

POKROK VĚDY A VÝZKUMU

shutterstock

Nanotechnologie *v České republice*

- novinky spojené s vývojem a aplikací nejnovějších vědeckých poznatků
- vynálezy a jejich možné využití v praxi

samostatná příloha odborného časopisu
A-Z ELEKTRO březen/duben 2010

Co je to nanotechnologie

Nanotechnologie je výzkum a technologický vývoj na atomové, molekulární nebo makromolekulární úrovni, v rozměrové škále přibližně 1–100 nanometrů (nm) a aplikace těchto znalostí při vytváření užitečných materiálů, struktur a zařízení.

Mgr. Pavel Tuček, Ph.D.

Faktem je, že nanotechnologie již zdaleka nejsou záležitostí badatelského výzkumu a v podobě konkrétních aplikací stále více pronikají na trh. Očekává se, že v příštích letech tato průřezová vědní disciplína ovlivní téměř všechna průmyslová odvětví a zaplaví trh spotřebním zbožím. Jen světový trh s nanomateriály se odhaduje na tři miliardy dolarů. Z hlediska druhového v něm zaujímají 58% materiály pro elektroniku, 14% pro zdravotnictví a 4% stavební materiály.

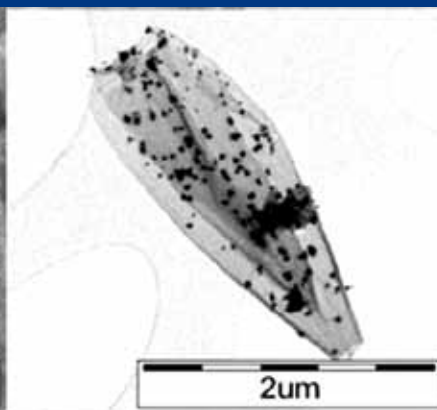
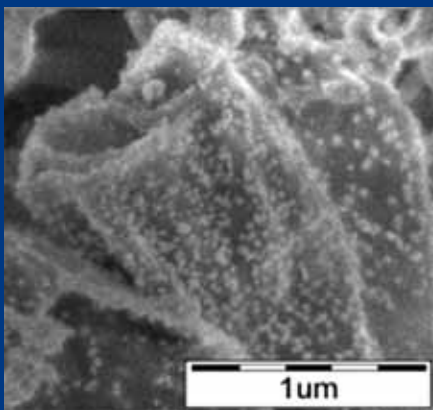
Tento vývoj ženou dopředu obrovské sumy vynakládané ve světě na výzkum nanotechnologií z veřejných i soukromých zdrojů. V USA vyčle-

nili v příštích deseti letech jen na výzkum nanoelektroniky 3 miliardy dolarů.

Pozadu nezůstává ani EU. NANO strategie EU na období 2010-2015 je koncipována Evropskou komisí (EK). Ta připravila Evropskou strategii pro nanotechnologie na léta 2010-2015. Dokument má být hotov do poloviny roku 2010. Na jeho přípravě se podílí také jednotlivé členské státy, včetně ČR. Dle předběžných informací EK má tento dokument být postaven na třech pilířích:

Inovace a výzkum:

- podpora výzkumu a vývoje v oblasti nanotechnologie, který může změnit průmysl



„POČUKROVANÉ ZMRZLINOVÉ KORNOUTY“ ANEB NANOČÁSTICE STŘÍBRA NA POLYMER-NÍ MATRICI JAKOŽTO ANTIBAKTERIÁLNÍ ČINIDLA NOVÉ GENERACE.

Regulační pilíř:

- změny v legislativě nutné vzhledem k postupujícím aplikacím a jejich využívání v praxi

Ochrana spotřebitelů:

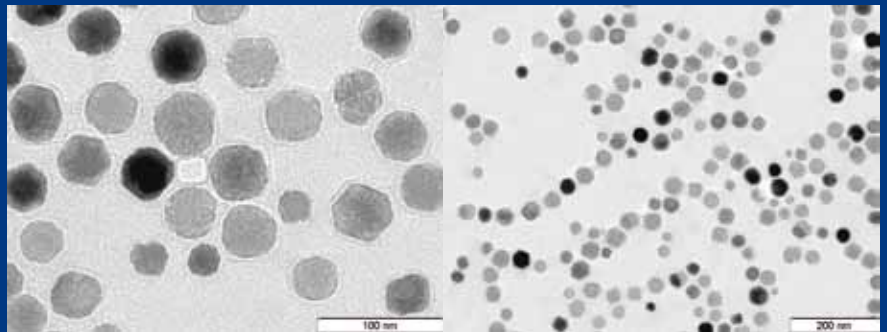
- označování výrobků apod.

