťažby nerúd (Minerals Yearbook, 1984–2000). Podľa toho istého zdroja povrchová ťažba výrazne znečisťuje životné prostredie, pretože z celkového vyťaženého množstva rúbaniny napr. v USA bolo hlušiny 55–75 %, kým pri hlbinej ťažbe iba 3–15 %. Aj napriek tomu sa bude uprednostňovať povrchová ťažba, a to najmä v rozvojových krajinách, v ktorých, aj keď je ich stále menej, ešte prevláda názor, že ekonomika krajiny a prosperita jej obyvateľov je prvoradá. Lenže to je už aj politická otázka, otázka vzťahu vyspelého a bohatého Severu a rozvojového Juhu a na to nadväzujúca politika globalizácie s množstvom konfliktov, ktoré vyvoláva. Pravda je, že sa vďaka nerastným surovinám z rozvojových krajín postupne stávajú bohaté štáty. Napr. Austrália za posledných 20 rokov exportovala nerastné suroviny za vyše 500 miliárd AUD, v rokoch 2000–2001 za takmer 56 miliárd s ročným rastom o 27 % vyšším ako v roku 1999. K tomu treba pripočítať dve miliardy AUD za vývoz banskej technológie a služieb. Z banskej činnosti ako dane a poplatky za ťažbu do štátneho rozpočtu išlo v minulom roku 5 miliárd AUD. Súčasne sa na prieskum zlata vynaložilo okolo 300 miliónov AUD, na prieskum Cu, Pb, Zn, Ni a Co cca 500 miliónov AUD a na ostatné druhy nerastných surovín okolo 600 miliónov AUD.

Od roku 1997 v Austrálii investície do prieskumu surovín poklesli o polovicu a polovica geológov prišla o prácu. Podobná situácia je aj inde vo svete. Napr. v ZSSR roku 1997 iba v geologických expedíciách bolo milión pracovníkov, ale v roku 2000 iba 2–3 %, v Číne v roku 1996 pracovalo v odvetví geológie okolo 10 miliónov ľudí a v geologických ústavoch akadémie cca 450 000, ale v roku 2001 v ústavoch iba okolo 10 000 ľudí a v ostatnom odvetví asi 1 milión ľudí. Situáciu u nás poznáme dôverne.

Pokles investícií a zamestnancov v nerudách nebol taký rapídny. Naopak, spotreba nerúd stúpa a pociťuje sa nedostatok geológov na prieskum nových zdrojov. V nerudách sa očakávajú najväčšie objavy nových typov surovín už v 1. polovici 21. stor. Nerudy sú aj geograficky lokalizované podstatne priaznivejšie ako rudy a aj svetový trh je pre ne priaznivejší. Do ceny nerúd nezasahujú burzy a vzťah ťažiar – spotrebiteľ je priamočiar. Z toho vyplývajú veľké výkyvy cien, ktoré odrážajú nielen kvalitu, ale aj stav suroviny pri predaji, balenie a pod., cena teda zohľadňuje regionálne vplyvy. Ale aj trh s nerudami sa začína globalizovať a ich transport stúpa aj medzi kontinentmi. Do trhu doteraz nie je dostatočne zapojená Južná Amerika ani juhovýchodná Ázia. Ak sa tak stane v najbližších rokoch, terajšia štruktúra ťažby a ceny nerúd sa môžu radikálne zmeniť (Kelly et al., 2001). Aj pri nerudách platí známa zásada, že štát, ktorý sa nestará o svoju surovinovú bázu, koná nerozumné, pretože výkyvy v cene suroviny a v možnosti získať ju nebudú preň vždy priaznivé.

