



„GEOVEDY PRE KAŽDÉHO“

Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta,
Katedra fyzickej geografie a geoekológie

a spoluriešiteľské organizácie:

Gymnázium, Ul. Ladislava Sáru 1, Bratislava

Gymnázium na Hubeného ulici, Hubeného 23, Bratislava

Gymnázium Matky Alexie, Jesenského 4/A, Bratislava

NERASTNÉ BOHATSTVO A ČLOVEK NA PRÍKLADE ENVIRONMENTÁLNYCH SUROVÍN SLOVENSKA

Prof. RNDr. Ivan Kraus, DrSc.

2011

Úvod

Civilizačný pokrok s využívaním nerastného bohatstva veľmi úzko súvisí a je vzájomne podmienený. Praveký človek (*Homo habilis*) od staršej doby kamennej najskôr ako zberateľ prišiel do kontaktu s nerastnými surovinami prostredníctvom tzv. okruhliakovej industrie. V riečnych náplavoch zbieral kremeň, žulu, rulu a kremenec na výrobu prvých nástrojov na opracovanie rôznych materiálov a spracovanie potravy. Neskôr, ale ešte stále v staršej dobe kamennej už jeho vyšší vývojový stupeň - *Homo sapiens* zhotovoval pästné klíny na rezanie a štiepanie k čomu potreboval hlavne silicity (pazúrik, rohovec, jaspis, radiolarit) a dokonca už aj obsidián. Najdôležitejší z nich pazúrik začal povrchovým spôsobom ťažiť. Na konci tohto obdobia počas doznievania posledného zaľadnenia získava prírodné farbivá (limonit, pyrolusit, psilomelán) využívajúc ich na maľby v jaskyniach a na skrášľovanie svojho tela. Počas mladšej doby kamennej došlo k prudkému civilizačnému „skoku“ – k neolitickej revolúcii, počas ktorej sa začali ťažiť íly a spracovávať na hrnciarskom kruhu a ťažiť farebné a drahé kovy, čo všetko predznamenovalo prechod do doby bronzovej. S nástupom doby železnej na prelome n.l. sa mnohonásobne zvyšovalo využívanie nerastného bohatstva počas nasledujúcich dvoch tisícročí.

V súčasnosti sa na svete ťaží okolo štyroch mld. ton uhlia, tri mld. ton ropy, dve mld. ton nerudných a päťsto mil. ton rudných surovín. Napriek intenzívnej ťažbe a úvahách o obmedzených zásobách niektorých – predovšetkým energetických surovín cena väčšiny z nich dlhodobo klesá. Isté perspektívy pre ťažbu nerastných surovín poskytujú svetové oceány. Ťažia sa pobrežné ryžoviská a na vrtných plošinách sa ťaží na šelfe ropa a zemný plyn. Železo-mangánové konkrécie s vysokým obsahom niklu, medi a najmä kobaltu v Tichom, Atlantickom a Indickom oceáne sú objektom dlhoročného výskumu.

Neustály nárast spotreby energie má nepriaznivý vplyv na životné prostredie. V súčasnosti sa vedie polemika o príčinách globálneho otepľovania predovšetkým medzi klimatológmi a geológmi so zatiaľ nie úplne uzavretým koncom o jeho príčinách. Jadrovú energetiku nepriaznivo ovplyvňuje nedostatočne vyriešené uskladňovanie a likvidovanie vysoko rádioaktívneho odpadu – čo sa Slovenska dotýka v znásobenej miere.

V tejto situácii sa na stále konzervatívnom Slovensku najmä po zmene spoločenských pomerov vytvára k ťažbe akýchkoľvek nerastných surovín krajne negatívny postoj. Najlepšie to ilustrujú petície obyvateľstva zamerané proti investičným zámerom a ťažbe rúd zlata na strednom a uránu na východnom Slovensku.