Přehled nanovýzkumu v ČR

Nanotechnologiemi se v České republice zabývá téměř 150 subjektů z různých oblastí veřejného a soukromého sektoru. Zájem o tento progresivní obor budoucnosti prudce stoupá. Stejnému trendu, jako v zahraničí, se dostává nanotechnologiím i v ČR, kdy nanotechnologie opouštějí výzkumné laboratoře a dostávají se na trh prostřednictvím různých aplikací, které se stávají konkurenční výhodou pro jejich nositele.

Nanotechnologie se na území ČR prosazují v nových materiálech, komunikačních technologiích, elektronice, medicíně, genetice, pomáhají vylepšit výrobky i zefektivnit výrobní procesy. Je nesporné, že ten, kdo v oblasti nanotechnologií spolupracuje na vývoji, získává časovou a informační výhodu před konkurencí, neboť je připraven na rychlé zavedení nových technologií do praxe.

Výzkum v ČR se v současné době soustředí na přípravu a aplikace pestré škály materiálů zahrnujících například nanočásti-



MAGNETICKÉ NANOČÁSTICE Fe_3O_4 PRODUKOVANÉ MAGNETOTAKTICKÝMI BAKTERIEMI JSOU VYSOCE EFEKTIVNÍ JAKO NÓŠIČE LÉČIV A BIOSUBSTANCÍ.

ce kovů a kovových oxidů, nanovrstvy na bázi keramických materiálů, nanovlákná, kvantové tečky, polymerní nanokomplexy nebo uhlíkové nanostruktury. Výzkum těchto nanomateriálů je směřován do řady medicínských, biologických, ekologických a průmyslových aplikací. Za všechny lze zmínit například cílený transport biologicky aktivních látek a nanosystémů pro terapeutické i diagnostické účely, využití nanostruktur pro přenos genové informace, aplikace nanočástic v katalýze a fotokatalýze, antibakteriální úpravy povrchů nebo využití nanočástic v oblasti čištění vod

a monitorování životního prostředí. Významná část výzkumu je zaměřena také na vývoj zařízení a metod manipulace s nanoobjekty a metrologických metod.



Mgr. Pavel Tuček, Ph.D. (narozen 1980) získal titul Ph.D. v oblasti aplikované matematiky a statistiky. Je uznávaným odborníkem pro své schopnosti interdisciplinární spolupráce. Jeho klíčové aktivity zahrnují pokročilé partie z oblasti aplikované matematiky, statistiky, geostatistiky, fyziky a ekologie. Jeho schopnosti transferu znalostí nejen do komerční sféry, ale také na mladé, talentované a ambiciózní studenty je prokázána účastí v řadě úspěšných projektů v národním i mezinárodním měřítku. V současné době rovněž působí jako člen několika významných akademických orgánů, jako je Akademický senát Univerzity Palackého v Olomouci, jeho ekonomická komise a komise pro informační technologie.

Úspěchy nanovýzkumu v Olomouci

Jednou z významných institucí, která na poli nanovýzkumu působí je Univerzita Palackého v Olomouci. Její současný rektor prof. RNDr. Miroslav Mašláň, CSc. stál ve spolupráci s Doc. RNDr. Radkem Zbořilem, Ph.D. v roce 2005 u zrodu Centra výzkumu nanomateriálů, které se dnes řadí mezi špičková světová pracoviště v oboru. V rozhovoru pro AZ-Elektro sdělil Doc. Zbořil základní informace, které jsou pro spolupráci soukromých firem s výzkumnými institucemi podstatné. Docent Zbořil bude rovněž hostem konference na 18. mezinárodním veletrhu elektrotechniky a elektroniky AMPER 2010, kterou pořádá časopis AZ-ELEKTRO.

Jaké byly počátky nanovýzkumu na UP v Olomouci?