Nerastné suroviny na začiatku 21. storočia

Ľudstvo sa bez nerastných surovín nemôže rozvíjať. Čím ďalej, tým viac platí, že sa surovina stáva ekonomickým artiklom, až keď je vyťažená. Ak nie je predpoklad na vyťaženie, ložisko je iba geologickou kategóriou. Preto sa svetová organizácia usiluje vypracovať medzinárodnú štúdiu, ktorá by podľa spomenutých kritérií globálne, ale aj podľa regiónov (či krajín) posúdila perspektívu získavania surovín so známou i predpokladanou zásobou suroviny, jej terajším aj novým využívaním. Takúto štúdiu či koncepciu a stratégiu nerastných surovín by mala mať každá krajina, aj Slovensko. Viacerí z nás sa o to usilujú, ale doteraz s malým úspechom. Ekonomovia tvrdia, že je zbytočné dať čo i len korunu na prieskum suroviny, ktorá sa z uvedených príčin nemôže vyťažiť (aj za cenu, že by sa tým napr. znížila nezamestnanosť a stúpol by ekonomický potenciál oblasti). Treba však vedieť, o ktoré suroviny má štát záujem z hospodárskeho, politického či strategického hľadiska. Nekoncepčný prístup a postup od výskumu po ťažbu je veľmi drahý, ba zbytočný. Výskumná základňa štátu musí byť dobre pripravená aj na zvládnutie neočakávaných požiadaviek zo strany štátu a samosprávy, ako aj od súkromných banských spoločností, a preto úlohy geologického, mineralogického a technologického výskumu aj v tomto pre baníctvo ťažkom čase musia pokračovať, no musia byť účelovo orientované a v súlade so štátnou politikou rozvoja vedy a techniky. Iba takto zameraný národný výskum poskytne možnosti objaviť nové suroviny alebo po novom známe suroviny využívať.

Prognostici predpovedajú, že v nasledujúcich 50 rokoch 21. stor. sa má vyťažiť 5 ráz viac kovov ako dnes. A budú to aj nové suroviny, pretože recyklácia nepokryje rastúce požiadavky. Tradičné kovy budú aj naďalej tvoriť podstatnú časť surovín pre staré technológie. Ak by populácia a spotreba surovín na obyvateľa rástli

terajším tempom, nerastné zdroje objavené počas celej histórie ľudstva by sa vyčerpali v nasledujúcich 50 rokoch (Skinner, 2002). Túto výzvu na hľadanie nových zdrojov rámcujú tri aspekty:

1. Pre baníctvo pri súčasných obmedzeniach nie je výzva veľmi atraktívna. Aj napriek požiadavkám spoločnosti na nové cesty, bývanie, výroby a pohodlný život treba očakávať, že jej postoj k rozvoju ťažby surovín bude negatívny a naďalej bude jednou z príčin ťažkostí baníctva.
2. Rozmiestnenie nerastných zdrojov je nevhodné, pretože hlavní konzumenti – rozvinuté štáty sú schopné produkovať iba ich malú čiastku.
3. Geologický prieskum používa prospekčnú techniku, aká bola v čase Agricolu. Požiadavka na prieskum surovín v 21. stor. sa týka polovice zemského povrchu, na ktorom prepokladaný rudný potenciál prikrýva hrubá vrstva mladých sedimentov, a pritom ich treba hľadať pri prísnom dodržiavaní environmentálnych zákonov. Na to je nevyhnutná nová technika aj moderné metódy vyhľadávania. O ktoré metódy ide, je úloha výskumu, ale malo by sa to dosiahnuť s pomocou experimentálnej geochemie, geochemického modelovania a zdokonaľovaním geofyzikálnej a laboratórnej techniky.

Nerastné suroviny sa v súčasnosti ťažia z kontinentálnej kôry a ich zásoba zistená na oceánskej kôre by sa mala začať ťažiť v 21. stor., možno v 2. alebo 3. dekáde. Množstvo surovín na oceánskej kôre sa zdá byť podstatne menšie ako na kontinentálnej, a preto v 21. stor. bude ťažba surovín aj naďalej sústredená na kontinentálnu kôru. Oceánska kôra je, pokiaľ ide o jej rozsah, preskúmaná asi z polovice, lebo ostatnú časť morského dna pokrývajú hrubé nemineralizované sedimenty a cez ne geofyzikálne a geochemické metódy zatiaľ nedokážu spoľahlivo preniknúť do podložja.