Cieľom tohto príspevku a súčasne aj prednášky je predloženie tézy, že na Slovensku sa nachádzajú vo veľkom množstve a výbornej kvalite nerastné suroviny, ktoré nedevastujú, ale naopak chránia všetky základné zložky životného a prírodného prostredia. Označujeme ich ako **environmentálne suroviny**. Patria k nim ložiská perlitu, bentonitu, zeolitov a čadiča.

PERLIT

Perlit je vulkanické sklo a patrí do skupiny prírodných skiel. Je produktom rýchleho tuhnutia magmy najčastejšie ryolitového typu, ktorá sa vyznačuje vysokým obsahom vody a vysokou viskozitou. Takáto magma pri explozívnej vulkanickej

činnosti rýchle chladne pričom nedochádza, alebo len v obmedzenej miere ku kryštalizácii jednotlivých minerálov. Vytvorí sa podmienky pre vznik skla, ktoré na rentgenografickom zázname má amorfný charakter. Perlit je najviac zastúpeným prírodným sklom a má rozsiahle praktické využitie. Obsahuje molekulárne viazanú vodu najčastejšie v rozmedzí od 2 do 5 %, ktorá sa pri zahriatí uvoľňuje pri teplote nižšej ako 700°C. Takýto obsah a forma väzby vody je základným predpokladom pre proces expandácie perlitu. Expandácia surového perlitu vo frakciách od 0 do 1.5 mm prebieha pri teplote od 900 do 1150°C počas 3 - 4 sekúnd. Objemová hmotnosť perlitu v surovom stave z hodnoty 1200 kg/m³ sa mení u kvalitnej suroviny počas jej expandácie na hodnotu pod 150 kg /m³. Ostatné vulkanické sklá – obsidián a smolok nevykazujú vhodný obsah ani formu väzby vody a preto sa pre priemyselné účely nevyužívajú.

Nízka objemová hmotnosť expandovaného perlitu je základom pre jeho vynikajúce tepelno a zvukovo izolačné ako aj sorpčné vlastnosti. Využíva sa v stavebníctve na výrobu ľahčených hmôt, na izolačné zásypy pod podlahami a ľadovými plochami ako aj na vysoko žiaruvzdorné betóny a omietky s vynikajúcimi izolačnými parametrami (perlitobetón). V poľnohospodárstve a sadovníctve sa používa na úpravu tzv. ťažkých – vysoko ílovitých pôd a tiež ako nosič umelých hnojív. Jeho vynikajúce sorpčné vlastnosti majú veľmi významné uplatnenie pri likvidácii produktov znečistenia (havárie ropy a vysoko toxické kvapaliny). Špeciálne upravený povrch expandovaného perlitu – hydrofobizovaný perlit v množstve 1 m³ je schopný adsorbovať 250 l ropy, 130 l nafty, alebo 80 l benzínu.

Ložiská perlitu sa nachádzajú v neovulkanických pohoriach na strednom a východnom Slovensku. Vypočítané geologické zásoby predstavujú okolo 30 miliónov ton perlitu. Zatiaľ sa ťaží už takmer 50 rokov stále na jedinom ložisku, ktorým je Lehôtka pod Brehmi pri Žiari n/Hronom. Je súčasťou Banskoštiavnického stratovulkánu. V roku 2009 sa vyťažilo 25 tisíc ton perlitu.

BENTONIT

Bentonit je ílová hornina s prevládajúcim obsahom ílových minerálov zo skupiny smektitu. Najvýznamnejším členom tejto skupiny je montmorillonit – hlinito-kremičitan s vrstevnatou štruktúrou v ktorej sa nad sebou strieda v smere kryštalografickej osi „c“ sieť vzájomne pospájaných kremíko-kyslíkových tetraédrov a hliníko – kyslíko – hydroxylových oktaédrov. V tetraédroch má centrálnu postavenie Si⁺⁴ a v oktaédroch Al⁺³. Si⁺⁴ v tetraédroch je nahradzovaný Al⁺³ a Al⁺³ v oktaédroch je nahradzovaný Fe⁺², Fe⁺³ a Mg⁺². Základnou štruktúrnou jednotkou v smektitoch je trojsieťová vrstva typu 2:1, v ktorej oktaedrická sieť je prepojená z oboch strán dvomi tetraedrickými sieťami. Každá takáto vrstva má na povrchu v dôsledku vzájomného nahradzovania katiónov s rôznym mocenstvom záporný náboj. Tento je kompenzovaný vstupom H₂O a tzv. vymeniteľných katiónov (Na⁺, K⁺, Ca⁺², Mg⁺²) do priestoru medzi dvomi najbližšími trojsieťovými vrstvami.

