

Budou nám těžit

Těžké kovy jsou prvky obsažené v zemské kůře v nepatrných množstvích. Drahé kovy se člověk od pradávna snažil získávat a využívat pro výrobu nástrojů, ozdobných předmětů, ale i jako platidla. Na druhé straně se těží řada prvků, které se stávají nebezpečnými v životním prostředí. Jak se jich zbavit?

FOTO: FLICKR.COM

zlato

zelení horníci?



» Těžké kovy se dostávají do přírody především z těžebního a metalurgického průmyslu. Dále pak putují do zvířecích a lidských organismů.

Do přírody se dostávají především z těžebního a metalurgického průmyslu. Dalším významným zdrojem byly v minulosti hnojiva (superfosfáty) s nedostatečně kontrolovaným obsahem těžkých kovů. Tady přichází věda s přirozenými pomocníky. Jsou jimi rostliny, které dokážou těžké kovy z půdy odstranit, a co více, pomocí moderních postupů je můžeme využívat jako horníky k dobývání drahých kovů.

Sluha musí být pod kontrolou

Jakmile se tyto prvky jednou dostanou do oběhu, je velmi těžké je znovu někde uložit, protože nepodléhají rozkladu a hromadí se v organismech podél celého potravního řetězce.

Mají přitom mnoho negativních účinků na přírodu a na lidské zdraví již ve stopových koncentracích. Mezi nejznámější toxické těžké kovy patří kadmium, olovo, arsen a rtuť ve svých rozpustných formách, mezi další nebezpečné kovy patří nikl, kobalt, chrom a selen, bez viny nejsou dokonce ani zlato a stříbro. Jejich význam je obrovský a lidstvo budou provázet i nadále, pokud budeme chtít zachovat technologický pokrok. Jen bychom se měli pokusit s těmito vzácnými prvky lépe zacházet a kultivovaně se k nim chovat.

V čem je nebezpečnost těžkých kovů?

Jak vlastně mohou těžké kovy škodit? V živých buňkách jsou prvky kovů nezbytnou součástí. Dokonce jsou schopny řídit nepřehrně množství chemických reakcí v těchto buňkách jako součást enzymů. Pokud je však těchto prvků moc, začnou působit jako inhibitory řady enzymů, zjednodušeně řečeno brání jejich činnosti a tím brání správnému průběhu životních funkcí. Mohou ovlivnit například dýchání, získávání živin, růst, rozmnožování a obranyschopnost organismu.

Prvkem, který způsobuje hromadné otravy lidí více než dva tisíce let, je olovo. Olovo se používalo pro své vynikající vlastnosti pro výstavbu vodovodů. Přílišně používání takové vody s vysokou koncentrací olova vede k chronické otravě. Ta se projevuje bledostí, sklíčenou náladou, vyhublostí, agresivitou a u dětí může způsobit až mentální retardaci. Chronická otrava olovem byla dříve označována jako »nemoc klaunů«. Chlo-

FOTO: WEB.MADRIELES



» Mezi nejznámější toxické těžké kovy patří olovo a rtuť

rid olovnatý je totiž prášek bílé barvy, který se výborně hodí jako lícidlo, a proto byl takto po několik staletí používán. »Smutek klauna« byl vysvětlován jako kompenzace jeho veselosti na jevišti. Další nebezpečný těžký kov, kadmium, může v případě chronické otravy způsobovat neplodnost, poškození jater, plic a kostí, rakovinu a poškození zárodků v těle matky.

21. STOLETÍ vysvětluje:

Podle jedné z definic jsou těžké kovy skupinou prvků mezi mědí a olovem v periodické tabulce prvků – jejich atomové číslo se pohybuje v rozmezí 63,546 až 200,590 a specifická hmotnost je větší než 4.

ILLUSTRACE: WIKIMEDIA

OTRAVA TĚŽKÝMI KOVY

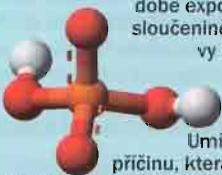
Akutní otrava – důsledek jednorázového nebo krátkodobého vystavení toxické sloučenině.

Projevuje se zpravidla méně výraznými či vážnějšími klinickými projevy. Při vysoké koncentraci toxické sloučeniny může vést ke smrti jedince.

Cd	In	Sn	Sb
Hg	Tl	Pb	Bi

Chronická otrava – důsledek dlouhodobé expozice toxické sloučenině. Klinické projevy nejsou nezbytně patrné a jedinec dlouhodobě přežívá.