Nové poznatky v geológii a možnosti objavenia nových nerastných surovín

Posledných 50 rokov 20. stor. bolo obdobím s množstvom vynikajúcich výskumov genézy rudných ložísk, interakcie voda – hornina, využívania stabilných izotopov a geochemie pri stanovovaní kritérií lokalizácie surovín, ako aj tektonického pozadia vzniku a rozmiestnenia ložísk, ale výsledky tohto výskumu nezohrali významnú úlohu pri vyhľadávaní a prieskume ložísk nerastných surovín. Kombinácia takýchto výskumov pri ustavične rastúcej databáze modelov ložísk nerastných surovín bude v 21. stor. zásadne rozhodovať o úspešnosti prieskumu nových typov surovín, ako aj nového, netradičného využívania starých ložísk. Ťažba bude mechanizovaná a budú sa – s využitím robotov a počítačového riadenia – ťažiť suroviny aj z hĺbky 4–5 km (ako sa o tom uvažuje pri ťažbe zlata v Južnej Afrike).

Podľa C. Whita (2001) bol rok 2000 pre priemysel s nerastnými surovinami priam pohromou. Boli nízke zisky, drasticky sa obmedzili výdavky na prieskum a masovo sa prepúšťali zamestnanci. Napriek tomu pokračoval výskum rudných ložísk s akcentom na novú technológiu a prieskum. Dôraz sa položil na genetické modely rudných ložísk, na miesto a príčinu vzniku fluíd, pôvod kovov, transport a vhodné prostredie vyžrážania minerálov z roztokov, na úlohu organizmov pri vzniku mineralizácie rozličného druhu a pod. Často a právom sa argumentuje, že v prvej štvrtine 21. stor. možno objaviť nové ložiská iba za účinnej pomoci ďalších vedných disciplín.

Objavenie nových ložísk zlata a ostatných rudných surovín bude závisieť od úspešnosti výskumu pôvodu fluíd, spôsobu ich transportu a od fyzikálno-chemických a tektonických podmienok vyžrážania kovu. Terajší výskum poukazuje na vznik fluíd devolatizačnými reakciami pri metamorfóze, ako aj to, že sa skladajú hlavne z vody, CO₂, ale významný je aj vznik dusíka a metánu. Iným zdrojom fluíd môže byť ich odčlenenie od magmatickej taveniny v hĺbke a degazácia plašťa. Dôležité je poznanie, že sa distribúcia rudných fluíd v čase a priestore spája s hlavnými periódami rastu zemskej kôry a s hlavnými tektonickými a magmatickými udalosťami. Napr. zlato je transportované vo forme bisulfidických komplexov a vyžráža sa v žilách v hĺbke 3–20 km. Tieto žily sú aj blízko povrchu, čo je významné pre vyhľadávanie nových ložísk zlata, ale zároveň to signalizuje, že v exhumovaných oblastiach sú ložiská zlata erodované. Z tohto pohľadu prognostici očakávajú priaznivé výsledky pri vyhľadávaní Au ložísk v stredne silne metamorfovaných horninách vrchného archaika a zelenokameňových zón vrchného proterozoika, ako aj vo vrchnoecénnych a miocénnych orogénnych pásmach (Goldfarb a Growes, 2002).

Mineralógovia sa zameriavajú hlavne na stavbu a štruktúru minerálov s cieľom porozumieť základným procesom odohrávajúcich sa v atóme. Úlohou pre súčasnosť je pochopiť aj mezoskopické štruktúry, t. j. vlastnosti minerálov, ktorých dĺžka je 50–500 Å. To je mierka, v ktorej sa minerály aktívne zúčastňujú na interakciách s biosférou a plnia podstatnú úlohu v technologických procesoch predovšetkým v kontexte biomineralizácie a biomechaniky.

Výskum mikroštruktúry minerálov bude hrať významnú úlohu pri fyzikálno-mechanických a chemických reaktivitách. Takmer všetky technologicky významné minerály odkrývajú svoje charakteristické vlastnosti pri skúmaní v rozmeroch 5 nm až 50 µm, čo pri výskume nových možností využívania nerastných surovín a minerálov bude rozhodujúce. Napr. Aird et al. (in Redfern 2000) opisali štruktúru modifikovaného WO₃ s lamelovou štruktúrou kryštálu, ktorý vznikol fázovou premenou. Takáto štruktúra má neobyčajne superovodivé vlastnosti.

