

Od uhlí k jantaru

Uhlí, vzorky z uhelných hald či prachovnice s polétavým prachem, pryskyřice dnešní i fosilní včetně obdivovaných jantarů procházejí rukama **Martiny Havelcové z Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR**. Dokáže z nich vyčíst podrobnosti o vegetaci, klimatických poměrech a nejrůznějších dějích v dobách nedávných i dávno minulých. Společným jmenovatelem všeho, co ji zajímá, jsou organické sloučeniny, často rostlinného původu.

■ Stojíte v čele oddělení geochemie, které se zabývá výzkumem složení, struktury a vlastností hornin včetně uhlí a odvozených materiálů, a využíváte metody povrchové chemie, geochemie a petrologie. Co vás k této problematice přivedlo? Tíhla jste k ní už od mládí?

Vystudovala jsem obor analytická chemie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy a ze školy šla rovnou na mateřskou dovolenou. Se dvěma dětmi jsem byla doma 10 let. Když jsem hledala, kam bych šla pracovat, volba padla na Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR. Musela jsem se ale trochu přeorientoval na horniny a další materiál, doučit se nové typy vzorků a jaké přístroje na ně používat.

■ Se kterými horninami pracujete nejčastěji? Specializovala jste se konkrétně na nějaký typ, nebo takřkajíc „berete všechno“?

Zaměřujeme se na organickou geochemii, což znamená, že studujeme procesy vzniku a kumulace organické hmoty v horninách a obecně v geologických materiálech, charakterizujeme biologické zdroje a paleoprostředí, ale věnujeme se i produktům nedokonalého spalování v souvislosti se znečišťováním prostředí, stejně jako problematice oxidu uhličitého jakožto skleníkového plynu. Jsme vlastně jediné pracoviště v České republice orientované přímo na organické materiály či organické sloučeniny v horninách. Portfolio našich vzorků

je relativně velké, protože organických sloučenin může být ve zkoumaných materiálech větší množství, například v uhlí, ale mohou tam být jenom nějaké drobné organické příměsi – tak je tomu v běžných horninách, téměř všude najdete nějakou organickou příměs. O to složitější je tyto exempláře analyzovat. Jejich škála je opravdu široká. Samozřejmě pro zpracování je nejjednodušší, když organických sloučenin obsahují hodně, jsou pro mne nejsnazší. Z toho důvodu jsem také po nástupu do Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR začínala s uhlím – na něm jsem se učila vzorky zpracovávat, analyzovat, vyhodnocovat.

■ Zřejmě to znamená, že jste porovnávala uhlí z různých nalezišť a zjišťovala rozdíly v chemickém složení v souvislosti s prostředím, v němž uhlí vznikalo. O čem přesně vaše chemické analýzy vypovídají a odvíjí se od jejich výsledku případně také doporučení, jestli se dá dané uhlí využít jako energetická surovina či raději k jiným účelům?

V Akademii věd provádíme základní výzkum, takže otázka využití – energetického či jiného – je spíše vedlejší krok. Primárně se zabýváme procesem vzniku: jaké pochody mohly probíhat, proč vzniklo uhlí takové, jaké ho nyní máme. Jelikož uhlí je v našich podmínkách především rostlinného původu, zásadní jsou samozřejmě prvotní rostliny, které podstatně »





Lesklý antracit – nejvíce prouhelněné a nejvůhovější uhlí (Čína). Jantar – fosilní pryskyřice (Malajsie).

ovlivňují charakter uhlí, ale důležité jsou i okolní podmínky: jestli šlo o prostředí s větším nebo menším přístupem vzduchu, respektive kyslíku, jestli bylo vlhké, kyseléjší nebo zásaditější. Roli hrají i teplota a tlak, potažmo klima. Analýzy ukazují, z jakého rostlinného společenství uhlí vznikalo, za jakých podmínek a s jakými vlastnostmi.

■ Dnes už, jak vyplývá z vašich slov, zpracováváte daleko širší spektrum materiálů – pokud vím, nyní se více zaměřujete na fosilní dřevo a fosilní pryskyřice. Proč?

