

Prof. Jiří Čejka: „Zeolity dnes představují nejdůležitější průmyslové katalyzátory“

Cenu Wernera von Siemense za nejvýznamnější výsledek základního výzkumu za rok 2017 získal na počátku loňského roku tým prof. Ing. Jiřího Čejky, DrSc., z Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského Akademie věd ČR ve spolupráci s Přírodovědeckou fakultou Univerzity Karlovy v Praze. Jiří Čejka se svými spolupracovníky objevil a popsal novou metodu přípravy zeolitů, původně přírodních minerálů – hlinitokřemičitanů –, které svým chemickým složením připomínají obyčejnou zeminu, jejich význam je však dalekosáhlý. O důležitosti zeolitů i o cestě k zásadnímu objevu jsme hovořili s profesorem Jiřím Čejkou.

Proč je výzkum zeolitů tak důležitý?

Zeolity zásadním způsobem ovlivňují život dnešní společnosti. Setkává se s nimi každý, kdo používá prací prášky. Asi nejvýznamnější využití však mají při zpracování ropy. Například všude používané polymery se vyrábějí z jednoduchých stavebních jednotek (monomerů), které se získávají pomocí zeolitů při zpracování ropy.

Jak vlastně příprava nového zeolitu probíhá a v čem je originální vaše metoda?

Normálně se zeolity připravují při teplotě 150–180 °C, většinou ve vodném prostředí, tzn. v pevně uzavřené nádobě – tzv. autoklávu. K syntéze se použije nějaký zdroj křemíku a hliníku, přidá vhodná organická molekula a za několik hodin, dnů či týdnů vznikne krásná krystalická struktura. Bohužel tato metoda (pokusy a omyly) má řadu omezení.

My jsme objevili, že když se do zeolitu přidá germanium, zeolit ztrácí svoji vysokou stabilitu, protože nově vzniklé vazby germanium-kyslík jsou relativně slabé a může dojít k jejich rozrušení. Hydrolyzou dokážeme řízeně přerušit všechny tyto vazby, takže zůstanou jen jednotlivé křemíkové vrstvy, které drží pohromadě pomocí tzv. vodíkových můstků. Vodíkové můstky představují relativně slabé vazby, takže my pak dokážeme s těmito vrstvami různě manipulovat. Umí-

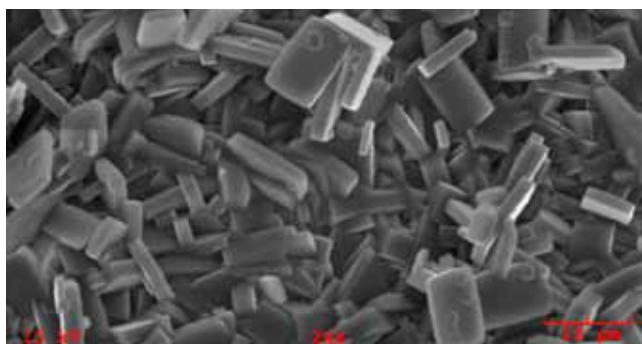


Tým profesora Jiřího Čejky (zleva): Ing. Jan Přeč, Ph.D., Mgr. Pavla Eliášová, Ph.D., prof. Ing. Jiří Čejka, DrSc., Mgr. Mariya Shamzhy, Michal Mazur, Ph.D., a Maksym Opanasenko, Ph.D.

lika milionů let a jsou to krásné krystaly. Zeolity v našem provedení mají podobu prášku. Pokud se na to podíváme z průmyslového hlediska, tak čas je klíčový. Jestliže se tedy připravují zeolity v průmyslovém měřítku, tak je snaha, aby do 24 hodin, nejpozději do 48 hodin zeolity vykryštalizovaly. V autoklávech, které mají třeba 20 m³, tak za dva dny vznikne až 10 tun zeolitu.

A když připočteme i přípravou fázi, kolik času je potom potřeba na výrobu zeolitu pro průmyslové využití?

Uvedu příklad: při spolupráci se Spolchemií z Ústí nad Labem jsme vycházeli z modelu zeolitu,



Zeolit pod elektronovým mikroskopem

Zdroj: Wikipedie

me je od sebe oddálit a zafixovat je pevnou vazbou křemík-kyslík-křemík v jiné poloze, než byla v původním zeolitu. Těmito posuvy jsme například z jediného zeolitu připravili šest nových.

Jak dlouho trvá příprava jednoho zeolitu?

Doba přípravy zeolitů je velmi individuální. Za optimálních podmínek se některé zeolity dají připravit i za několik hodin. Pro srovnání: přírodní zeolity vznikaly při teplotách 50–70 °C po dobu něko-

terý již byl znám a od počátku projektu již probíhaly katalytické testy. Až po čtyřech letech jsme dospěli k uspokojivému závěru, tzn. k extrudátu plně připravenému pro průmyslovou výrobu, což znamená přípravu řádově tisíců tun katalyzátoru ročně. Je to tedy proces trvající léta – běh na dlouhou trať.

Kolik nových zeolitů se vám již podařilo připravit?

Celkem jsme k tomuto okamžiku v našich laboratořích a ve spo-

lupráci s Přírodovědeckou fakultou UK připravili patnáct nových zeolitů. Jinými slovy: od obdržení ceny Wernera von Siemense jsme připravili šest dalších zeolitů. Mezinárodní zeolitovou asociací nám už byly uznány dva nové zeolity. Celosvětově je dnes uznáno asi 245 zeolitů.

Zohledňujete při přípravě nových zeolitů i to, zda a jak se uplatní v průmyslové praxi?

Zabýváme se především výzkumem adsorpce a katalýzy, což znamená, že připravujeme nové zeolity s předpokladem jejich brzkého uplatnění v praxi. Je však třeba si uvědomit, z 245 uznávaných zeolitů se jich v praxi, hlavně z ekonomických důvodů, ke katalýze používá jen asi 10. Plánování jejich konkrétního využití v praxi je tudíž ve fázi výzkumu velmi ošidné, platí totiž, že v průmyslu se často používají horší katalyzátory než ty nejlepší, protože jsou třeba levnější, snáze dostupné a není nutné měnit fungující technologii.

Jaký je současný stav průmyslové výroby zeolitů?

Roční celosvětová produkce zeolitů činí asi dva miliony tun, přičemž asi 70–80 % připadá na prací prášky, zbytek je katalýza ve speciálních aplikacích. V současné době zeolity na celém světě vyrábí několik desítek firem, z těch známých například Exxon-Mobil, BP, Johnson Matthey, Zeolyst, BASF nebo Süd-Chemie, přičemž v poslední době přibývají i čínští nebo japonské výrobci. Je tedy zcela zřejmé, že o tyto materiály je obrovský zájem. Ve světě existují stovky laboratoří, které se zabývají syntézou nových zeolitů. Mezinárodní zeolitová asociace každý rok uzná jen pět až sedm

nových zeolitů. Zde je třeba dodat, že teoreticky předpověděných zeolitů jsou miliony, a vědcům se jim podařilo připravit zatím jen 245, jsme tedy v jejich přípravě vlastně „strašně neúspěšní“ nebo, chcete-li, „zatím málo úspěšní“.

Můžete popsat, jak se rodil váš objev?

Výše popsaný způsob přípravy zeolitů se podařilo objevit někdy v letech 2010–2011. Na Přírodovědecké fakultě UK jej předpo-

me příslušnou experimentální techniku. Prof. Morris má přístup k synchrotronu a dalším špičkovým technickým zařízením, takže nám v tomto ohledu poskytl vydatnou pomoc.

K navázání těsnější spolupráce s prof. Morrisem napomohlo i to, že před dvěma lety MŠMT vypsalo velmi štědrý grantovou podporu projektům, jejichž řešitelům se podaří přivést do ČR alespoň na poloviční úvazek nějakého skvělého zahraničního odborníka. Kolegové z Přírodovědecké fakulty UK s prof. Russellem Morrisem tento projekt připravili a ve velké konkurenci uspěli.

Na konci roku 2017 jsme díky tomuto grantu získali „supermikroskop“, což představuje opět obrovský krok kupředu v našem výzkumu, a to v oblasti charakterizace materiálů. Jeden z mých studentů strávil u prof. Morrisem rok na stáži a elektronové mikroskopii dnes výtečně rozumí, takže získané znalosti při práci s tímto novým přístrojem jistě zúročí.

Váš výzkum nepochybně vyžaduje širokou mezinárodní spolupráci; kdo jsou vaši nejbližší partneři?

V akademické sféře spolupracujeme jednoznačně nejtěsně-

lem s univerzity ve španělské Zaragoze, kde je veliké evropské centrum mikroskopie. Úspěšně spolupracujeme také s nesmírně zkušeným „praktikem“ Wieslawem Rothem z Jagellonské univerzity v Krakově. V komerční sféře jsme úspěšně spolupracovali například s již zmíněnou Spolchemií z Ústí nad Labem.

Nejdůležitější ale je, že v rámci zmiňovaného projektu CUCAM (Charles University Centre for Advanced Materials) jsme vytvořili excelentní mezinárodní tým, ve kterém je z 16 vědců polovina zahraničních.

Jaká další ocenění jste vy a členové vašeho týmu za svou badatelskou činnost získali?

Kromě ceny Wernera von Siemense jsem získal v roce 2014 Cenu předsedy Grantové agentury ČR a v roce 2016 spolu s prof. Nachtigalem a Pavlou Eliášovou, mou bývalou studentkou, cenu Bedřicha Hrozného, což je cena rektora Univerzity Karlovy. Myslím si však, že daleko významnější jsou ceny, které získali moji studenti. Jan Přeč a Pavla Eliášová obdrželi cenu Jean-Marie Lehna, což je cena, kterou organizuje francouzská ambasáda pod záštitou laureá-

Zásadní přínos objevu,

který se podařil týmu profesora Čejky, spočívá v navržení a potvrzení nového mechanismu syntézy zeolitů s řízenou velikostí pórů, což otevírá netušené možnosti při navrhování nových typů zeolitických katalyzátorů pro důležité průmyslové procesy.

věděli na základě teoretických výpočtů, které naznačily, jak by se vrstvy daly posunovat a spojovat. Brzy poté jsme začali spolupracovat s profesorem Russellem Morrisem ze skotské University of St Andrews. Důvodem této spolupráce bylo to, že tyto materiály není úplně lehké přesně charakterizovat, resp. u nás k tomu nemá-

ji s výše uvedeným prof. Morrisem. Již několik mých studentů u něj absolvovalo několikaměsíční stáže. On zase bývá kvůli již zmíněnému projektu velmi často v České republice. Díky němu spolupracujeme ještě s několika institucemi, kde máme přístup na synchrotron. Výbornou spolupráci máme s Alvarem Mayora-

ta Nobelovy ceny prof. Lehna. Pavla Eliášová pak získala ještě cenu Česká hlava v kategorii Doctorandus a cenu Neuron. Laureátem ceny Neuron je rovněž Maksym Opanasenko. Michal Mazur obdržel Hlávkovu cenu. Vzhledem k tomu, že jde o ocenění za poslední tři až čtyři roky, řekl bych, že je to docela úspěšná skupina.

Jaké máte s touto skupinou další plány?

Mým cílem je pomoci jejím členům v jejich profesním rozvoji, protože všichni jsou nesmírně nadaní, pracovití a mají dobrou „týmovou chemii“. Rád bych, aby si našli i trochu jiná témata, protože mají před sebou ještě spoustu let. Třebaže zeolity vždy budou velmi důležité, pokud si oblast zájmu trochu rozšíří, tak i z hlediska získávání grantů jim to jen pomůže.

Petr Jechort

ZEOLITY

patří do skupiny materiálů, kterým se říká molekulová síta. Tyto materiály umožňují řízeně rozdělovat molekuly. V současné době zeolity představují nejdůležitější průmyslové katalyzátory, které našly rozmanité využití při zpracování ropy, v petrochemii nebo při přípravě speciálních chemikálií. Jejich velkou předností je to, že neškodí životnímu prostředí. Uplatňují se také v adsorpčních procesech, zemědělství nebo medicíně a nahradily třeba škodlivé fosforečnany v pracích práscích.