Umírá často na jinou příčinu, která však s toxickou sloučeninou může mít souvislost. <<



Zvířata nebezpečné místo opustí

Živočiškové se mohou z kontaminovaných oblastí relativně snadno přesunout jinam. To bylo zcela nedávno prokázáno na koloniích mořských ptáků. V případě, že se udílí na místě s vysokou koncentrací kadmia, toto místo do několika týdnů hromadně opustili. Rostliny si bohužel příliš vybrat nemohou a musí růst tam, kde vyklíčila jejich semena či kam doputovaly svými šla-

FOTO: UNS.PURDUE.EDU



FOTO: PURDUE.EDU

» Pomocí výčnělků – trichomů – transportuje rostlina jedy do svých okrajových částí

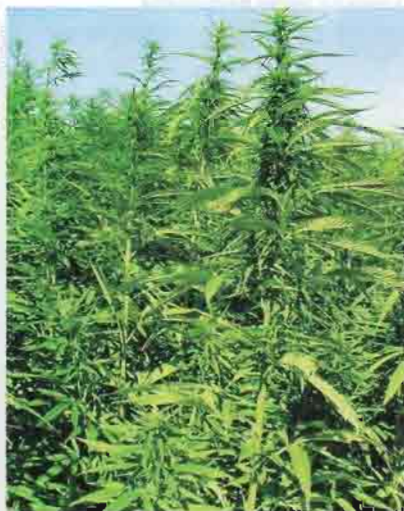


FOTO: NINA WIEN.AG.AT

» Jedním z adeptů na těžbu kovů z půdy je technické konopí

houny. Také jejich možnosti zbavit se jednou přijatých látek jsou omezené. Nezbyvá jim nic jiného, než takovéto látky rozložit a zabudovat do svého těla a nebo je aspoň přesunout někam, kde budou škodit co nejméně. Proces příjmu těžkých kovů sice rostlina může kontrolovat, ale jen do určité míry. Pokud příjem kovu přesáhne únosnou hranici, musí rostlina vyřešit již klasickou otázkou: Kam s ním? Těchto možností je celá řada, např. ukládání ve vakuolách (jednoduchou membránou ohraničený prostor v buňkách rostlin) nebo transport do okrajových částí rostliny. Takovým místem jsou třeba také drobné výrůstky na listech nebo stoncích – trichomy.

» Vědci testují v laboratorních podmínkách schopnost rostlin vytěžit těžké kovy z půdy

21. STOLETÍ vysvětluje:

Trichom («chlup») je dlouhý výčnělek na pokožce rostlin, vznikající z pokožkových buněk rostlin. Může být jedno- i vícebuněčný.

Rostliny-záchranářky

Schopnost některých rostlin odstranit těžké kovy nebo i jiné látky z kontaminované půdy

je již běžně používána v procesu zvaném fytoremediace. Tato nápravná technologie byla poprvé použita v roce 1953 na Urále, který byl velmi silně zasažen v důsledku těžebních aktivit. Umožňuje elegantní způsob odstranění těžkých kovů jednoduše tak, že se zasažená půda osází těmito rostlinami, které se po skončení růstu sklídí. Tento proces je podle potře-

HORNÍCI MEZI ROSTLINAMI

Některé rostlinné druhy, tzv. **hyperakumulátory**, vynikají schopností hromadit těžké kovy, bohužel se většinou jedná o velmi malé rostliny, které produkují málo zelené hmoty a jsou vázané na konkrétní klimatickou oblast. Velký potenciál pro akumulaci těžkých kovů mají například **penízek rolní** (*Thlaspi cerulescens*), **řepka olejka** (*Brassica oleracea*), **huse-**

niček rolní (*Arabidopsis thaliana*), **slunečnice roční** (*Helianthus annuus*), **vojtěška** (*Medicago sativa* nebo *Alyssum bertolonii* a *Berkheya coddii*). Schopnost hyperakumula-

ce těžkých kovů mají také houby a někteří **paraziti**, díky kterým jsou jejich hostitelé schopni přežít takové koncentrace, které by jejich nenapadené «kolegy» spolehlivě usmrtily nebo jim alespoň způsobily závažné potíže. <<



FOTO: STAFFSERVERSTJAMES, WWW.FUNETFI.A.HEALING.ABOUT.COM

by možno opakovat. Postup má oproti klasickým technikám rekultivace půd několik výhod – nejedná se o drastický zásah do krajiny, proces fyto-remediace, při kterém rostlina »sama« vyrostle, je elegantní, ekologickou a levnou metodou, není nutno kontaminovanou půdu odstraňovat, odvázet, louhovat a vracet na původní místo. Použité rostliny jsou jednoduše sklizeny a poté obvykle spáleny ve spalovně nebezpečných odpadů, další cestou je kompostování sklizených rostlin nebo chemická

Rostliny jako horníci?