Jednou z příčin je, že obsahují organické složky úplně ze všeho nejvíc a dobře se s nimi pracuje. Fosilní pryskyřice vlastně každý zná – jsou to hlavně jantary. Už mám docela velké portfolio různých vzorků a dělám jejich rozbor. Obecně je známý jantar baltský nebo třeba z Malajsie, ale málokdo ví, že i na našem území lze najít fosilní pryskyřici typu jantar, která vznikla zde u nás. Naše naleziště sice nejsou bohatá a jantar z nich se nevyužívá pro šperkařství, jako třeba baltský, nicméně je to též pozoruhodný materiál. Vznikl ovšem z jiných rostlin a za jiných okolností.

■ Zjišťujete tedy, jestli se jich na našem území vyskytuje více typů, na jakých podmínkách jejich vznik závisel apod.?

Přesně tak. Pryskyřici všichni známe, asi každý si do ní někdy sedl nebo na ni sáhl a nemohl se jí zbavit – klasická „smůla“, jak se jí lidově říká. Je však mimořádně zajímavá díky tomu, že za vhodných podmínek, když je ukrytá bez přístupu vzduchu, může přetrvat miliony let. Výhodou je, že se dobře zpracovává. Nemusím ji nijak upravovat, abych zjistila její chemické složení: zajímá mě, jaké organické sloučeniny v ní dokážu identifikovat. Podobně jako v případě uhelných vzorků umím na jejich základě s větším či menším úspěchem říct, jaká rostlina –

zpravidla jehličnan, protože pryskyřice produkují hlavně jehličnany – mohla být tou původní, jaký strom danou pryskyřici, později zkamenělou do podoby jantaru, vytvořil. Naše území se samozřejmě liší, i v minulosti se odlišovalo třeba od tropických oblastí Jižní Ameriky nebo naopak severní Asie, tudíž zde bylo jiné i rostlinné společenství. Odlišné jsou proto také vlastnosti zdejší pryskyřice, respektive jantaru. Proto už jen porovnání různých jantarů z celého světa je velice zajímavé – ukazuje, jak rozdílné je složení různých pryskyřic a zastoupení biomarkerů v nich.

■ Z jakého časového období pocházejí pryskyřice, resp. jantary, které zkoumáte?

Nejstarším je asi 100 milionů let.

■ Použila jste slovo biomarkery – co přesně z vašeho hlediska tento termín znamená?

Biomarkery jsou chemické sloučeniny pocházející z rostlinného materiálu, například – jako při vzniku uhlí – z těl pradávných rostlin. Rostlina odumře, zapadne do bažiny, a pokud k ní nemá přístup kyslík, nedochází k jejímu klasickému rozkladu. Dopadají na ni další a další zbytky rostlin a vzniká vrstva, která

je zatlačována stále níž a níž. Z ní posléze vzniká nejprve rašelina, poté hnědé uhlí, pak černé a antracitové uhlí. V průběhu tohoto procesu se chemické sloučeniny, jež tvořily původní rostlinu, sice přeměňují, ale jejich struktura zůstává do určité míry zachována. A tyto fosilní molekuly jsou právě oněmi biomarkery, které svými rozborů zjišťujeme. V klasických případech jde o uhlovodíky, například alkaný, terpenoidy či steroidní látky

apod. Na základě jejich zastoupení dokážeme stanovit výskyt jehličnanů nebo listnatých stromů, přibližně jakých druhů, zda byly přítomné vodní rostliny či v mořském prostředí řasy, jestli se na rozkladu rostlinné hmoty podílely bakterie. Stadium rozkladu a přeměna původní rostliny také prozradí, jak dlouho pobývala v daném prostředí a nakolik je přeměněná, jinými slovy kdy k rozkladu došlo.

■ Mohou vaše poznatky týkající se jantaru pomoci upřesnit nějaké vývojové řady rostlin, jsou získaná data zajímavá pro výzkum pradávných epoch apod.?

Jantar je mimořádný fenomén proto, že si dokázal za určitých podmínek udržet jakýsi „otisk prstu“ dávno minulého prostředí. Význam má ovšem pro paleontologů i paleoarcheologů, protože pryskyřice se historicky používaly nejen ve šperkařství, ale nacházejí se i v Egyptě u mumii jako konzervační látky. Naše analýzy mohou být určující pro definování, jaké pryskyřice nebo jiné materiály se k těmto účelům používaly.

■ Jantarů máte spoustu, většinou maličké kousíčky, je mezi nimi jeden úplně černý... Laik by v nich často jantar ani nepoznal. Jak dlouho se jimi zabýváte?