Iný príklad: Meldrum et al. (in Redfern 2000) zistili, že fosfáty majú lepšie tieniace vlastnosti pri nukleárnej rádiácii ako silikáty (napr. turmalín). T. Ringwood (in Redfern 2000) z Austrálskej národnej univerzity vyvinul syntetický materiál "synroc", ktorý imobilizuje zvyšnú rádiáciu nukleárneho odpadu. Reálne sa očakáva, že výsledky mineralogického výskumu v nastávajúcom desaťročí budú podkladom na preradenie mnohých hornín do kategórie nových nerastných surovín. Nepochybne to bude s použitím nových laboratórnych techník, najmä s aplikáciou intenzívneho röntgenového žiarenia (synchrotron radiation-excited photoelectron spectroscopy). Napr. v roku 2000 bolo objavených 60 nových minerálov, ktoré by sa dovedajšou technikou neboli nezistili. Podľa P. Burnsa (2001) budú nastávajúce roky – s novými laboratórnymi a technologickými prístrojmi v spätosti s teoretickým výskumom – pre mineralógov a technologov nezvyčajne vzrušujúce. Treba s ním súhlasiť, pretože to sľubuje, že sa objavia aj nové typy nerastných surovín.

Technický pokrok vo vývoji hmotových spektrometrov na výskum izotopov otvorí nové možnosti štúdia geologických procesov (hmotový spektrometer so sekundárnou ionizáciou na výskum ľahkých izotopov O17 a S33^o; spektrometer s termálnou ionizáciou na identifikáciu nízkych obsahov rádionuklidov, ale aj izotopov osmia a bóru; plazmový hmotový spektrometer s argónovou plazmou, v ktorej sa väčšina prvkov ľahšie ionizuje, čo umožňuje rýchlu analýzu tranzitných kovov, ale aj Fe, Cu a Zn; hmotový spektrometer so zdrojom plynu na štúdium izotopov C, N, O, S, a H potrebných pri výskume genézy uhlíkovodíkov). Podľa Kaufmana (2000) nasledujúca dekáda bude v problematike nízkoteplotnej izotopovej geochemie mimoriadne úspešná a umožní dôkladnejšie nahliadnúť do histórie vývoja Zeme.

S cieľom znížiť emisie pri spaľovaní uhlia, resp. nahradiť nukleárnu energiu "zelenou" elektrinou sa už dlhšie uvažuje o využívaní slnečnej energie pomocou fotovoltaických článkov, a to na báze kremíka alebo zlúčenín Ga a As. Hľadanie supervodivých zlúčenín, skiel v laseroch si vyžiada aj hľadanie surovín vzácnych zemín, ale aj V, Sr, Bi, Cu, Pb.

Špeciálne skupiny vedcov z oblasti geológie, baníctva a úpravníctva sa snažia teoretické vedecké poznatky transformovať do štúdií o budúcnosti ľudstva s ohľadom na stúpajúcu potrebu nerastných surovinových zdrojov a dôsledkami ich získavania. V októbri 2001 zorganizovala skupina špecialistov pod vedením USA na vypracovanie medzinárodnej globálnej prognózy štúdie s cieľom posúdiť prognózu doteraz neobjavených surovín, a to medi, kovov platinovej skupiny a draselných surovín. Výber surovín sa zdôvodnil tým, že meď je dôležitým kovom v elektronike a v iných priemyselných aplikáciách, vyskytuje sa na celom svete a geologický a tonážny model tohto kovu je dobre definovaný. Platinová skupina sa vybrala pre jej kritické aplikácie v automobilových katalyzátoroch (s cieľom zachovať čisté ovzdušie pri rastúcom počte áut), ako aj preto, že jej zásoba je obmedzená a extrakcia finančne náročná, ale i preto, že je známych iba málo takýchto ložísk a ich klasifikačno-tonážny model treba presnejšie definovať vzhľadom na rastúcu spotrebu kovov tejto skupiny. Draslík je jedným z troch nenahradiateľných minerálov hnojív, bez ktorých sa nedá produkcia potravín zvyšovať. Do štúdie sa zahrnul aj preto, lebo jeho prognózy model nie je overený dostatočne a treba ho spresniť.