Nanomateriálový výzkum se na UP v Olomouci zrodil přibližně před devíti lety. Zlomovým rokem byl rok 2005, kdy se nám s prof. Mašlánem podařilo získat velké národní projekty MŠMT v rámci programů Výzkumných center a Výzkumných záměrů. Tematicky bylo vzniklé Centrum výzkumu nanomateriálů zpočátku orientováno především na oxidy železa a jejich aplikace v medicíně a průmyslu. Hned od svého vzniku ovšem úzce spolupracovalo s celou řadou průmyslových partnerů. Z mnoha příkladů stojí určitě za zmínku výzkumné práce na optimalizaci výroby červených železitých pigmentů v Přerovských chemických závodech.

Co přineslo pět let činnosti Centra výzkumu nanomateriálů na UP v Olomouci?

Především postupné vybudování velmi mladého a progresivního vědeckého týmu, který dnes čítá přibližně 25 vědecko-pedagogických pracovníků a má věkový průměr okolo 33 let. Do činnosti Centra se v rámci doktorských programů a postdoktorských pracovních pobytů zapojuje také řada zahraničních pracovníků například z USA nebo Řecka. Centrum ročně publikuje okolo 40 prací v nejprestižnějších časopisech materiálového výzkumu jako jsou Journal of the American Chemical Society, Biomaterials, Small nebo Advanced Functional Materials, které mají impaktní faktor vyšší jak 6 a ve kterých obvykle vychází jen práce zásadně ovlivňující výzkum v dané oblasti. Výrazně se také rozšířilo portfolio vědeckých aktivit i průmyslových partnerů, kteří dokonce participují na řešení velkých výzkumných projektů Centra. Příkladem může být zapojení společnosti Aquatest, a.s. do společného projektu Grantové agentury Akademie věd ČR v programu Nanotechnologie pro společnost, v rámci kterého byla vyvinuta technologie velkokapacitní výroby nanočástic nulamocného železa. Tyto nanočástice dnes společnost Aquatest komerčně využívá v moderních ekologicky šetrných technologiích čištění podzemních vod.



Doc. RNDr. Radek Zbořil, Ph.D.

36 let, vědecký ředitel Centra výzkumu nanomateriálů na Univerzitě Palackého v Olomouci.

Autor a spoluautor více jak 100 vědeckých prací a řady patentů v oblasti nanotechnologií. Autor několika kapitol v knihách vydávaných například Americkou chemickou společností nebo Americkým institutem fyziky. Je spoluřešitelem a spoluautorem více jak 30 národních a mezinárodních projektů s úhrnnou dotací okolo 300 mil Kč. Podílel se na vývoji unikátní technologie velkokapacitní výroby a povrchové stabilizace nano-

částic železa, která se dnes běžně komerčně využívá. Pravidelně přednáší na mezinárodních konferencích orientovaných na nanomateriálový výzkum a spolupracuje s předními vědeckými týmy především v USA, Japonsku, Izraeli, Řecku a Švýcarsku. V tomto roce bude jmenován profesorem v oboru fyzikální chemie.

Jen pro zajímavost, v průběhu těch pěti let se pracovníkům Centra podařilo kromě zmiňovaných projektů Výzkumných center a Výzkumných záměrů získat dalších více jak 30 národních a mezinárodních projektů orientovaných jak na základní tak aplikovaný výzkum. Všechny tyto projekty s úhrnnou dotací vyšší než 300 mil. korun jsou spojeny s řadou prestižních publikací, několika udělenými patenty a zavedenými technologiemi, ale také s vybudováním naprosto jedinečného přístrojového parku pro materiálový a nanomateriálový výzkum. Tento park zahrnuje obrovskou škálu mikroskopických, spektroskopických, magnetických a jiných technik potřebných pro komplexní fyzikálně-chemickou, velikostní a morfologickou charakterizaci připravených nanomateriálů.

Některé z nich jako například Mössbauerova spektroskopie ve vnějším magnetickém poli nebo rastrovací elektronový mikroskop jsou z hlediska svých technických parametrů a režimů měření unikátní zařízení svého druhu nejen v republikovém, ale i evropském měřítku.

Jaká je vědecká současnost Centra? Jaké nanomateriály jsou předmětem Vašeho zájmu a proč?