Smektit respektíve montmorillonit v bentonite ešte môže obsahovať nežiadúcu prímes pozostávajúcu z nerozloženého vulkanického skla, živcov, kremeňa, opálu CT a biotitu. Bentonit najčastejšie vzniká rozkladom tufov s vysokým obsahom vulkanického skla vo vodnom prostredí - obyčajne jazernom, alebo morskom.

Vyššie opísaná štruktúra smektitu určuje všetky základné vlastnosti bentonitu, ktoré sa využívajú v desiatkach rôznych priemyselných odvetví a aplikácií. Jednotlivé častice majú nepatrné rozmery niekoľkých nanometrov v dôsledku veľmi slabých

väzobných síl medzi jednotlivými základnými trojsieťovými vrstvami. Táto vlastnosť spôsobuje ich veľmi veľký merný povrch. Kvalitný bentonit dosahuje merný povrch 800 m²/g. Ďalšou významnou vlastnosťou bentonitu je napučievavosť, ktorá je vyvolaná vstupom H₂O do priestoru medzi trojsieťovými vrstvami. S touto vlastnosťou súvisí aj jeho extrémne vysoká plasticita v styku s vodou a súčasne nízka permeabilita - hydraulická vodivosť respektíve priepustnosť. Nakoniec okrem ďalších tu nomenovaných vlastností sa smektit v bentonite vyznačuje záporným vrstevným nábojom s čím bezprostredne súvisí tzv. vymeniteľná kapacita katiónov, ktoré sa dajú vytesniť a znovu iné môžu vstúpiť do jeho štruktúry.

Uvedené vlastnosti bentonitu sa začali využívať od 30-tych rokov minulého storočia v mnohých priemyselných odvetviach. Najskôr to boli jeho sorpčné vlastnosti, ktoré sa využívali v chemickom a potravinárskom priemysle na prípravu tzv. bieliacich hliniek. Zároveň sa stal nevyhnutnou surovinou pre svoju vysokú plasticitu a väznosť v zlievarenstve pri príprave foriem na odlievanie liatiny a ocele. Jeho vynikajúce vlastnosti udržať v suspenzii aj minerály s vysokou mernou hmotnosťou (napríklad barit) ho predurčili ako médium do vrtných výplachov. V druhej polovici 20 storočia sa začal v čoraz väčšom množstve využívať pri ochrane prírodného a životného prostredia. Pre jeho nízku hydraulickú vodivosť sa stáva základnou surovinou pri budovaní bariér v skládkach vysoko toxického odpadu. V tomto storočí je zatiaľ nenahraditeľným materiálom pri výstavbe úložísk vysoko rádioaktívneho odpadu, v ktorých tvorí bezprostredný obal oceľových kontajnerov, ktoré sa ukladajú do hĺbky niekoľkých stovák metrov. V týchto dvoch posledne menovaných aplikáciách je bezkonkurenčným materiálom pre svoju dlhodobú minerálnu a chemickú stabilitu, vysokú expandabilitu, napučievavosť, plasticitu, vymeniteľnú kapacitu, merný povrch a nízku hydraulickú vodivosť.

Ložiská bentonitu podobne ako perlitu sa nachádzajú v neovulkanických pohoriach na strednom a východnom Slovensku. Najvýznamnejšie z nich sa nachádza na JZ okraji Kremnického stratovulkánu v katastri obce Stará Kremnička a je známe pod miestnym názvom Jelšový potok. Ťaží sa okolo 40 rokov. V súčasnosti sa v tejto oblasti začínajú ťažiť aj ďalšie ložiská nachádzajúce sa v katastrálnom území obce Kopernica. Na východnom Slovensku sa nepravidelne a v podstatne menšom množstve ťaží ložisko pri Lastovciach. Vypočítané zásoby pre celé Slovensko predstavujú približne 30 miliónov ton bentonitu. Najkvalitnejší bentonit z Jelšového potoka po intenzívnej ťažbe, ktorá kulminovala v roku 2008 (150 tisíc ton) má overené zásoby na približne 10 – 15 rokov.

ZEOLITY

Zeolity sú prírodné hlinito – kremičitany s priestorovou (tzv. kostrovitou) stavbou tetraédrov. Kremičitanové SiO₄ tetraédre sa navzájom spájajú výlučne prostredníctvom atomov kyslíka a tým vytvárajú špecifickú štruktúru poprepájanú sieťou kanálikov konštantných rozmerov. Je v nich prítomný záporný náboj vznikajúci nahradzovaním Si⁺⁴ za Al⁺³. Kanáliky sú obsadené molekulami vody, ktorá má polárny charakter a je všeobecne známa ako tzv. zeolitová voda. Môže byť zo štruktúry zeolitových minerálov vytesnená (dehydratácia) a opätovne do nej vstúpiť (hydratácia). Tento reverzibilný proces u najvýznamnejších zeolitových minerálov prebieha bez narušenia pôvodnej štruktúry až do teploty 700^o C. Okrem zeolitej vody sú v kanálikoch prítomné aj vymeniteľné katióny: Na⁺, K⁺, Ca⁺², Mg⁺². Na voľné kanáliky pripadá u jednotlivých zeolitových minerálov od 20 do 50 % objemu.

Podľa formy a obsahu výskytov poznáme zeolity horninotvorné ku ktorým na slovenských ložiskách patrí klinoptilolit a mordenit. Sú najčastejšie prítomné v ryolitových respektíve v ryodacitových tufoch a ich obsah sa pohybuje na bilančných ložiskách približne od 40 do 90 a niekedy aj viac %. Majú nepatrné rozmery a dajú sa zistiť len pomocou roentgenovej analýzy a elektrónovej mikroskopie. Druhý typ – zeolity puklinové majú pekne vyvinuté kryštalografické tvary. Tvoria výplň puklín – najčastejšie v andezitoch a čadičoch a netvoria bilančné ložiská. Poznáme ich niekoľko desiatok a z nich k najznámejším patrí: analcím, erionit, phyllipsit, chabazit, ferrierit a thompsomit.

Od vyššie opísanej štruktúry sa dajú odvodiť všetky základné vlastnosti horninotvorných zeolitov – predovšetkým klinoptilolitu a mordenitu, ku ktorým patrí: vysoká iónová výmena, reverzibilná hydratácia a dehydratácia, vysoká schopnosť sorpcie plynov, vysoká termo -stabilita, odolnosť voči agresívnym médiám, katalytické vlastnosti a nízka hustota kryštálov.

Základným predpokladom ich využitia v environmentálnych aplikáciách ako aj v poľnohospodárstve a v rôznych priemyselných odvetviach je veľká kationová výmenná kapacita a sorpčná schopnosť. V environmentálnych aplikáciách je to skladovanie rádioaktívnych izotopov Cs a Sr v stredne a nízko rádioaktívnych odpadoch. Veľká afinita k dusíku a amóniu sa využíva na obohacovanie kyslíka a na odstraňovanie amónia z ovzdušia, zo splaškov a zápachov na farmách.

V poľnohospodárstve sa využívajú ako prídavok do krmív dobytká a hydiny na zlepšovanie tráviaceho procesu. Zvyšujú efektívnosť umelých hnojív ich pozvoľným uvoľňovaním do pôdy ako aj znižovaním ich odnosu zrážkami. Sú hlavnou zložkou zeoponiku – umelej pôdy, pozostávajúcej predovšetkým zo zeolitových minerálov, dnes už využívané aj pri kozmických letoch. V priemysle sa využívajú ich dehydratačné a katalytické vlastnosti. Zároveň slúžia ako plnivo do papiera a keramických materiálov.

Ložiská zeolitov podobne ako perlitu a bentonitu sa opäť nachádzajú v neovulkanických pohoriach na strednom a východnom Slovensku. Najvýznamnejšie z nich sa nachádzajú a ťažia v katastri obcí Nižný Hrabovec a Kučín neďaleko Vranova n/Topľou. Vypočítané zásoby pre celé Slovensko presahujú viac ako 100 miliónov ton. Ich ťažba od konca 90 rokov minulého storočia sa sústavne zvyšovala s kulmináciou v roku 2008. Vtedy sa vyťažilo 87 tisíc ton čím sa tlačíme do prvej päťice najväčších svetových producentov tejto významnej environmentálnej suroviny.

ČADIČ – tavený, alebo petrurgický

Čadič je zatiaľ jedinou horninou, ktorá sa v takom meradle využíva po jej tavení na teplotu približne 1300°C. Nakoľko táto technológia spracovania na rozhraní sklárstva a hutníctva sa označuje ako petrurgia – označuje sa tento špeciálny typ čadiča buď ako tavený, alebo petrurgický. Tavenina sa následne spracováva počas jej rýchleho chladnutia dvomi technologickými postupmi

- rozvlákňovaním na minerálne vlákno, alebo tzv. kamennú vlnu
- odlievaním do podoby dlaždíc, potrubí, alebo súčiastok požadovaného tvaru a veľkosti.

Konečné produkty sa vyznačujú vysokými tepelnoizolačnými vlastnosťami a zároveň vysokou odolnosťou proti obrusu a pôsobeniu chemikálií. Výrobky z minerálneho vlákna sa využívajú v stavebníctve pri zatepľovaní. Ostatné výrobky hlavne v hutníckom a v chemickom priemysle.

Ložiská taveného čadiča sa nachádzajú na strednom Slovensku. Sú späté s najmladšou sopečnou činnosťou prebiehajúcou na tomto území počas najmladších treťohôr a starších štvrtohôr. Prvé ložisko taveného čadiča v katastrálnom území obce Tekovská Breznica, ktoré položilo základ spracovateľského závodu v Novej Bani sa už neťaží. Vhodné ložiska sa nachádzajú a ťažia v oblasti Cerovej vrchoviny pri Fiľakove. Vypočítané zásoby v tomto regióne presahujú 20 miliónov ton a súčasná ťažba dosahuje okolo 100 tisíc ton suroviny ročne.

ZÁVER

Environmentálne suroviny predstavujú osobitnú skupinu nerastných surovín Slovenska, ktoré svojimi vlastnosťami chránia základné zložky prírodného a životného prostredia – ovzdušie, vodu a pôdu a súčasne znižujú energetickú náročnosť spoločnosti. Najvýznamnejšie z nich: *perlity, bentonity, zeolity a čadiče* sa nachádzajú v značnom množstve a kvalite v sopečných pohoriach stredného a východného Slovenska. Je symbolické, že sopečná činnosť prinášala od raného stredoveku bohatstvo a podmieňovala technický rozvoj prostredníctvom ložísk drahých a farebných kovov. Environmentálne suroviny sa stávajú významným potenciálom spoločenského rozvoja v 21. storočí.

LITERATÚRA

- Kraus, I., Kužvart, M., 1987: Ložiska nerud.SNTL Praha, 1 - 228
Rojkovič, I., Lintnerová, O., Uhlík, P., Kraus, I., 2006: Nerastné suroviny. Univerzita Komenského Bratislava, 1 – 179.
Šucha, V., 2001: Íly v geologických procesoch. Univerzita Komenského Bratislava, 1 – 159.