Ložiska vzácných prvků jsou vytěžená a jejich množství v půdě je pro současné postupy prakticky nedobytné. Zde mohou nastoupit rostlinní horníci. Tento proces se nazývá fytomining (fytodolování, fytodobývání) a lze jej s úspěchem použít pro získávání kovů z půd, kde by se klasická těžba nevyplatila. Tuto metodu je možné použít pro těžbu thallia, kobaltu, uranu, niklu, kadmia, mědi a manganu. Celý postup je tedy opravdu naprosto

sud bylo zjištěno, že se jedná především o kovovou formu. Výzkum je v této oblasti na začátku, ale prude se rozvíjí a není daleko doba, kdy místo bagrů bude těžbu zajišťovat pole krásně kvetoucích rostlinných horníků.

Budou rostliny produkovat nanočástice?

Vědci na univerzitě v Sydney pěstovali rostliny řepky (*Brassica juncea*) a vojtěšky (*Medicago sativa*) v půdě obohacené ionty stříb-



FOTO: WWW.HEATONSFERNS.COM.AU

» Kapradina křídelnice si dokáže pošmáknout na jedovatém arzeniu

extrakce za účelem vyšší koncentrace kovů. Takovými rostlinami mohou být například technické plodiny, len či konopí. Vybrané druhy konopí dokonce slouží pro získávání uranu ze znečištěných vod – mohou nahromadit až 1,2 g uranu na 10 kg biomasy.

21. STOLETÍ vysvětluje:

Fyto-remediace je definována jako užití různých druhů rostlin k přesunu, akumulaci nebo odstraňování kontaminantů životního prostředí. Fyto-remediace se nejlépe uplatňuje v místech s povrchovým znečištěním a bylo zjištěno, že je účinná jak pro organické sloučeniny, tak i pro anorganické sloučeniny – toxické těžké kovy (kadmium, olovo, rtuť, arsen, stříbro). Fyto-remediace používá pro odstranění těžkých kovů dvě základní strategie – fytodekontaminaci a fytostabilizaci, v případě fytodekontaminace jsou těžké kovy z půdy odstraněny, v případě fytostabilizace rostliny zajišťují, aby se kontaminace půdy dále nerozšiřovala.

» Vědci na univerzitě v Sydney pěstují řepku, která je schopná produkovat nanočástice kovů

elegantní – na jedné straně zbavíme prostředí nepříjemného prvku a na straně druhé získáme strategickou surovinu. Co potřebujeme? Jsou to rostliny, které mohou přijmout takového prvku velké množství. Označujeme je jako hyperakumulující rostliny. Jednou z nich je například kapradina křídelnice (*Pteris vittata*), která dokáže přímo zázračně hltat z půdy nebezpečný arsen. Známé jsou i některé druhy česneku, které si pochutnávají na niklu. Zatím je známo asi 400 druhů rostlinných hyperakumulátorů.

Pro velmi lukrativní těžbu platiny a paladia doposud nejsou žádné takové rostliny známy, pro zlato a stříbro byl nalezen hyperakumulátor zcela nedávno. Experimenty v tomto směru se dělají například s přesličkou. Jednotlivé rostliny se liší ve způsobu ukládání těžkých kovů. K jejich akumulaci může docházet buď v kořenech, listech, případně v celé rostlině. Další otázkou je, v jaké podobě jsou kovy akumulovány, jestli v nerozpuštěné kovové formě či jako soli, ale dopo-



FOTO: WWW.PLANTCARE.COM.AU/PURIOULEDO

» Fytodobývání lze použít pro získávání kovů z půd, kde by se klasická těžba nevyplatila

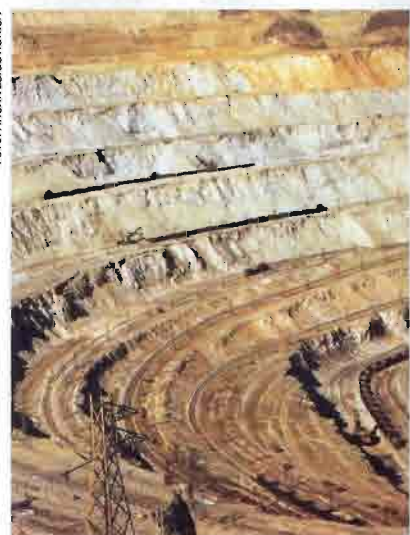
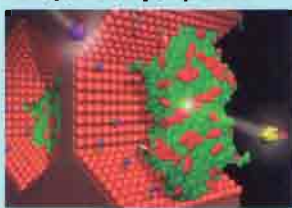