„Mé nejstarší vzorky jantaru jsou staré 100 milionů let.“
–Martina Havelcová–

Zhruba pět let, možná o něco déle. Začalo to spoluprací se Severočeskými doly. Jednou mi přinesli vzoreček materiálu, protože chtěli zjistit, jestli jde o fosilní pryskyřici. Pak už se to nabalovalo – dostávala jsem vzorky z úplně jiných lokalit. Jantar navíc nemusí v hornině tvořit nějakou pecičku, ale může v ní být rozlitý, jak do ní pryskyřice natekla, přikryla se dalšími vrstvami sedimentů a zůstala tam zakonzervovaná. Začalo to tedy nenápadně, ale zjistila jsem, že jde o téma ohromně zajímavé, a dnes už jsem opravdu sběratelka.

■ Překvapilo vás něco při jejich analýzách – a budete v nich pokračovat?

Podali jsme nějaké projekty související s jantary a čekáme, jestli vyjdou. Nezaměřují se přímo na analýzy jantarů, ale navazují na naše výsledky. Při výzkumu vzorků z jedné oblasti jsme totiž zjistili odlišnosti nikoli v chemickém složení, ale v poměru identifikovaných sloučenin. Mne tenkrát napadla otázka, jestli rostoucí jehličnan produkuje po celý svůj život stejnou pryskyřici se stále stejným složením, nebo zda je jiná na jaře a na podzim, když je malý a když vyrostl. Navázali jsme proto spoluprací s Botanickým ústavem AV ČR v Průhoncích a domluvili se, že si u nich můžeme brát pryskyřici z vybraných stromů – takže vždy na jaře, v létě a na podzim odebíráme pryskyřice, což znamená nikoli pradávné, zkamenělé, ale soudobé. Analyzujeme je a hledáme případné rozdíly: jestli jsou zastoupeny stejné sloučeniny a zda se mění, nebo nemění jejich koncentrace.

■ Čemu jinému kromě jantarů se věnujete?

Do odborného časopisu jsem právě například poslala článek o půdách v Krkonoších. Analyzovali jsme vzorky odebrané z oblasti bývalého „černého trojúhelníku“ s cílem určit, jak

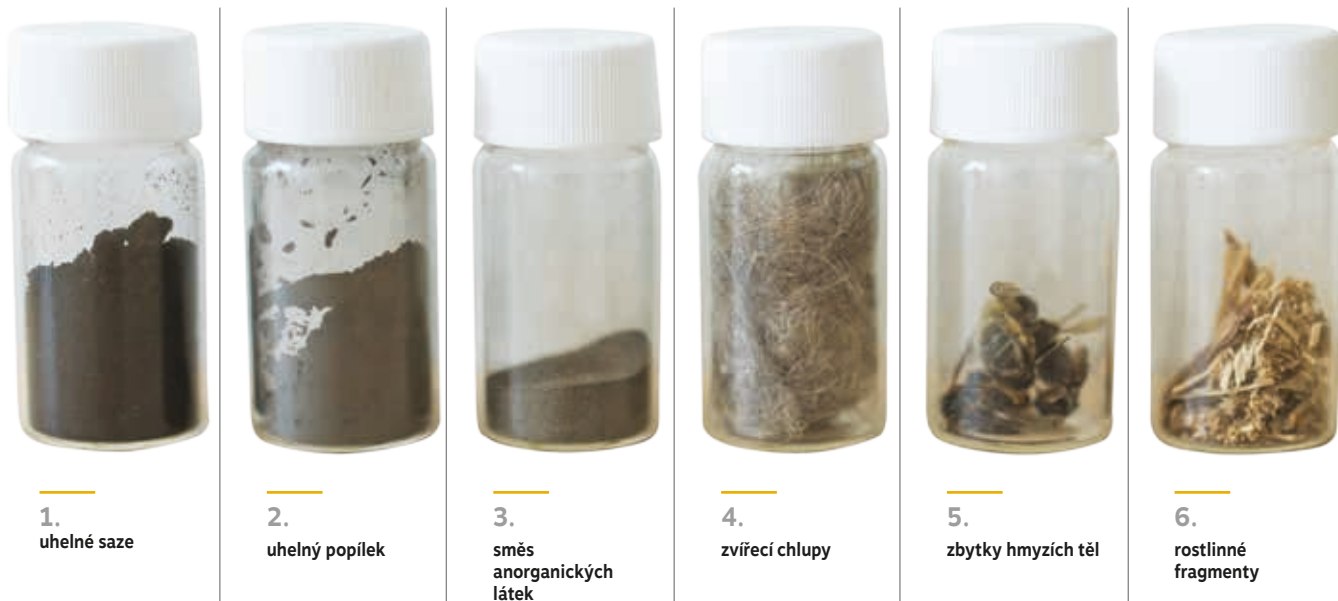
se znečištění ovzduší v osmdesátých letech minulého století projevilo na složení krkonošské půdy. Z pohledu organické chemie – protože půdu samu tvoří z velké části rostlinné zbytky – jsme se zaměřili na rostlinné lipidy, což jsou mastné kyseliny, resp. sloučeniny příbuzné mastným kyselinám. Sledovali jsme, jak jsou v půdě uchované a jak se v ní přeměňují. Právě rychlost přeměny a podmínky v půdě naznačují intenzitu znečištění, protože nefungují procesy, které by fungovat měly, rozklad probíhá jinak a výsledkem je i odlišné složení půdy. Teď chceme na stejnou lokalitu zajet znovu a podívat se, zda se něco změnilo po útlumu emisí skleníkových plynů na konci minulého století.

