

Budoucnost výroby kritických surovin z odpadních látek v rukách odborníků z ČZU v Praze

Světová populace roste. Za posledních 50 let se více než zdvojnásobila a překročila hranici 8 mld. osob žijící na Zemi, jejichž základní potřebou je příjem jídla. Následkem je neudržitelně se zvyšující intenzifikace zemědělství, které se dnes neobejde bez použití hnojiv. Jejich výroba představuje nemalou environmentální zátěž, ale jak ukazuje výzkum vědců z ČZU v Praze, i velkou příležitost pro získávání kritických surovin z odpadů z výroby.



zdroj: Hynek Roubík

Skládka phosphogypsum na východě Ukrajiny (region Sumy)

Fosforečná hnojiva se využívají od druhé poloviny 18. století a pro rostliny představují cenný zdroj živin podporující jejich růst. Výroba minerálních fosforečných hnojiv započala v druhé polovině 19. století a původně využívané suroviny jako kosti nebo kopolit byly postupně nahrazeny sofistikovanějšími způsoby výroby využívajícími přírodní minerály – apatity a fosfority. Více než tři čtvrtiny celosvětově vyrobených fosforečných hnojiv jsou vyráběny s použitím kyseliny fosforečné jako meziprojektu, při čemž zůstává 4–6 tun nízkoradioaktivního phosphogypsu (PG – fosfosádrovce) na tunu produkce kyseliny fosforečné jako relevantního vedlejšího produktu / odpadu.

Zpracování fosfátových hornin

Výroba fosfátových hnojiv zahrnuje několik kroků, z nichž nejdůležitější je těžba fosfátových hornin, jejich zpracování a následně výroba samotného hnojiva. Fosfátové horniny se těží z podzemních ložisek

nebo otevřeným způsobem na povrchu. Jedná se o horniny obsahující fosfátové minerály, jako je například apatit. Poté musí dojít k jejich prvotnímu zpracování, aby se fosfor získal v použitelné formě. Tento proces zahrnuje drcení hornin a následnou separaci fosfátových minerálů od nežádoucích hornin. Fosfátové minerály se následně zpracovávají za použití kyseliny sírové, čímž vzniká kyselina fosforečná, která obsahuje fosfor v rozpustné formě (toto se nazývá mokrá proces). Kyselina fosforečná se následně neutralizuje s vápencem za vzniku fosfátového hnojiva.

Fosfátová hnojiva se vyrábějí v různých formách, jako jsou například superfosfáty, triple superfosfáty nebo diamonné fosforečnany. Phosphogypsum je tedy jakousi odpadní složkou, která vzniká při výrobě kyseliny fosforečné úpravou fosfátové rudy (apatitu) kyselinou sírovou. Může být nízkoradioaktivní díky přítomnosti přirozeně se vyskytujícího uranu

(5–10 ppm) a thoria (a jejich dceřiných nuklidů radia, radonu a polonia).

Zejména v posledních letech se rovněž vyvíjí nové metody výroby fosfátových hnojiv, které se snaží minimalizovat negativní vliv na životní prostředí, zejména snížit množství kyseliny sírové produkované během výroby. Příkladem toho je třeba sušení fosfátových hornin slunečním zářením a následné využití biologického zpracování (tato metoda se nazývá sušení v ležatých kupách a má potenciál snížit náklady a negativní dopady na životní prostředí spojené s tradičním mokřím procesem).

Phosphogypsum je tedy významným vedlejším produktem průmyslové výroby umělých hnojiv. Vzniká v obrovských množstvích – odhaduje se, že na celém světě se ročně vyprodukuje přibližně 200 mil. tun phosphogypsu. Toto množství představuje významnou výzvu v oblasti jeho likvidace nebo využití. Phosphogypsum obsahuje vysoké hladiny látek, které mohou mít negativní vliv na životní prostředí, zejména pokud se ukládá na skládky. Mezi tyto látky patří kromě těžkých kovů a radioaktivních prvků také kyselina sírová a fluoridy. Tyto látky mohou proniknout do půdy a podzemních vod a způsobovat vážné problémy, jako jsou kyselé deště a znečištění pitné vody.

Následky průmyslové výroby hnojiv

Za dobu existence fosfátového průmyslu celosvětově vzniklo 5,6 – 7,0 mld. tun odpadního fosfosádrovce. Přičemž přibližně 85 % jeho celkového množství je deponováno v mokřích nebo suchých skládkách v 52 zemích světa. Jeho největší zásoby se v rámci Evropské unie (EU) nacházejí v Litvě, Polsku, Španělsku, Řecku, Bulharsku, Srbsku a Kosovu, Nizozemsku, Belgii, Portugalsku a Finsku. Fosfosádrovec tak

dnes představuje jeden z největších environmentálních problémů spojených s průmyslovou výrobou hnojiv. To lze nejlépe ilustrovat dohodou mezi Agenturou pro ochranu životního prostředí USA (US-EPA) a předním světovým výrobcem fosfátových hnojiv Mosaic Fertilizer LLC, ve které se společnost Mosaic zavázala poskytnout finanční prostředky ve výši 1,8 mld. dolarů na zajištění zpracování, skladování a likvidace zhruba 30 mil. tun nebezpečného odpadu (PG a související odpadní vody) v šesti zařízeních na Floridě a ve dvou v Louisianě.

Příležitost pro recyklaci

Nicméně při správném zacházení nemusí být fosfosádrovec považován za odpadní materiál. Velké množství vyrobeného fosfosádrovce má značný obsah těžkých kovů a prvků vzácných zemin (REE), které se přirozeně vyskytují ve zpracovávaných fosfátových rudách. Pro recyklaci jsou celosvětově k dispozici přibližně 3–4 mld. tun a v samotné EU 2 mld. tun materiálu. Při současném tempu světové produkce fosfátové rudy se toto množství ročně navyšuje zhruba o 200 mil. tun. Toto množství by dokázalo pokrýt téměř 95 % celosvětové poptávky po REE. Jen produkce REE z Maroka by mohla pokrýt 7–15 % celosvětové poptávky. Další možností je přepracování fosfosádrovce na stavební materiál nahrazující přírodní sádro.

Česká zemědělská univerzita (ČZU), společně s dalšími evropskými partnery, se aktivně zapojila do projektu PG2CRM (Phosphogypsum Processing to Critical Raw Materials), který reflektuje současnou situaci a snaží se vyvinout inovativní proces obnovy REE z vrstveného fosfosádrovce. Výzkum je založen na novém patentu koordinátorů projektu z École des Mines de Saint-Étienne z Francie (EMSE). Patent se týká způsobu čištění a koncentrace vzácných zemin obsažených ve fosfogypsu a zjednodušeně zahrnuje následující kroky:

- vyluhování fosfogypsu pomocí roztoku jedné nebo více silných kyselin (kyselina sírová, kyselina dusičná a kyselina chlorovodíková) za účelem získání vyluhované směsi, což zahrnuje kapalnou fázi (tvořenou vyluhovaným roztokem vzácných zemin pocházejících z fosfogypsu) a pevnou fázi (tvořenou fosfogypsem);
- přidání oxidačního činidla za účelem podpory průchodu REE a redukčního činidla ke snížení rozpustnosti minerálních nečistot;

- oddělení kapalnou fází, obohacené o REE a očištěné o minerální nečistoty, a pevnou fází obohacenou o minerální nečistoty.

Ten by měl umožňovat získávání REE z fosfosádrovce efektivním a udržitelným způsobem. Navíc zbývající sádrová matrice by měla být využita jako levný materiál ve stavebnictví a v zemědělství.

Potenciál pro využití ve stavebnictví a zemědělství

Sádrovec je široce využívaným materiálem zejména ve stavebnictví. Tento průmysl je největším odvětvovým zaměstnavatelem v EU s ročním obratem přibližně 7,7 mld. eur. 154 provozovaných lomů a 160 závodů přímo zaměstnává 28 tis. lidí a nepřímě pak dalších 300 tis. lidí. V roce 2020 v EU činila spotřeba sádry 57 mil. tun, a to v těchto oblastech: výroba sádrokartonu a stěnových desek (51 %), výroba omítky pro budovy (26 %), výroba cementu (17 %) a využití v zemědělství (6 %). Odhaduje se, že poptávka po sádrovci pro využití ve stavebnictví v EU zůstane poměrně konstantní s mírným nárůstem.

”

Podle konzervativního odhadu bude v roce 2030 v EU chybět přibližně 10 mil. tun sádrovce.

Ačkoli lze budoucí využití sádry ve stavebnictví v EU s vysokou jistotou předvídat, v zemědělství je situace jiná. Vysoká budoucí poptávka po sádrovci v zemědělství vychází z předpokládané zvyšující se salinizace půdy v důsledku změny klimatu. Právě na úpravu salinity půdy se počítá s využitím sádrovce. V roce 2030 by pro tento účel mohlo být využito až 39,6 mil. tun sádrovce jen v EU a očekává se, že úroveň využití v zemědělství do roku 2040 dorovná situaci ve stavebnictví.

Sádrovec nachází uplatnění také v energetice. Směrnice EU o obnovitelných zdrojích energie s klimatickými a energie-

tickými cíli nenechává prostor pro provoz uhelných elektráren, které ročně spotřebují přibližně 17 mil. tun sádrovce na odsiřování spalin.

Předpokládaná rovnováha mezi poptávkou a výrobou sádrovce v EU

Podle konzervativního odhadu bude v roce 2030 v EU nedostatek sádrovce, a to ve výši přibližně 10 mil. tun ročně. Méně konzervativní odhad předpokládá roční deficit až 30 mil. tun. Je zřejmé, že odhadovaná množství je nutné brát s rezervou. Na druhou stranu je neoddiskutovatelné, že v EU nastane nedostatek sádrovce a již nyní je potřeba hledat vhodné alternativy. Je třeba se dále zaměřit na aplikovaný interdisciplinární výzkum se silným akcentem na průmysl. Jednou z cest je využití fosfosádrovce jako dostupné a ekonomicky konkurenceschopné náhražky sádry, kterou lze použít ve stavebnictví a zemědělství a zároveň splňuje národní předpisy nejen v členských zemích EU. Přínosem snížení podílu přírodní těžby sádrovce je omezení všech jejích nežádoucích dopadů na životní prostředí.

Náš projekt je nyní ve fázi sběru vzorků z různých nalezišť v Evropě a ve světě a na úrovni laboratorních experimentů. V rámci příštího roku bychom ale měli začít pracovat na pilotním procesním zařízení, prostřednictvím něhož bychom rádi dosáhli úrovně zpracování 1 tuny fosfogypsu denně. Poté budeme schopni také zcela vyhodnotit jeho environmentální dopady a toxikologická rizika. Protože není v blízké budoucnosti příliš reálné předpokládat navýšení těžby, hovoří pro hledání alternativních cest spočívajících v lokálním využití a recyklaci odpadních surovin i samotné náklady spojené s dopravou ze zemí mimo EU. Na rozdíl od jiných kritických surovin (CRM), jako jsou prvky vzácných zemin (REE), které tvoří relativně malý objem a lze je dovážet na velké vzdálenosti, náklady na přepravu přírodního sádrovce výrazně převyšují hodnotu samotného produktu. Dovoz by tedy neúměrně zvýšil ceny staveb v EU, a ovlivnil tím miliony lidí. ○

Tým docenta **Hynka Roubíka** z Fakulty tropického zemědělství ČZU v Praze se ve spolupráci s dalšími evropskými partnery věnuje tématu fosfosádrovce. Projekt je podpořen výzvou ERAMIN.