

Ílové bariéry - ochrana proti šíreniu nežiadúcich látok v prostredí

Íly predstavujú významnú zložku pôd, ktorá má rozhodujúci vplyv na jej štruktúru a úrodnosť. Stavebníctvo, chemický, papierenský, ani keramický priemysel si bez tohto materiálu nevedia predstaviť svoju existenciu. Íly majú tiež nezastupiteľný význam ako indikátor geologických procesov v postsedimentárnom a hydrotermálnom prostredí. To všetko odráža široké spektrum významných a jedinečných vlastností, ktorých komplexom sa už desaťročia zaoberajú geológovia, mineralógovia, chemici a technici.

Komplex charakteristických vlastností ílov je výsledkom spolupôsobenia viacerých zložiek - predovšetkým veľkosti kryštálov, ich morfológie a kryštalochemického zloženia. Pre správne chápanie vlastností ílov a možností ich uplatnenia treba poznať aspoň základné štruktúrne a kryštalochemické údaje (Brindley, Brown, 1980; Čížek a kol., 1981; Wilson, 1987).

Jedinečné vlastnosti ílov, predovšetkým ich izolačné schopnosti, ich priam predurčujú na využívanie v ochrane životného prostredia. Najdôležitejšie v tomto kontexte sú iónovýmenné reakcie a interakcie voda-ílový minerál.

Úlohy iónovýmenných reakcií možno zhrnúť takto:

- Sú *zdrojom výživy rastlín* v pôdach, kde dodávajú predovšetkým ióny Ca, Mg, K, NH₄.

- Ióny nachádzajúce sa v štruktúre ílových minerálov *ovplyvňujú mechanické vlastnosti ílov a zemín*, ktoré ich obsahujú (hlavne Na, Ca kationy).

- *Hrajú dôležitú úlohu v procesoch imobilizácie nežiadúcich zložiek*, ako sú pesticídy, organické odpady alebo zložky rádioaktívneho odpadu.

Sledovanie systému voda-ílový minerál má z mnohých hľadísk veľký teoretický aj aplikačný význam. V tomto systéme sa dajú rozlíšiť 3 druhy molekúl vody:

- Molekuly *vytvárajúce hydratačné obaly* medzivrstvových a vymeniteľných kationov.

- Molekuly *vyplňajúce priestory medzi týmito obalmi* v medzivrství.

- *Molekuly medzi kryštálmi* ílového minerálu.

Systém voda-ílový minerál treba sledovať v dvoch základných prostrediach:

- *V relatívne suchom prostredí*, kde prebiehajú len procesy adsorpcie, čiže interakcia molekúl plynnej fázy s povrchom tuhej fázy. Adsorpcia vody závisí hlavne od celkovej humidítnej prostredia, od typu ílového minerálu a od druhu výmenného kationu.

- *V prostredí s vysokým obsahom vody*. Správanie sa ílov

rozmiešaných, resp. zriedených vodou závisí od mnohých faktorov, ktoré priamo súvisia so vzájomným postavením častíc - plocha k ploche, plocha k hrane a hrana k hrane. Usporiadanie ílových častíc veľmi výrazne závisí od koncentrácie elektrolytu a pH prostredia.

Funkciou bariér je vytvoriť mechanickú a chemickú zónu zabraňujúcu prieniku podzemnej i odpadovej vody a odpadových látok z miesta uloženia do okolitého priestoru. V prípade rádioaktívnych a vysoko toxických látok musí bariéra vykonávať aj funkciu ochrannej zóny zabraňujúcej prieniku agresívnych zložiek spôsobujúcich koróziu kanistier s odpadom.

Keďže predmetom nášho záujmu sú predovšetkým íly, treba posúdiť ich vhodnosť ako budúceho prostredia pre úložiská najrôznejších odpadov, upchávky alebo výstelky vrto, jám, tunelov a podobne. Kľúčovou otázkou je definovanie požiadaviek, ktoré by mal materiál určený na tento účel plniť. Sú to najmä:

- *nízka hydraulická vodivosť* (nižšia ako u okolitých hornín),

- *dostatočná expandovateľnosť* na zaplnenie pórov a puklín okolitých hornín,

- *nízky difúzny koeficient*,

- *vysoká odolnosť voči erózii*,

- *dostatočná hustota a pevnosť* na zabránenie prílišným zmenám po zatažení.

V prípade rádioaktívneho odpadu pristupujú ešte ďalšie podmienky:

- *dostatočná tepelná vodivosť* na minimalizáciu prehrievania kanistier s rádioaktívnym odpadom,

- *dostatočná rozťažnosť a plasticnosť*, aby sa zabránilo pohybu kanistier s odpadom.

Pri injektážnych prácach je okrem toho dôležitou podmienkou nízka viskozita pred injektážou a vysoká po nej.

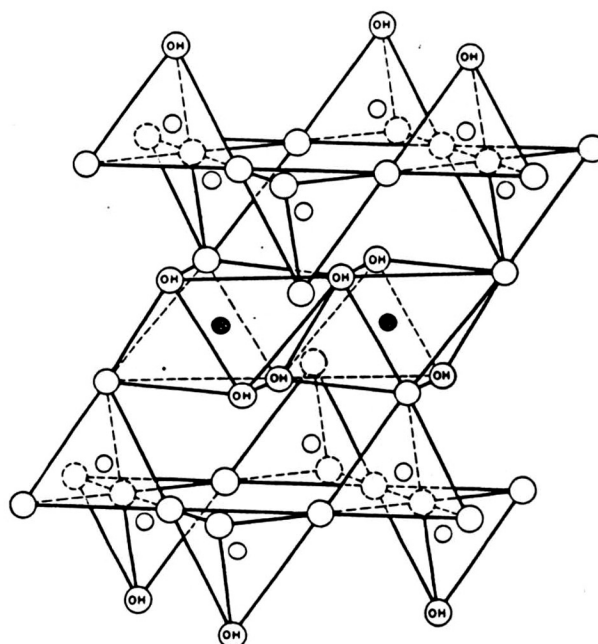
Ak zhrnieme spomenuté najzákladnejšie požiadavky vidíme, že najdôležitejšie fyzikálne vlastnosti pre materiál bariér

sú nízka hydraulická vodivosť a dostatočná napučiacia kapacita. Z toho je zjavné, že íly, resp. sľovité materiály predstavujú najväznejších kandidátov na izolačné bariéry. Spomedzi ťlov najlepšie týmto požiadavkám vyhovujú smektity. Osobitne vhodné sú na ochranu kanistier s rádioaktívnym odpadom. Okrem smektitov sú viac-menej vhodné aj illity (nízka hydraulická vodivosť a aspoň čiastočná expandibilita). Kaolinické íly majú síce vysokú hydraulickú vodivosť, čo nie je veľmi vhodná vlastnosť, ale pomerne efektívne zachytávajú anióny, čo je výhodné pri clonení rádioaktívnych odpadov.

Veľmi dôležité je poznať *obsah smektitov* v izolačnom materiáli, lebo ak sú smektity hlavnou zložkou bariéry, nie je nevyhnutná až taká vysoká objemová hmotnosť materiálu, ktorý bariéru tvorí (ako v prípade nesmektitických ťlov).

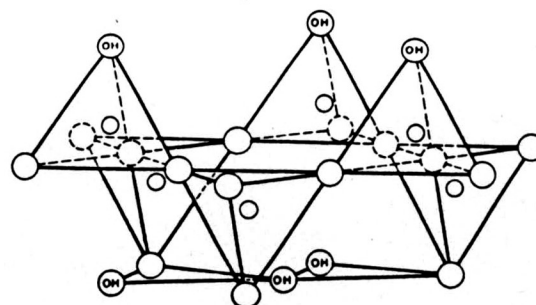
Nemenej dôležité je *poznať a rozlišovať jednotlivé druhy materiálov*, pred ktorými treba okolité prostredie chrániť. Z tohto pohľadu je dôležité poznať procesy prebiehajúce v ochrannom materiáli. Rozhodne by bolo veľkou chybou chápať materiál bariéry ako statický celok. Dynamika celého systému veľmi významne vystupuje do popredia predovšetkým v prípade mimoriadne toxických alebo rádioaktívnych odpadov. Mineralogické zloženie použitého materiálu sa môže v priebehu rokov radikálne zmeniť. Najvýznamnejšou reakciou je v tomto prípade illitizácia smektitu. Ak vyľúčíme vonkajšie vplyvy (ľudskej aktivity), môže nastať spontánne v mineralogickom systéme obsahujúcom detritické sludy alebo draselné živce, ktoré sa stávajú zdrojom draslíka, nevyhnutného prvku pre illitizáciu. Z toho vyplýva, že v žiadnom prípade nie je dostatočné skúmať pri zakladaní skládok vysoko nebezpečného odpadu len technické, resp. inžiniersko-geologické vlastnosti prostredia v čase zakladania úložiska. Nevyhnutne sa musí sledovať celý mineralogický systém, prognózovať jeho vývoj, prípadne tento vývoj usmerňovať prídávaním vhodných komponentov.