■ Vaše práce se z velké části točí kolem určování organických látek v nejrůznějších vzorcích. Jak dlouho průměrně trvá, než se připraví k rozboru?

Ze vzorků je potřeba extrahovat organické sloučeniny – extrakce je něco jako louhování čaje, pouze nepoužijete vodu, ale organické rozpouštědlo. Když je organických sloučenin ve vzorku hodně, stačí použít ultrazvuk. Pokud je v něm ale organické málo, používáme extraktor, kde rozpouštědlo cirkuluje přes vzorek třeba osm hodin, vše se ještě zahřívá – a to se opakuje třeba i několikrát, abychom získali potřebnou koncentraci. Může jít i o několikadenní proces. V případě složitější matrice nebo přílišné koncentrace extrahovaných látek ještě extrakt různě dělíme na více komponent a ty pak jednotlivě analyzujeme.

■ Škála projektů, které řeší vaše oddělení, je ale daleko širší, než jsme zatím zmínili, a má několik směrů. Namátkou uvedu z vašich webových stránek studium sorpčního chování CO₂ za superkritických podmínek při jeho ukládání

Prašný spad ovlivňují místní zdroje a může obsahovat:



do uhelné hmoty v závislosti na jejím složení. Dále třeba výzkum anorganické a organické hmoty břidlic a jejich potenciální plynonosti, vztah mezi pórovitostí a distribucí pórů a fyzikálními vlastnostmi sedimentárních hornin, zejména pískovců, kdy pórový prostor významně ovlivňuje mechanické a fyzikální vlastnosti i odolnost vůči zvětrávání. Předmětem bádání je rovněž uhlí jako sediment, palivo a perspektivní surovina, stejně jako jezerní sedimenty, které jsou spolu s uhelnými usazeninami citlivými indikátory změn prostředí, klimatu, vegetace, eroze a tektoniky. Zkoumáte i zvětrávání sedimentárních hornin a jejich mineralogii atd. Které směry jsou podle vašeho názoru stěžejní nebo vám nejbližší?

Například letos končí projekt, který se věnuje vyhořelým uhelným haldám. Analyzujeme odebrané vzorky, zjišťujeme jejich složení organické i anorganické, to znamená prvkové a minerální. Sledujeme, jaké potenciálně nebezpečné prvky, případně sloučeniny se z hald vyluhují. Jde o docela zajímavou problematiku, protože lidé si myslí, že když halda vyhoří, už se v ní nic neděje. Není to ale pravda, protože právě prostřednictvím vyluhování a procesů, které probíhají uvnitř a nejsou vidět, haldy dál ovlivňují prostředí v celém svém okolí. Také jsme zapojeni do Strategie AV21 a v rámci výzkumného programu *Přírodní brozby* zpracováváme téma prachu a prachových částic. Ve spolupráci s Geologickým ústavem AV ČR vytváříme databázi prachových částic, která bude veřejně přístupná a v níž si kdokoli bude moci na základě času nebo polohy vyhledat, kde všude se jaká prachová částice určitého prvku nebo minerálu vyskytuje a vyskytovala.

■ Čili zjistím, jaký prach na mne padá kupříkladu v centru Prahy?