Současné výzkumné aktivity Centra zahrnují syntézu, charakterizaci a studium aplikačních možností nanomateriálů na bázi oxidů kovů, elementárních kovů a uhlíkových nanostruktur. Z oxidů kovů jsou to především magnetické nanočástice oxidů železa, které testujeme jako vysoce účinné heterogenní katalyzátory, kontrastní látky při zobrazová-

ní metodou magnetické rezonance, jako magnetické nosiče pro cílený transport léčiv nebo v léčbě nádorových onemocnění metodou magnetické fluidní hypertermie. Kromě syntetických nanomateriálů využíváme v těchto aplikacích také nanočástice produkované mikroorganismy, například nanomagnetit izolovaný z tzv. magnetotaktických bakterií. Podvojně oxidy šestmocného železa (železany) studujeme z hlediska použití v pokročilých oxidativních technologiích čištění vod. Tyto sanační přístupy by mohly postupně nahradit známé manganistanové technologie, které jsou mnohem méně šetrné k životnímu prostředí. Výzkum v oblasti nanočástic elementárních kovů je kromě zmiňovaného nulmocného železa, použitelného v reduktivních sanacích vod, zaměřen na nanostříbro a jeho antimikrobiální aplikace. Z uhlíkových nanostruktur se zaměříme především na nanotrubičky,

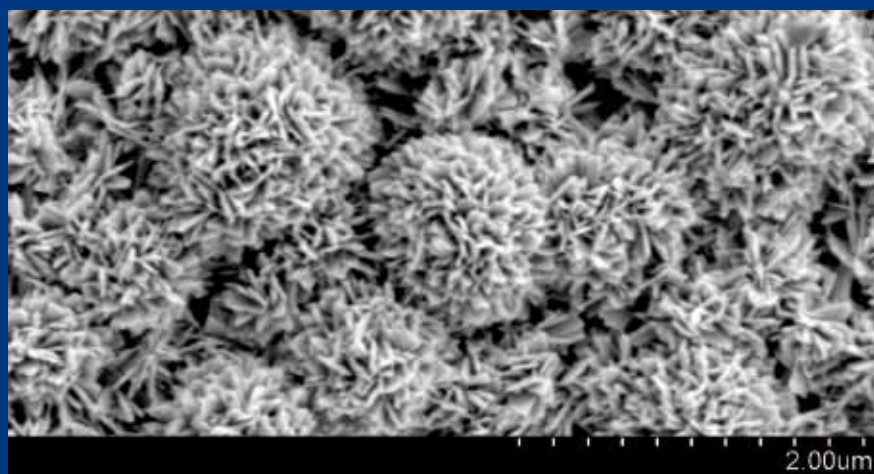
uhlíkové kvantové tečky a grafen - jediný existující stabilní materiál s 2D strukturou. Tyto moderní nanomateriály zkoušíme jako senzory, superhydrofobní činidla, materiály pro uchování vodíku a v celé řadě dalších aplikací, neboť vykazují zcela mimořádné sorpční, elektrické, mechanické a optické vlastnosti.

Můžete zmínit největší úspěchy týmu a reálné příklady využití Vašich unikátních výsledků v praxi?

Nejvýznamnějším úspěchem je zcela jistě již zmiňovaná a patentovaná technologie velkokapacitní výroby a povrchové stabilizace nanočástic železa pro účely reduktivních technologií sanace podzemních vod. Technologie je jediná svého druhu ve světovém měřítku a její krása spočívá v možnosti výroby stakilových množství nanomateriálu termickým procesem, aniž by docházelo ke spékání nanočástic. Speciální povrchová

úprava nanočástic pak zabraňuje jejich aglomeraci, ale současně zachovává vysokou reaktivitu při styku s toxickými fázemi přítomnými v podzemních vodách. Nanočástice tak mohou ideálně „plout“ v horninovém prostředí a plnit svou dekontaminační roli na velkou vzdálenost. Nanočástice vyráběné touto technologií byly již aplikovány v reálných sanacích na řadě lokalit v ČR.

V loňském roce jsme se navíc ve spolupráci s partnery ze společnosti H+A Eco CZ, s.r.o. podílely na vývoji a patentování turbulentně-labyrinthního reaktoru, který využívá jako „pohon“ nanoželezo a umožňuje rozšíření jeho využití také směrem k čištění odpadních a znečištěných povrchových a pitných vod. Tímto způsobem lze z vod odstranit řadu vysoce toxických fází jako jsou chlorované uhlovodíky, uran, arsen chrom, těžké kovy, polychlorované bifenyly, ale i fosforečnany a dusičnany. Druhým zajímavým praktickým příkladem je vývoj nové perorální negativní kontrastní látky pro diagnostiku tenkého střeva a přilehlých oblastí pomocí magnetické rezonance. Tato patentovaná kontrastní látka je přibližně o řád levnější ve srovnání s komerčními přípravky stejného typu na evropském trhu. V rámci klinických testů byla úspěšně testována na více jak 100 pacientech s různými onemocněními tenkého střeva, pankreatu a žlu-



„KAKTUSOVÉ POLE“ TVOŘENÉ NANOKRYSTALICKÝMI LISTY OXIDU ŽELEZITÉHO. TYTO TENKÉ FILMY SE JEVI JAKO PERSPEKTIVNÍ MATERIÁL PŘI ZÍSKÁVÁNÍ VODÍKU CESTOU SOLÁRNÍHO ŠTĚPENÍ VODY.

čových cest. Tato kontrastní substance by tak mohla ulehčit především dětským a starším pacientům od invazivních endoskopických vyšetření. Pokud zůstaneme u lékařských aplikací, mohu uvést ještě dva příklady aplikací, na kterých v těchto dnech pracujeme. Podařilo se nám vyvinout univerzální metodu kovalentní imobilizace vysoce antibakteriálních nanočástic stříbra na různé polymerní substráty včetně biokompatibilních polymerů. Tato metoda by mohla umožnit velmi efektivní antibakteriální úpravu řady lékařských nástrojů a pomůcek jako jsou chirurgické nitě nebo katetry. Vel-

materiálů se nám daří vyvíjet techniky a konstrukční prvky pro jejich studium. Například Mossbauerovy spektrometry vyvinuté v našem Centru byly na komerční bázi dodány do mnoha laboratoří po celém světě.

Jakou roli hraje spolupráce se zahraničními vědeckými týmy ve vašem výzkumu? Podílíte se na řešení mezinárodních projektů? Můžete uvést některé konkrétní výsledky této spolupráce?

Intenzivní mezinárodní spolupráce je podle mého názoru zcela zásadní pro úspěšné fungování jakéhokoli

partnerských pracovišť zmiňme Florida Institute of Technology, University of Tokio, National Centre for Scientific Research v Aténách nebo Polytechnique Institute v Lausanne ve Švýcarsku. Právě posledně jmenovaný institut patří mezi 3 nejcitovanější evropské ústavy v oblasti nanomateriálového výzkumu. S kolegy ve Švýcarsku konkrétně studujeme využití nanokrystalických filmů oxidu železitého jako fotoanodického materiálu pro solární štěpení vody směrem k získání zdroje energie ve formě vodíku. Kromě akademických institucí spolupracujeme také s kolegy z mezinárodních a národních výzkumných organizací. V tomto ohledu je určitě nejzajímavější kooperativní výzkum s kolegy z NASA ve Spojených státech, se kterými krůček po krůčku poodhalujeme tajemství neobvyklých magnetických vlastností hematilmenitových minerálů, které se objevují na Marsu. Centrum se samozřejmě pravidelně zapojuje také do řešení mezinárodních projektů. Například právě probíhající šestistranný projekt NATO, který koordinuji za českou stranu, je zaměřen na použití železanů při dekontaminaci lokalit zasažených biologickými a chemickými bojovými látkami.

Jak a v čem vidíte budoucnost nanovýzkumu v Olomouci?

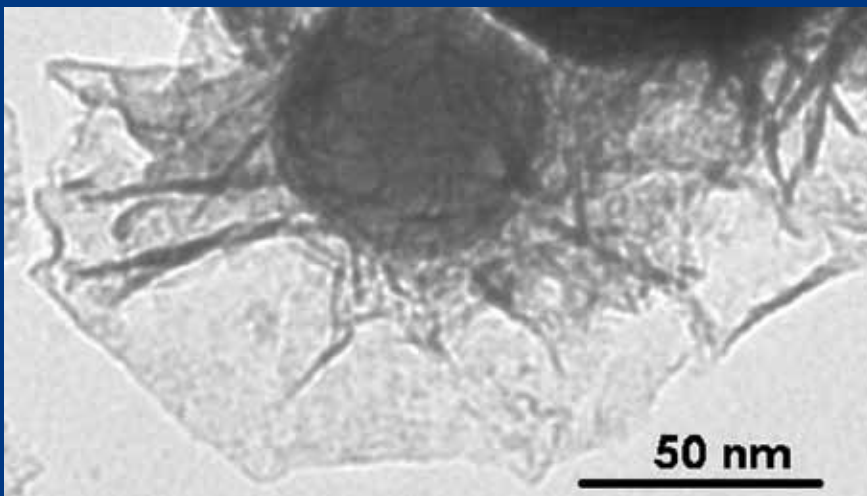
Zdravotní a environmentální rizika spojená s používáním nanotechnologií považuji za nesrovnatelně nižší v porovnání s obrovskou škálou zcela mimořádných aplikací, které nanotechnologie třeba právě v medicíně nebo ekologii nabízí

mi pozitivní výsledky máme také v oblasti tzv. magnetické hemodialýzy, kdy pomocí vnějšího magnetického pole dokážeme z krve odstranit „problémové“ toxiny specificky navázané na magnetické nanočástice. Za úspěch určitě považuji také to, že kromě vývoje samotných nano-

vědeckého týmu a nejinak je tomu v případě našeho Centra výzkumu nanomateriálů v Olomouci. Centrum dlouhodobě spolupracuje s 15-20 vědeckými institucemi po celém světě a přibližně polovina publikačních výstupů je provázána se zahraničními partnery. Z nejvýznamnějších

Jednoznačně ve skloubení špičkového základního a aplikovaného výzkumu s přímou vazbou na klienta, kterému chceme nové výrobní technologie a podnikatelské aktivity související s nanovýzkumem „šít na míru“. Právě to je jedna ze základních filosofii projektu „Regionální centrum pokročilých technologií a materiálů“ v programu Výzkum a vývoj pro inovace v rámci Operačních programů EU. Toto regionální centrum, které úspěšně postoupilo do posledního ze čtyř evaluačních kol, by mělo v příštích letech disponovat novou budovou, v níž by měly být centrálně soustředěny všechny hlavní výzkumné aktivity a také všechny moderní techniky nanomateriálového výzkumu včetně některých nových zařízení. Například mikroskop vysokého rozlišení cryoHRTEM by měl jako jediné zařízení v ČR umožnit strukturní, velikostní a morfologický popis nejen krystalových, ale i molekulových struktur a biomakromolekul. V rámci projektu se navíc předpokládá nástup přibližně 60 nových vědeckých pracovníků v příštích čtyřech letech. Z pozice vědeckého ředitele proto pevně věřím, že toto Centrum se stane hlavním střediskem v oblasti výzkumu nanomateriálů v ČR jak z tematického tak z analytického hlediska.

Jak se jako člověk, který se denně přesvědčuje o obrovském aplikačním



POVRCHOVĚ STABILIZOVANÉ NANOČÁSTICE ŽELEZA POUŽÍVANÉ V MODERNÍCH EKOLOGICKY ŠETRNÝCH TECHNOLOGIÍCH ČIŠTĚNÍ PODZEMNÍCH VOD.

potenciálu nanotechnologií, díváte na možná rizika jejich masového rozšíření do každodenního života?

Ano, hovoříte o stále častěji skloňovaném termínu „nanotoxikologie“. Zcela jistě je zapotřebí detailně studovat chování nanočástic v životním prostředí a mechanismy jejich interakce ve vztahu k člověku. Na straně druhé je třeba na toxicitu nanočástic pohlížet i v tom pozitivním slova smyslu. To je příklad koloidního stříbra, jehož chování a toxicitu vůči bakteriím, kvasinkám, houbám a vyšším organismům dlouhodobě studujeme a výsledky pravidelně publikujeme například v časopisech Americké chemické společnosti. V tomto případě jsou získaná data a především porovnání s toxicitou vůči lidské buňce velmi optimistické. Přestože jsou prokázány případy ohrožení lidského zdraví a nebezpečí například respi-

račních onemocnění, zejména u některých práškových nanotechnologií, lze těmto rizikům preventivně předcházet. Já osobně navíc v tomto druhu diskusí preferuji zdravý rozum. To je příklad již zmiňovaného nanoželeza při sanacích podzemních vod. Produktem jeho interakce s polutanty je zcela netoxický oxid železa. S trochou nadsázky lze tedy říci, že příroda mění vysoce toxické chlorované uhlovodíky za netoxické oxidy železa – to je zcela jistě nejen pro ni, ale v konečném důsledku hlavně pro člověka, velmi výhodný obchod. Obecně tedy považuji zdravotní a environmentální rizika spojená s používáním nanotechnologií za nesrovnatelně nižší v porovnání s obrovskou škálou zcela mimořádných aplikací, které nanotechnologie nabízí třeba právě v medicíně nebo ekologii.

Miloslav Levek