FOTO: ARCHIVES.GOV.ON.CA

» Nekontrovaná pouť těžkých kovů začíná již při jejich dobývání

NANOTECHNOLOGIE PRO IDENTIFIKACI

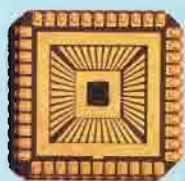
Použití nanočástic také umožní miniaturizaci zařízení používaných pro dia-



gnostiku nebo v elektronice, díky čemuž mohou být například mobilní telefony čím dál menší, možná v blízké budoucnosti na mobil nebudeme potřebovat kapsy a nebudeme při každém příchodím hovoru prohledávat oblečení, tašky, případně celou místnost a nebudeme jej zapomínat v restauracích či tramvajích jednoduše proto, že bude sou-

částí naší ruky v podobě čipu, který bude zároveň plnit funkci všech těch plastových kartiček, na základě kterých nás pustí přes hranice, vydají nám naše (a někdy i cizí) peníze, které pořád někde ztrácíme, zapomenáme PIN a které jsou nezanedbatelným zdrojem plastového odpadu. Vzhledem k tomu, že platební karta váží přibližně

5 gramů, stejně jako různé průkazy, a že pro jednotlivce není problém vlastnit těchto kartiček i 10, v případě jejich často krátké platnosti a životnosti je reálné, že jenom v České republice jsou za rok vyprodukovány desítky tun plastového odpadu tohoto původu, nehledě na kovový odpad z identifikačních čipů. <<



ra a zlata a zjistili, že tyto rostliny opravdu produkují použitelné nanočástice v dostatečném množství. Po nalezení vhodného postupu, jak je z rostlin získat, by mohla být produkce nanočástic výrazně usnadněna. To, že rostliny umějí vyrábět nanočástice, přitom není žádná novinka, vědci zjistili, že rostliny umějí vyrobít nanočástice i ze zlata, uhlíku a jiných materiálů, a pro pěstování nanočástic zkoušeli použít celou řadu rostlin, například slunečnice, salát, řepku a brukev.



FOTO: WIMEDIA.ORG

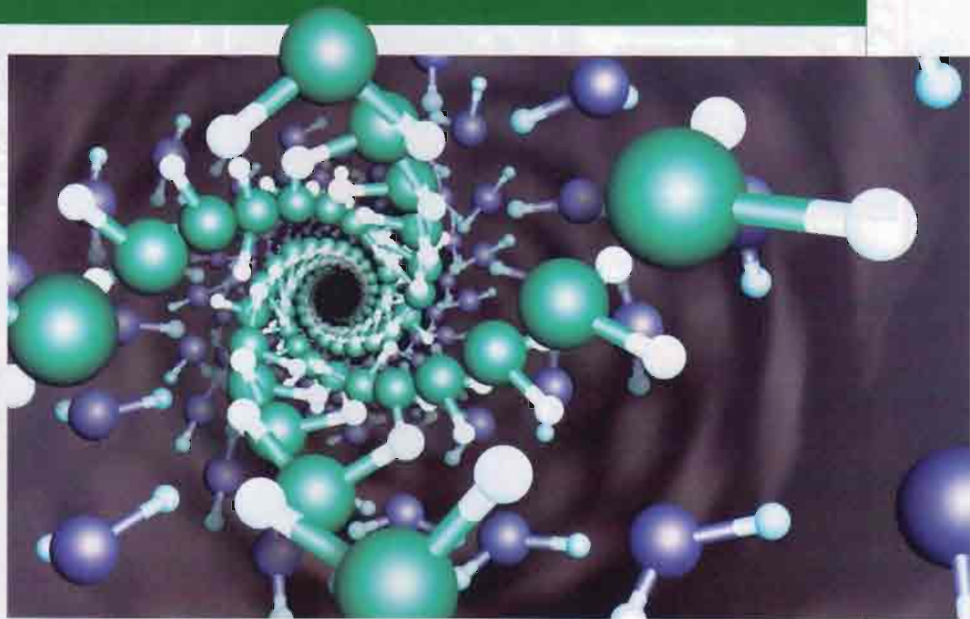
» Pro pěstování nanočástic zkoušeli vědci použít i slunečnice



» Jakmile se těžké kovy jednou dostanou do oběhu, je velmi těžké se jich zbavit

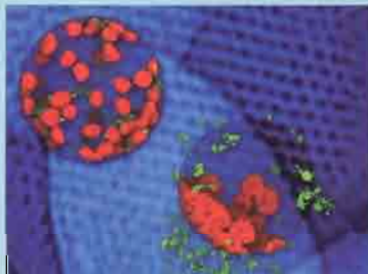
Nanotechnologie a nanomateriály

Předponu nano- v nejrůznějších spojeních kolem sebe slyšíme v nejrůznějších souvislostech, a to i v oborech, kde bychom to určitě nečekali. Jak si vlastně nanočástice představit? Co to vlastně je? V současnosti jsou známé nejrůznější nanomateriály založené buď na polymerních sloučeninách, uhlíku nebo kovech, například stříbrě a zlata. Proč tyto materiály vlastně umožňují miniaturizaci? Pro příklad z našeho »makrosvěta« nemusíme chodit daleko, buď vyhlédneme z okna a s vel-



» Vědci horečně hledají nové nanomateriály, které by umožnily miniaturizaci technických zařízení

NANOTECHNOLOGIE V BUDOUCNOSTI



Nanotechnologie jsou bouřlivě se vyvíjející odvětví vědy a průmyslu, zasahující téměř až do oblastí sci-fi. Pravidelně neznámější představa, spojená s nanotechnologiemi, je robotek putující v našem krevním řečišti a opravující poškozené molekuly, doručující léčivo či likvidující patogenní bakterie či viry.

V dnešním běžném životě mají nanotechnologie poněkud prozaičtější uplatnění – mohou zařídit, aby nám nepáchly ponožky, neleskly se brýle, šaty rychle uschly, méně se špinily a pomaleji hořely, případně aby léky lépe účinkovaly.

kou pravděpodobností uvidíme panelák, nebo se podíváme na svůj psací stůl. Pravidelně je na něm spousta papírů, které jsou možná poněkud rozházené. Až se nám stůl postupně zaplní, buď papíry skončí v koši, nebo je třeba vymyslet nějaký efektivnější způsob jejich skladování. Takže si pořídíme patrový pořadač, který nám umožní jednotlivé hromádky umístit nad sebe a my máme zase místo na hrnek s kafem. Díky použití patrového pořadače jsme vlastně několiknásobně zvětšili plochu stolu, na kterou můžeme písemnosti odkládat. Na stejném principu je založena miniaturizace nanozařízení. Nanomateriály díky své struktuře zvyšují využitelný povrch tím, že tvoří »patra«, i když

v nejrůznějším uspořádání – od vrstviček přes trubičky až ke kuličkám. Efekt je podobný jako v případě paneláků či úklidu našeho přeplněného stolu – zvětšení použitelného povrchu.

Možnosti kovových nanočástic

Použití kovových nanočástic má velký potenciál v celé řadě medicínských a elektronických aplikací. Prvním zábleskem jejich běžného použití jsou ponožky a spodní prádlo s přísadkou stříbrných nanočástic, které zabraňují množení bakterií a tím i vzniku nelibého oděru. V případě masového uplatnění nanotechnologií vyvstává otázka, kde nanočástice vzít a nekrást. Jejich výroba v laboratoři je poměrně náročná, i když se v podstatě jedná o kovové kuličky s velmi malým průměrem. Pokud bychom je mohli pěstovat v rostlinách, zpřístupnily by se tyto technologie širokým vrstvám a otevřela by se cesta k jejich použití i tam, kde to kvůli jejich vysoké ceně doposud není možné.

Tato zjištění jsou zatím jenom první krůčky na mnohakilometrovém pochodu, na jehož konci jsou pole osetá pilně pracujícími rostlinami, které možná, narozdíl od dnešní situace, budou hlavním znakem průmyslově využívané krajiny. Dnešní následky průmyslové výroby – otrávené řeky bez ryb, měsíční krajiny a pustiny, kde po léta nic nevyroste, se stanou minulostí.

Soňa Krížková, Vojtěch Adam, René Kizek

VÍCE SE DOZVÍTE:

Macková, M., Dowling, D. N., Macek, T.: Phytoremediation and Rhizoremediation. Springer 2006.

Mezinárodní organizace: <http://www.phytosociety.org/index.htm>

Mezinárodní časopis zaměřený na uveřejnění problematiky: <http://www.informaworld.com/smpp/title?db=all&content=t713610150>