Třeba. Samozřejmě už máme nějaké vzorky prachu odebrané a budeme je dál sbírat, analyzovat a doplňovat. Takže si snadno můžete zjistit, jaký prach na vás padá třeba v pražských Vršovicích. Budou tam ovšem vzorky z celého světa, protože zejména experti z Geologického ústavu AV ČR hodně cestují a přinášejí stále nové.

■ Na polici máte velkou sklenici plnou nevzhledných, tmavě šedých chuchvalců čehosi... I to je prach z vašich projektů? A co obsahuje?



Ano. Dostala jsem se do vnitřních částí katedrály sv. Víta, na horní ochozy, kam nikdo běžně nechodí. Byla tam spousta prachu, nedokážu odhadnout, jak dlouho tam ležel, ale byly ho opravdu nánosy. Z nich jsem odebrala vzorky, mám je zpracované a budou také zahrnuty do naší databáze. Z organických sloučenin jsme v nich našli polycyklické aromatické sloučeniny, které jsou obecně produktem nedokonalého spalování, takže odrážejí znečištění v Praze – v současnosti jde spíše o důsledek dopravy. Projevíly se však rovněž pozůstatky lokálního spalování uhlí: lidé sice přecházejí na ekologičtější zdroje, ale v minulosti se zejména ve starých domech v centru Prahy používala kamna a topilo se uhlím a bůhví čím dalším, což se v našich rozborech také projevílo.

■ Zhruba před třemi roky jste oznámili výsledek jiného výzkumu, který vás vedl – v případě Ústavu struktury a mechaniky hornin poněkud nečekaně – do oblasti medicíny. Ve spolupráci s kolegy z Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, Vysoké školy chemicko-technologické v Praze a Fakultní nemocnice v Plzni jste zjistili, že za chorobami srdečních chlopní jsou i další faktory, o nichž se dříve nevědělo. Můžete připomenout podrobnosti této práce?

Dostali jsme k analýze vzorek srdeční chlopně postižené aortální stenózou, což je často operovaná srdeční vada, způsobená fakticky mineralizací a zúžením aortální srdeční chlopně. Zadavatel chtěl vědět, jestli našimi metodami získáme nějaké zajímavé výsledky, což se skutečně stalo: určili jsme, že chorobné zúžení (stenóza) srdeční chlopně je způsobeno nejen usazováním vápníku, tzv. kalcifikací, jak se předpokládalo, ale i dalších prvků, např. fosforu. V usazeninách jsme objevili také cholesterol a proteiny, které se podílejí na tvorbě kostí. Získané poznatky by se mohly využít k účinnější prevenci, popřípadě i k vývoji nových metod léčby této poměrně rozšířené choroby. ■



Prach z horních ochozů (vnitřního triforia) katedrály sv. Víta v Praze

Mgr. Martina Havelcová, Ph.D.

- Vedoucí oddělení geochemie Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR
- Místopředsedkyně rady pracoviště
- Zaměřuje se na organicko-chemickou analýzu uhlí a organicky bohatých hornin, zjišťuje sorpční schopnosti nízkoenergetického uhlí a huminových látek.
- Studuje pozůstatky nedokonalého spalování fosilních paliv, biopaliv a biomasy v prostředí.
- Zkoumá složení organického materiálu s cílem zjistit sedimentační procesy a historii organického materiálu.
- Zabývá se organickými sloučeninami a procesy ve stavebních prvcích historických památek.
- Letos dokončuje projekt týkající se systému aktivního zachytu znečišťujících látek neboli polutantů srážkových vod pro normu ČSN 759010 popisující rozsah a způsoby provádění geologického průzkumu pro vsakování srážkových povrchových vod. Současně řeší též projekt zaměřený na polycyklické aromatické uhlovodíky a toxické těžké kovy v půdách z industrializovaných oblastí El-Tabbin a Shoubra El-Kheima v Egyptě.
- Je autorkou nebo spoluautorkou studií týkajících se vztahu organických materiálů a vybraných prvků v různých matricích: vlivu uranu na organické složení uhlí a jantaru; toxikologicky významných prvků a sloučenin v pevných prachových částicích, uhelných haldách a půdě; sorpce vybraných kovů na uhelné látky.
- Vystudovala Přírodovědeckou fakultu Univerzity Karlovy, obor analytická chemie, tamtéž absolvovala doktorské studium.
- V roce 1993 pobývala na Università degli Studi di Genova v Itálii.
- Je členkou České společnosti chemické a The Society for Organic Petrology.
- Významnou část její práce tvoří popularizace vlastních vědeckých výsledků i poznatků Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR.