



Lithiové baterie, důlní voda a pomocník restaurátorů

Máme tu další přehled aktuálních objevů a výzkumů z českých vědeckých laboratoří. V nich se ukrývají doslova poklady. Jsou nejenže zajímavé, ale zároveň můžou být skvělou příležitostí, jak trh obohatit o užitečné produkty a technologie.

Za pozornost stojí i proto, že se můžou stát impulzem ke globálnímu úspěchu českých firem, které objeví jejich zatím ještě poněkud skrytý potenciál.

Lithiové baterie (ne)mají budoucnost

Lithiové baterie jsou dnes běžně používaným standardem. Jejich vývoj přesto zůstává předmětem výzkumu vědeckých pracovišť. Pořád totiž ještě existují možnosti, jak zvyšovat jejich efektivitu. Olomoučtí vědci například zkoumají, jak vedle lithia používat v bateriích síru. Dokonce na to získali velice prestižní grant Evropské výzkumné rady (ERC), a to v kategorii Proof of Concept, který by měl být předstupněm uvedení objevu na trh. A to vše v době, kdy laboratoře zároveň hledají cesty, jak lithium kvůli jeho ekologickým dopadům opustit.

Funguje to. Doktorandka Veronika Šedajová v testovací laboratoři Českého institutu výzkumu a pokročilých materiálů (CATRIN) Univerzity Palackého v Olomouci přiloží k baterii LED-diody, která se rozsvítí. Na první pohled nic převratného.

Vidím klasickou knoflíkovou baterii. Jenže důležité není to, jak vypadá na povrchu. Zcela nové a objevné je to, co se ukrývá uvnitř. „Jedním z elektrodových materiálů, který vydává elektrickou energii, je modifikovaný grafen, který je připravený chemií fluorografenu,“ vysvětluje vedoucí výzkumného týmu profesor Michal Otyepka.

Chemicky řečeno, jde o tzv. 2D materiály, na něž se vědci po celém světě zaměřují čím dál více, protože v nich vidí cestu k pokročilým technologiím. Typické jsou svou vrstevnatou strukturou, přičemž jednotlivé vrstvy atomů vědci dokážou od sebe oddělit. Výsledkem je materiál, u něhož můžeme měřit šířku a délku, ale v podstatě nikoli výšku – materiál je tlustý jako jeden atom. Proto označení „dvourozměrné materiály“.

Ze zmíněného fluorografenu vědci odstranili část atomů fluoru a na uvolněná místa pevnou vazbou navázali polysulfidy, tedy látky obsahující síru. Proto v našem případě mluvíme o lithium-sírných bateriích. „Jejich výhodou je, že kromě lithia a síry obsahují akorát sodík a uhlík. Takže v nich nenajdeme žádné těžké kovy ani nic dalšího, co by

mělo negativní vliv na životní prostředí,“ pokračuje Otyepka. Na druhou stranu nevýhodou lithium-sírných baterií obecně je jejich extrémně nízká životnost. Svou kapacitu ztrácí už po desítkách nabíjecích cyklů. To je z trhu prakticky vylučuje. Tým profesora Otyepky ale našel řešení. Mezi uhlíkovou páteří fluorografenu a sírou vytvořil pevné vazby. To zabraňuje postupnému uvolňování síry při nabíjecích a vybíjecích cyklech. Materiál má vynikající výkon, vysokou kapacitu i velkou stabilitu. Pro praktické využití je příznivé i to, že vstupní surovina – běžně užívaný průmyslový lubrikant – je snadno dostupná. Oproti dnešním Li-ion bateriím obsahují lithium-sírné baterie podstatně levnější materiály.

Poslední vývojové stadium?

Síra je ekologický, šetrný, dostupný a levný materiál; baterie s jejím využitím se navíc obejdou bez přítomnosti toxických kovů, jako je nikl či kobalt. Ekologické otázky ale vzbuzuje i samotné lithium. Náročná na životní prostředí je totiž jeho těžba. A to je důvod, proč se vědecké laboratoře

snaží zjistit, jak se v bateriích obejít i bez něj, CATRIN s Michalem Otyepkou nevyjímaje. Ostatně nedávno jsme informovali o jeho vývoji superkondenzátorů, které lithium neobsahují. Přesto Otyepka věří, že výzkum lithiových baterií má pořád ještě smysl: „Je to technologie, která je velmi dobře vyvinutá, dobře zmapovaná a známe její úskalí. Lidstvo by ji zatím zahazovat nemělo. Spíš musíme hledat cesty, jak tuto technologii udělat šetrnější k životnímu prostředí. Jednou z cest je recyklace lithiových baterií nebo využívání lithia v kombinaci s jinými prvky, třeba právě sírou.“

Mnoho nových výzkumů Otyepka už ale neočekává: „Základní výzkum lithiových baterií se nejspíš chýlí ke svému závěru. Dnešní výzkumy se spíš zaměřují na baterie založené na jiných technologiích. I my se tímto směrem chceme v budoucím výzkumu vydat. V horizontu dvou tří let chceme utlumovat aktivity v oblasti lithiových baterií a chceme se v základním výzkumu soustředit na jiné baterie, založené například na sodíku a draslíku.“



Michal Otyepka ukazuje vrstevnatou strukturu grafenu.

Foto: Viktor Čáp



Vložení testovací cely do teplotní komory bateriového testeru

S lithiovými bateriemi se přitom podle Otyepky budeme setkávat ještě minimálně dvacet let. „To, co jsem řekl, se týká základního výzkumu. Myslím ale, že je tu minimálně dvacetileté nebo třicetileté okno pro využívání té technologie. Určitě nejde o mrtvou technologii,“ tvrdí. Lithium-sírné baterie jsou tak možná posledním, nebo alespoň jedním z posledních „vývojových stadií“ lithiových baterií. Přesto v sobě skrývají velký komerční potenciál. Využít půdou všude tam, kde dnes používáme Li-ion baterie.

Aby se lithium-sírné baterie přiblížily praktickému využití, musí se ještě technologicky vyladit. Jedním ze současných problémů například je, že při nabíjení a vybíjení se výrazně mění objem. Toto by měl řešit i prestižní grant Evropské výzkumné rady (ERC) v kategorii Proof of Concept. Uvedené granty jsou určené pro špičkové badatele napříč vědními obory. Program je otevřen pouze

výzkumným pracovníkům, kteří jsou nebo byli v minulosti financováni ERC. Rada uděluje podporu individuálním řešitelům a jejich výzkumným týmům na základě hodnocení vědecké excedence návrhu projektu a řešitele. Cílem výzvy Proof of Concept je podpořit úspěšné řešitele grantů ERC v nejranější fázi komercializace výstupů jejich výzkumných aktivit. Granty jsou součástí programu EU pro výzkum a inovace Horizont Evropa. „Nám pomůže, že vyzkoušíme, jestli syntézy, které fungují v gramovém množství, jsme schopni dělat v kilogramech. Pak budeme moct oslovit průmyslové partnery, aby vyrobili prototypy velkých baterií. Ty pak budeme nabízet výrobcům, aby naše baterie využívali ve svých technologiích,“ vyhlíží budoucnost Otyepka.

Už teď olomoučtí vědci spolupracují s jednou firmou v Berlíně, která se vývojem lithium-sírných baterií zabývá. Vyhráno ale zdaleka není. To, co

funguje v malém množství, nemusí fungovat v množství velkém. Otyepka doufá, že se všechna úskalí podaří překonat. Když to vyjde, na první prototypy ekologicky šetrných a levných lithium-sírných baterií se můžeme těšit přibližně za pět let.

Voda z dolů v sobě ukrývá poklad

Voda odčerpávaná z uzavřených uhelných dolů díky své teplotě slouží například k vytápění administrativních budov, které u dolů stojí. Užitek by ale mohla přinášet mnohem větší. Důlní voda v ostravsko-karvinském revíru (OKR) je bohatá na soli. Vědci proto zkoumají, jak tyto soli a další rozpuštěné látky získat. Výsledkem budou nejen ekonomicky zajímavé suroviny, ale i pitná voda. Doktorka Petra Malíková nalévá do odměrného válce vodu, která pochází z asi kilometrové hloubky bývalého uhelného dolu Jeremenko. Zapne přístroj, takzvanou elektrodialýzu, která patří do skupiny membránových technologií. Po skončení procesu bude výsledkem upravená voda zbavená soli a solný koncentrát. Důležitou součástí elektrodialýzy jsou membrány, které zajistí průchod iontů z upravované vody do koncentráту. Mohou vypadat třeba jako několik fólií poskládaných vedle sebe. „To je slisovaný iontoměnič s pojivovou částí. Poskládáme je do jakéhosi ‚sendviče‘. Dáme tam kationaktivní membránu, rozdělovač, anionaktivní membránu, rozdělovač... Tím nám vznikne svazek, který smontujeme mezi desky, na kterých jsou elektrody,“ popisuje Malíková.

Úkolem vědců tady v laboratoři technologie vody na Hornicko-geologické fakultě VŠB-TUO je mimo jiné otestovat různé membrány pro získání co nejkvalitnějších produktů z upravované důlní vody. Zapojili se totiž do projektu REWASE (REsilient Water Innovation for Smart Economy), který je financován z prestižního programu Evropské unie HORIZON 2020. Projekt propojuje

Foto: Viktor Čáp

přední evropské vodárenské subjekty a akademickou sférou. Do projektu je zapojeno 24 subjektů z 11 evropských zemí. Membrány pro laboratorní testy zajišťuje lídr projektu v španělské společnosti FCC AQUALIA, S. A. Vysoká škola báňská je v projektu jediná, která se věnuje důlním vodám. Další zapojené firmy a instituce zkoumají odsolování vody mořské.

Pro odsolení důlních vod lze použít i jiné membránové technologie, nejen elektrodialýzu. Stejně tak mohou i membrány vypadat různě. Třeba jako sada trubek nebo jako „vlasy“ z vláken připomínající dentální nit. Jakou membránu vědci použijí a jakou technologii zvolí, určuje z velké části vstupní rozbor vody. „Důlní vodu analyzujeme i na speciálních přístrojích, které nám detekují velmi nízké koncentrace různých kovů. Na základě vstupního složení navrhujeme technologii úpravy, přičemž odsolení na elektrodialýze je tím hlavním,“ přidává se docentka Silvie Heviánková. Voda se v laboratoři vyčistí tak důkladně, že aby mohla být považována za pitnou, musí se do ní některé minerály zpětně přidat, například vápník a hořčík.

Náhradní zdroj pitné vody i cenných surovin

Jedním z důvodů, proč se ostravští vědci odsolováním důlních vod zabývají, je hledání náhradního zdroje pitné vody. „V případě, že by byl nedostatek vody ve standardních zdrojích, máme tady uprostřed města potenciální objem kolem pěti milionů kubiků ročně, což už je velmi zajímavé množství vody,“ objasňuje Heviánková.

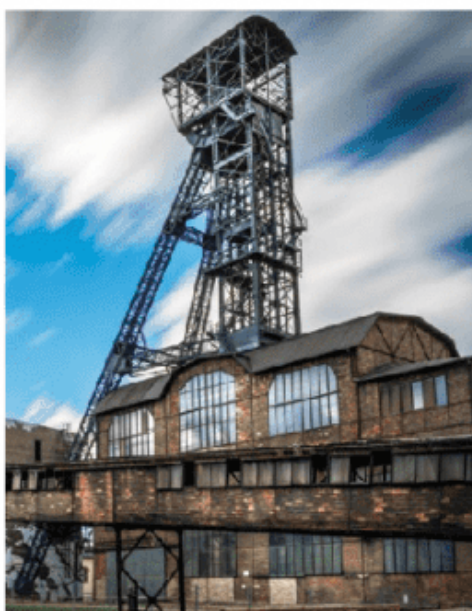
Ekonomicky zajímavé mohou být i samotné soli z vody získané. Dají se z nich totiž vyseparovat další látky, jak vysvětluje jeden z výzkumníků Václav Zubiček: „Ideou je ze solí získávat minerální suroviny, které jsou důležité. V této fázi ověřujeme, jaké množství jsme schopni dostat. Lze to chápat jako náhradní ložisko těchto látek.“ Vědci se zejména zaměřují na lithium a bor.

Výzkum zatím probíhá v laboratoři v budově Hornicko-geologické fakulty. V praxi by ale výsledky měla ověřit tzv. „živá laboratoř“, která vznikne přímo u dolu Jeremenko. „Budou to kontejnery, do kterých umístíme stejné technologie, jako vidíte tady, jen ve větším měřítku,“ plánuje Zubiček. Jednotlivé kontejnery budou navzájem propojené. Tuto podobu vědci zvolili proto, aby laboratoř byla snadno přenositelná. Vědcům poslouží k výzkumu, ale výhledově by stejná technologie měla sloužit průmyslové praxi.

„Využití najde naše technologie nejen u nás v Moravskoslezském kraji, ale důlní vody můžeme nalézt v různých částech České republiky. Spolupracujeme i s polskými sousedy. Ostatně v celém světě se někde těží,“ věří ekonomickému potenciálu technologie Zubiček. Nejde ale jen o vodu a suroviny z ní získané. Důlní voda, alespoň v případě dolu Jeremenko, má celoroční teplotu 27 °C. Lze ji tedy využít jako zdroj geotermální energie. Důlní voda je prostě poklad...



Zleva Petra Maliková, Václav Zubiček a Silvie Heviánková



Těžní věž

Nejen v projektu REWAISE, ale i v dalších výzkumech ostravští vědci rádi spolupracují s komerčními partnery. Je to oboustranně výhodné. Průmyslový sektor pomáhá vědcům lépe pochopit, která technologie je v praxi uplatnitelná, vědci zase přichází na to, jak technologie vyvinout. „Snažíme se o to, aby vše, co tady vyprodukujeme, našlo komerční potenciál, aby to našlo svého partnera, který to začne využívat. Neradi děláme věci do šuplíku,“ konstatuje Zubiček a slibuje, že první sklenkou pitné vody získané z uhléňných dolů si přitůkneme asi za rok nebo rok a půl.

Restaurátoři už nemusí ničit památky

Zní to jako protimluv. Restaurátoři přece historické předměty zachraňují, proč by je tedy měli ničit? Samozřejmě že poněkud přeháníme. Problém je v tom, že některé restaurátorské postupy jsou pro ošetřovanou památku náročné a restaurátoři musí být při



Elektrodialýzér

své práci velice opatrní, aby pozitiva zásahu jasně převážila nad případnými negativy. Jejich činnost teď můžou značně usnadnit vědci z Ústavu fyzikální chemie Jaroslava Heyrovského AV ČR. Vyvinuli speciální emulzi, která jednoduše a šetrně odstraní vrstvy, kterých se zbavit je zatím velmi obtížné. Nová látka už mívá do praxe díky novému spin-offu. Na světlém kvádru z hořčíkového pískovce mě zaujmou tmavé pruhy. „Je ošetřený hydrofobizací,“ dozvídám se od vedoucího výzkumného týmu Jiřího Rathouského. Hydrofobizace má schopnost materiál, v našem případě pískovcový kvádr, chránit před vodou a vlhkostí, například deštěm. Voda po ošetřeném kameni steče, aniž by ho smočila. Výsledkem je, že pískovec nepodléhá erozi, ale zároveň si uchová světlou, suchou barvu. Jenže dávný umělec, který pískovec použil třeba k tvorbě sochy, počítal s tím, že kámen na dešti ztmavne. A toto ztmavnutí bylo součástí uměleckého díla.

„Úkolem restaurátorů často je, aby zajistili ochranu materiálu, ale zároveň i to, aby neztratil svůj přírodní vzhled. A s tím právě může pomoci naše metoda. Z těchto úzkých pruhů na kvádru jsme odstranili tenkou vrstvu povrchové hydrofobizace. Díky tomu materiál vypadá mokře, ale je mokrá pouze na povrchu. Památkový objekt se tak pod vlivem deště bude normálně smáčet jako neošetřený kámen, ale voda nebude pronikat dovnitř. Čili bude zajištěna ochrana při zachování vzhledu přírodního kamene,“ vysvětluje Rathouský.

Jeho tým vyvinul speciální čisticí emulzi, která dokáže odstraňovat velmi tenké vrstvy. „Vymysleli jsme postup, jakým způsobem tu hydrofobní vrstvu odstranit, aniž bychom materiál poškodili. Hydrofobizace je velmi často používána a samozřejmě velmi účinná forma ochrany materiálu, ale problémy nastávají, když je potřeba ji odstranit. Když se rozhodneme, že nějaký artefakt z kamene budeme chtít dále ošetřovat například tmelem, hydrofobizace nám v tom bude překážet, protože nám ten povrch uzavře,“ popisuje vědec.



Restaurování



Pískovcový kvádr ošetřený hydrofobizací, tmavší pruhy prozrazují, kam vědci aplikovali novou emulzi.

Jak dále vysvětluje, v současné době se k odstranění hydrofobní vrstvy používají poměrně nešetrné postupy: „Musí se na to drsně. Drsným způsobem vrstvu opískovat nebo něco podobného. Proto jsme chtěli vyvinout metodu, která bude účinná, ale zároveň velice šetrná. Nejenže nepoškodí materiál, ale současně bude i příznivá pro personál, který s ní pracuje, nebude poškozovat životní prostředí, nebude vyvolávat nebezpečí požáru a podobně.“ Podařilo se. Vědci vyvinuli emulzi, kterou zabudují do gelu. Ten nanesou na odstraňovanou vrstvu – a ta zmizí. Hlavní složkou je voda, do které se přidají povrchově aktivní látky. Ty známe z běžných čisticích a pracích prostředků.

Využití nejen pro památky

Další složkou emulze jsou látky speciálně uzpůsobené k tomu, aby reagovaly s konkrétní odstraňovanou vrstvou. Tyto látky se můžou libovolně

měnit podle potřeby, což metodě otevírá cestu k široké škále možného využití. Nehodí se totiž jen k odstranění hydrofobní vrstvy, ale po lehké úpravě složení využijí emulzi třeba restaurátoři obrazů. Dokážou tak odstranit závěrečný lak z olejomalby. „Tyto prostředky se můžou použít pro čištění keramických artefaktů, zkoušeli jsme to třeba na vázy. Dále jsou to kovové předměty jako například zbraně, ze kterých je třeba odstranit olej,“ vyjmenovává Rathouský a zdůrazňuje, že emulze se dá připravit přesně na míru podle toho, jaký materiál je potřeba očistit. „Řiditelnost celého procesu je velice cenná. Tím se naše metoda liší od metod tradičně používaných, zejména založených na organických rozpouštědlech, které jsou do značné míry neřiditelné,“ doplňuje.

Novou metodu už chrání patent a Ministerstvo kultury ČR ji certifikovalo jako ověřenou metodu, kterou restaurátoři můžou ke své práci s kultur-

ním dědictvím bezpečně používat. Nehodí se jen na památky, ale i na ošetřování předmětů zcela nových. „Naše emulze odstraní všelijaké vrstvy vázané na povrch a hodí se i na porézní materiály. Tam se prostředky vsakují dovnitř a my je musíme z pórů vytáhnout. A to je právě možné díky našim emulzím. Ty postupy jsou do značné míry obecné, takže se využijí i pro moderní materiály, které bude potřeba opravit. Tady se ukazuje, že i když jsme primárně cílili na restaurátorskou oblast, širší využití bude významně větší,“ věří Rathouský. Za pravdu mu dává i druhé místo v národní soutěži Transfera Technology Day 2021, která hodnotí připravenost vědeckých projektů na uvedení do komerční praxe.

Novou technologii můžou restaurátoři (a nejen oni) používat už teď, a to díky nové spin-offové společnosti. Její založení měl na starosti manažer transferu technologií na ÚFCHJH AV ČR Jiří Trnka: „Měli jsme balík know-how, který tu dlouho ležel ladem, což bylo dáno tím, že trh s památkami a jejich ochranou je poměrně konzervativní a je potřeba mu věnovat poměrně široký marketing. Takže jsme si řekli, že vzhledem k tomu, že nemáme vlastní kapacity na to, abychom to uvedli do praxe, založíme speciální spin-off firmu. Jejím primárním úkolem nebude výroba přípravků, ale spíše poradenství s tím spojené.“

Spin-off chce úzce spolupracovat s Národním památkovým ústavem. Díky tomu se přípravek dostane k restaurátorům, kteří můžou vědcům poskytnout zpětnou vazbu, jak jsou s novinkou spokojeni. Výroba přípravků pak bude probíhat ve spolupráci s externími výrobci.

(Vědeckým objevům se každou sobotu věnujeme na portálu KomoraPlus a jednou za měsíc v podcastu Elektron.) ■

DANIEL MRÁZEK