Pripravujú sa ďalšie prognózy štúdie. Nie je jasné, aká bude spotreba tzv. železných kovov – Fe, Cr, Mn, V, W, Co, Mo, Nb, Ta – potrebných na výrobu ocele. Pred 30 rokmi sa predpokladal pokles výroby ocele a jej nahradzanie plastmi. Výskum pevnosti, pružnosti a tepelných vlastností plastov pokročil, ale to pravdepodobne svetovú spotrebu ocele a tým ani potrebných surovín na jej výrobu neznižuje. Spotreba ocele v strojárstve a v stavebníctve bude rásť, v iných odvetviach klesať, ale otázku možnosti recyklácie plastov a železa podľa ekologov ovplyvní uprednostňovanie ocele pred plastickými materiálmi. Inou stránkou problému je situácia v obchode s oceľou. Z uvedeného možno vyvodiť, že využívanie jestvujúcich zdrojov surovín tzv. železných kovov bude pokračovať, ale vyhľadávanie nových zdrojov pri súčasnej zásobe surovín bude aktuálne v neskorších rokoch. Rast spotreby legovanej ocele si vyžiada zvýšenú zásobu surovín na získavanie zúšľacht'ovacích prvkov ocele.

Nerastné suroviny na Slovensku

Štát potrebuje informácie nielen o surovinovej zásobe, ale aj o nových technológiách úpravy a využívania nerastných surovín. Na to nevyhnutne potrebuje aj vlastné výskumné technologické pracovisko venujúce sa domácim, najmä nerudným surovinám, ich fyzikálnym, chemickým a technologickým vlastnostiam. Slovensko je bohaté na viaceré druhy nerudných surovín. Ročne sa ich ťaží asi 10 kt. K najvýznamnejší patria vápeneц, dolomit, magnezit, sádrovec, anhydrit, kamenná soľ, bentonit, baryt, perlit, zeolit a iné. V najbližších rokoch moderným technologickým výskumom týchto surovín by sa mali objaviť ich nové technologické vlastnosti s cieľom ich hodnotnejšieho využitia v rozličných odvetviach priemyslu, ako aj pre zveľaďovanie životného prostredia (Kozáč, 2001). K perspektívnym surovinám na Slovensku by sa mali zaradiť aj sludy, sodné živce, pyrofilyty, železité okry-pigmenty, technické granáty, vysokokvalitný mastenec, kryštalický grafit, mullitové ostrivá zo sekundárných topásových kvarcítov, žilný kremeň, diatomit a iné. Takéto pracovisko by malo sledovať aj nové, moderné technológie vo svete, napr. využívanie karbidov Si, B, oxidov Zr, Be, Th, Mg, zirkoničtanov Ca, Ba, Sr v podmienkach vysokej teploty a pevnosti.

Obnoviteľné alebo neobnoviteľné energetické zdroje

Výroba elektrickej energie a s tým súvisiace energetické zdroje ostanú v popredí záujmu krajín. Ak bude ročný celosvetový hospodársky rast okolo 3,3 %, spotreba energie sa v porovnaní s rokom 1990 v roku 2020 zvýši o viac ako polovicu. Na jej výrobe by sa mala zúčastňovať ropa 37 %, uhlie 29 %, zemný plyn 23 %, nukleárna energia 6 %, vodná iba 3 % a ostatné zdroje približne 1 % (Huttrer, 2000).

Zásoba hlavných zdrojov energie vo svete je veľká a aj v prvej dekáde 21. stor. sa očakáva ďalší prírastok zásoby ropy, uhlia a zemného plynu. Väčšina svetovej energie sa získava spaľovaním uhlia, ropy a plynu. Dôsledkom je zmena chemizmu atmosféry, skleníkový efekt a globálne otepľovanie. Emisie CO₂ na jedného obyvateľa sú v USA 20,5, v Číne 2,7 a v Indii 1,0 q. Otázka je, čo sa stane, ak na každého človeka na svete pripadne toľko emisií ako v USA. Budeme mať skleníkový efekt alebo atmosféru Venuše? Naše energetické technológie sú neudržateľné, ale čistá energia a jej zodpovedajúci energetický zdroj sú možné. Musí sa využívať aj slnečná energia, ale aj metán na pohon automobilov, lietadiel a na výrobu energie. Významný je pokrok vo fotodisociácii vody na 2H₂ + O₂.