Okrem klasickej reakcie - illitizácie - najnovšie výskumy (Eberl a kol., 1990) poukazujú na to, že ani smektity s malým množstvom illitových vrstiev nie sú z tohto hľadiska úplne bezpečné. Prebieha v nich totiž proces, ktorý sa nazýva Ostwaldovo zrenie, t. j. samovoľná premena smektitov, spôsobená snahou systému minimalizovať povrchovú energiu. Prejavuje sa to simultánnym rastom väčších a rozpúšťaním menších častíc, čo má za následok postupnú illitizáciu, a s tým spojenú stratu najvýznamnejších smektitových vlastností (hlavne stratu expandovateľnosti). Tento proces však neprebíha vo vzorkách s rovnakou veľkosťou častíc. Preto sú z tohto pohľadu veľmi dôležité minerály rektority, ktoré predstavujú špeciálny prípad zmiešanovrstevnatých minerálov illit/smektit s presne 50 % zastúpením illitových a smektitových vrstiev. Rektorit je relatívne vzácny minerál, ale u nás (v Západných Karpatoch) sa vyskytuje samostatné komerčne využiteľné ložisko (Šucha, 1990). Z toho vyplýva, že z mineralogického hľadiska treba bezpodmienečne vedieť identifikovať smektity a kvantitatívne stanoviť ich obsah v materiáloch, ktoré chceme využiť na ochranu prostredia pred



VYMENITELNÉ KATIÓNY

nH_2O



Schematický náčrt štruktúry smektitu

- hliník
- kremík
- kyslík

odpadmi. Najvhodnejšou - to znamená relatívne presnou a rýchlou - metódou je rtg. difrakcia orientovaných preparátov spojená s počítačovým modelovaním, ktoré umožňuje kvantifikáciu (Šucha a kol., 1991).

Nemenej dôležité je *poznať zdroje vbočných materiálov*. Viazu sa predovšetkým na ložiská bentonitov (horniny obsahujúce až 90 % smektitov - najčastejšie montmorillonity).

Ojedinelé vlastnosti ťlov celkom určite dokazujú ich nezastupiteľný význam v úlohe cloniacich bariér okolo úložísk odpadových látok od obyčajného komunálneho odpadu až po najnebezpečnejší vysoko toxický, resp. rádioaktívny odpad. Predovšetkým pri rádioaktívnom odpade sa vo

svete (na čele je Švédsko) vo veľkej miere využívajú práve íly ako ochranné bariéry. U nás sa tento prístup zanedbáva, hoci surovinová základňa Slovenska je na to priam ideálna.

Mnohé doterajšie poznatky o fyzikálnych i chemických vlastnostiach ílov možno využiť, ale určite treba urobiť aj priame kroky v overovaní ich vlastností, konkrétne pre potreby bariér.

Pri výbere miesta skládky, resp. úložiska odpadov treba posudzovať íly z kvantitatívneho i kvalitatívneho hľadiska. Ide hlavne o prítomnosť vhodných ílových minerálov v prostredí, kde bude odpad umiestnený, ale významná je aj poloha (resp. vhodnosť) dostupných ložísk potrebných ílov (hlavne bentonitov) na vytvorenie fyzikálno-chemickej ílovej bariéry. Dôkladnejšie treba poznať zdroje ílov, ktoré sú veľmi roztratené a neúplné (okrem najvýznamnejších ložísk veľmi čistých ílov vhodných na priemyselné využitie). Najvhodnejšie materiály sú smektity (bentonity), ale nie vždy je nevyhnutná taká vysoká čistota ako pre priemysel. Dokonca v mnohých prípadoch je veľmi vhodné, ak materiál na tesniace účely obsahuje určité prímiesy, pre zvýšenie vnútorného trenia.

V budúcnosti by sa bolo treba zamerať na výskum zmesí ílov s inými prvkami - zeolity, perlity, diatomity atď. Ich kombináciou by sa mohli získať cloniace materiály s veľmi významnými vlastnosťami.

Literatúra

- Brindley, G. W., Brown, G. 1980: Crystal structure of clay minerals and their X-ray identification. Mineralogical Society, London, 409 pp.
- Čížek, B., Horváth, I., Novák, I. 1981: Mineralógia a kryštalochémia ílov. Alfa, Bratislava, 381 pp.
- Eberl, D. D. a kol., 1990: Ostwald ripening of clays and Metamorphic minerals. Science, 248, p. 474-477.
- Šucha, V., 1990: Vývoj illitu a zmiešanovrstevnatého illit-smektitu v postsedimentárnom a hydrotermálnom prostredí Západných Karpát. Kand. diz. práca, GU SAV, Bratislava.
- Šucha, V. a kol., 1991: Zmiešanovrstevnatý illit/smektit: separácia, identifikácia. Mineralia slovacica, 23.
- Wilson, M. J., 1987: X-ray Diffraction. In M. J. Wilson Ed. A handbook of determinative methods in clay mineralogy. Blackie, London, p. 209-247.