Ludstvo sa nevyhnutne musí vrátiť k obnoviteľným zdrojom energie a objaviť netradičné. Vo vzťahu k životnému prostrediu je lákavá slnečná a geotermálna energia. Podstatne ekologickejšia ako spaľovanie fosilných zdrojov je aj nukleárna energia, ale stále zostáva uskladňovanie vyhorého paliva.

Geotermálnu elektrickú energiu v súčasnosti využíva asi 45 krajín, jej celková výroba je 7,975 MW a pokrýva sa ňou spotreba vyše 40 miliónov ľudí (na porovnanie uvádzame, že sa jej vyrába v USA okolo 900 MW). Náklady na výrobu geotermálnej elektrickej energie v USA vo vybudovaných zariadeniach sú rovnaké ako v elektrárnach na plyn (1,5–3,5 centov za kWh). V nových geotermálnych elektrárnach sú náklady vyššie (až 5–7 centov za kWh), ale napriek tomu sa bude vyrábať “zelená” energia.

Geotermálnu energiu v nasledujúcich desaťročiach treba hodnotiť v troch hlavných smeroch:

1. Prírodný hydrotermálny systém sa bude významne exploatovať na získavanie elektrickej energie a teplej vody, a to aj v krajinách, ktoré ešte geotermálnu energiu nevyužívajú alebo iba nedostatočne či neekonomicky.
2. Permeabilita hornín v spojitosti s hydrotermálnym systémom dovoľí extrakciu doplnkového tepla z hydrotermálneho systému a predĺženie jeho životnosti. Nová technológia umožní získavať teplo z horúcich hornín v hĺbke 10–15 km. Takéto zdroje tepla sú kdekoľvek na svete.
3. (Geotermálne) tepelné čerpadlá, ktorými sa využijú termálne vlastnosti hornín a pôdy v hĺbke 1–200 m, sa rozšíria tak, že budú môcť vykurovať alebo ochladzovať budovy, a tak sa spotrebuje menej elektriny a plynu.

Pôda nie je surovina, ale budúcnosť

Pôda obsahuje väčšinu prvkov potrebných pre život, no v dôsledku erózie z jej najvrchnejšej časti ročne ubúda až 1 %. Pôda nie je surovina, ale horniny a nerastné suroviny poskytujú pre život cez pôdotvorbu a rastliny komplex prvkov. Pôda resp. jej tvorba je “biotická technologická úpravňa”. Nové storočie je pre nás výzvou popri hľadaní a využívaní surovín venovať veľkú pozornosť pôde a úzkej kooperácii geológov, ťažiarov, úpravárov s biológmi a agrogeológmi.

Záver

Globalizácia nevedie k harmonickému vývoju krajín, zostruje tradičné a plodí nové protiklady vo vzťahu surovina – ťažba – človek (Cook, 1999). V tejto súvislosti treba mať na pamäti dve otázky. Je voľný trh schopný nahradiť vlády v ich úlohe podporovať ekonomický vývin krajín a zároveň v tom istom čase zabezpečiť primeranú sociálnu a ekologickú starostlivosť ľudskej spoločnosti? Odpoveď na tieto otázky bude ovplyvňovať aj nové iniciatívy v prieskume, ťažbe a v spracúvaní tradičných aj nových typov nerastných surovín.

Ťažba suroviny v súčasnosti je sobášom ekonomiky a environmentu. Budúcnosť ťažby a úpravy nerastov či opätovný rozvoj a povzbudenie môže byť len v oblastiach s pozitívne udržateľným vplyvom na životné prostredie a s jej citlivým a opatrným “manažovaním”. Dôkladne poznanie geológie ložísk nerastných surovín, porozumieť jej a rešpektovať, naďalej ostáva prvoradým kritériom úspešnej ťažby surovín. Ono určuje ako má byť banský priemysel štrukturovaný a regulovaný s prihliadnutím na ekonomiku a životné prostredie (A. H. Meldrum, 2001).

Čím ďalej, tým viac platí, že sa surovina stáva ekonomickým artiklom, až keď je vyťažovaná. Ak nie je predpoklad na vyťaženie, ložisko je iba geologickou kategóriou. Preto sa svetová organizácia usiluje vypracovať medzinárodnú štúdiu, ktorá by podľa spomenutých kritérií globálne, ale aj podľa regiónov (či krajín) posúdila perspektívu získavania surovín so známou i prepokladanou zásobou suroviny, jej terajším aj novým využívaním.

Takúto štúdiu či koncepciu a stratégiu nerastných surovín by mala mať každá krajina, aj Slovensko. Viacerí z nás sa o to usilujú, ale doteraz s malým úspechom. Ekonomovia tvrdia, že je zbytočné dať čo i len korunu na prieskum suroviny, ktorá sa z uvedených príčin nemôže vyťažiť (aj za cenu, že by sa tým napr. znížila nezamestnanosť a stúpol by ekonomický potenciál oblasti). Treba však vedieť, o ktoré suroviny má štát záujem z hospodárskeho, politického či strategického hľadiska. Nekoncepčný prístup a postup od výskumu po ťažbu je veľmi drahý, ba zbytočný. Výskumná základňa štátu musí byť dobre pripravená aj na zvládnutie neočakávaných požiadaviek zo strany štátu a samosprávy, ako aj od súkromných banských spoločností, a preto úlohy geologického, mineralogického a technologického výskumu aj v tomto pre baníctvo ťažkom čase musia pokračovať, no musia byť účelovo orientované a v súlade so štátnou politikou rozvoja vedy a techniky. Iba takto zameraný národný výskum poskytne možnosti objaviť nové suroviny alebo po novom známe suroviny využívať.

Literatúra

- AIRD et al., 1999: Condensed Matter. *Journal of Physics*, V. 10, p. 569–574.
- BRISKEY, J. A., KLAUS, J., SCHULZ, J., MOESSO, J. P., HORWITZ, L. R. and CUNNINGHAM, CH. G., 2001: It's Time to Know the Planet's Mineral Resources. *Geotimes*, March 2001, p. 14–18.
- BURNS, P.C. 2001: Highlights in Mineralogy. *Geotimes*, p. 22 – 25.
- COOK, P.J., 1999: Geoscience and Geopolitics. *Geotimes*, April 1999, p. 25–28.
- GOLDFARB, R.J. and GROWES, D.I., 2002: Geologic Cycles of Gold. *Geotimes*, April 2002, p. 32–33.,
- HUTTRER, G.W., 2000: Transaction, World Geothermal Congress 2000.
- KAUFMAN, A.J., 2000: Highlights in Geochemistry. *Geotimes*, p. 28 – 29.
- KELLY, T., BUCKINGHAM, D., DIFRANCESCO, C., PORTER, V., GOONAN, T., SZNOPEK, J., BERRY, C. and CRANE, M., 2001: Historical Statistics for Mineral Commodities in the United States. USGS Open-File, Report, 01–006.
- KOZÁČ, J., 2001: Nové technologicko-ekonomické hodnotenie a trendy vo využívaní nerudných nerastných surovín. Manuskript, Archív ŠGÚDŠ.
- MELDRUM, A.H., 2001: Mining in the 21st Century: making the grade and the survival of the fittest. In Piastrynski et al. (eds.): *Mineral Deposits at the Beginning of the 21st Century*. Balkema Publishers, p.3–6.
- MINERALS YEARBOOK, 1, 1984–2000. Bureau of Mines, Washington.
- REDFERN, S., 2000: Highlights – Minerals. *Geotimes*, July 2000, p. 22.
- SKINNER, W.B., 2000: Mining Trend. *Proceedings*, 31. IGC, Rio de Janeiro.
- ZUBEREC, J., KOZÁČ, J. a TRÉGER, M., 2000: Nové údaje o nerastných surovinách získané technologickým výskumom nerastných surovín za roky 1997 až 1999 a ich ekonomické hodnotenie. Manuskript, Archív ŠGÚDŠ.