

Př

PŘÍRODOVĚDCI.CZ



TÉMA ČÍSLA

Radioaktivita

Magazín Přírodovědecké fakulty
Univerzity Karlovy 01/2019

Radioaktivita včera a dnes **8**

Zaostřeno na aktinoidy **12**

Černobyl 33 let poté **24**



***“Babička by koukala
na Prima ZOOM”***

**Kdybych znala Prima ZOOM,
mohla jet babička
do Thajska, a ne do Ratibořic.
A Barunka aspoň na Havaj.**

**Váš národní poklad
Božena Němcová**



**Cestovatelé a dobrodruzi
každé pondělí
20.00 – 22.00**

Prima ZOOM



MILÍ ČTENÁŘI,

za více než sto let od svého objevu zažila radioaktivita období nadšené pozornosti i léta zavržení a odporu. Vzbuzovala a stále vzbuzuje velká očekávání i velké obavy. Je vnímána jako tajemná síla, která může být téměř nevyčerpatelným zdrojem energie, ale i jako hrozba, která může způsobit katastrofu nepředstavitelných rozměrů.

Přirozená radioaktivita je přítomná v našem světě všudypřítomná a pro živé organismy nepředstavuje žádné zvláštní nebezpečí. Jejich fungování naopak často prospívá. Pokud nepočítáme jaderné zbraně, nemá dnes strach z radioaktivity racionální základ. Všude, kde ji člověk využívá, jsou zavedena přísná bezpečnostní opatření a míra rizika je naprosto srovnatelná (ale spíše mnohem nižší) s řadou jiných oblastí, kde se pracuje s potenciálně nebezpečnými látkami. Naneštěstí jsou obavy ve veřejnosti hluboce zakořeněny a znemožňují rozlišovat mezi skutečnou a zdánlivou hrozbou.

Radioaktivní přeměna je mimořádně užitečný proces a má své nezastupitelné místo v řadě vědních oborů. Navzdory zažitým obavám pomáhá lékařům nejen s diagnózou, ale i v boji s nádorovými onemocněními. Za její špatnou pověst stojí především vojenské zneužití a chyby – obojí však jde výhradně na vrub člověka.

prof. RNDr. Ivan Němec, Ph.D.
proděkan pro chemickou sekci

Obsah



CO NOVÉHO

- 4 | Osud rostlin vepsaný do velikosti semen
- 5 | Fakultní vědci objevují nové druhy
- 6 | Oklamat radary či vylepšit harddisky?
- 7 | 150 let periodické tabulky prvků

TÉMA – RADIOAKTIVITA

- 8 | Radioaktivita včera a dnes
- 12 | Zaostřeno na aktinoidy
- 14 | Úložiště není pouhý sklad
- 16 | Vše špatné pro něco dobré
- 18 | Radioaktivita, která léčí
- 20 | Nízká radioaktivita – potřebná a léčivá
- 22 | Léčivá voda z Jáchymova
- 24 | Černobylská „mrtvá“ zóna

ROZHOVOR S PŘÍRODOVĚDCEM

- 26 | Bentley mezi mikroskopy

PŘÍRODOVĚDCI UČITELŮM

- 28 | Novinky v Katalogu pro učitele

STUDENTI

- 29 | Univerziáda s fakultní stopou

KULTURA

- 30 | Pražská muzejní noc 2019

NAŠE PUBLIKACE

- 31 | V hlubinách zeleně
- 31 | Nový atlas našich rostlin

PŘÍRODOVĚDCI OBRAZEM

- 32 | Černobyl 33 let poté

PŘÍRODOVĚDA AKTUÁLNĚ

- 36 | Stridulace jako obranná strategie

TIP NA VÝLET

- 37 | Živá voda v Malé Úpě

VYZKOUŠEJTE SI DOMA

- 38 | K principu lávové lampy

KALENDAŘ PŘÍRODOVĚDCŮ

- 39 | Kalendář Přírodovědců

1 | 2019 | ROČNÍK VIII.

NÁZEV

Přírodovědci.cz – magazín
Přírodovědecké fakulty Univerzity
Karlovy

PERIODICITA

Čtvrtletník

CENA

Zdarma

DATUM VYDÁNÍ

25. 3. 2019

NÁKLAD

14 000 ks

EVIDENČNÍ ČÍSLO

MK ČR E 20877 | ISSN 1805-5591

EDITOR

Petr Souček
petr.soucek@natur.cuni.cz

REDAKČNÍ RADA

GEOLOGIE
Mgr. Vít Peřestý

GEOGRAFIE

RNDr. Jakub Jelen
RNDr. Tomáš Matějček, Ph.D.
RNDr. Miroslav Šírta, Ph.D.

BIOLOGIE

Mgr. Martin Čertner, Ph.D.
Mgr. Petr Šípek, Ph.D.

CHEMIE

RNDr. Pavel Teplý, Ph.D.
RNDr. Petr Šmejkal, Ph.D.
doc. RNDr. Jan Kotek, Ph.D.

INZERCE

Mgr. Michal Andrlle, Ph.D.
michal.andrle@natur.cuni.cz

KOREKTURY

imprimis

GRAFIKA

Štěpán Bartošek

TISK

Trianglprint

ILUSTRACE NA OBÁLCE

Podzemní úložiště Richard poblíž
Litoměřic slouží k ukládání
nízko- a středně aktivního odpadu
průmyslového původu.
Zdroj Shutterstock.com

VYDAVATEL | ADRESA REDAKCE

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta
Albertov 6, 128 43 Praha 2
IČO: 00216208 | DIČ: CZ00216208

www.natur.cuni.cz

Přetisk článků je možný pouze se
soulasem redakce a s uvedením zdroje.

© Přírodovědecká fakulta
Univerzity Karlovy 2019

Osud rostlin vepsaný do velikosti semen

Kdy a kde se vyplácí velká rodičovská péče?

MICHAL ANDRLE

Ačkoliv se to možná na první pohled nezdá, i rostliny jsou tvrdými bojovníky v každodenní nemilosrdné hře o vzácné zdroje, kterou svádějí s konkurenty ve svém okolí. Jak jim pro tuto hru rozdává karty velikost semene, z něhož vyrostou, zkoumali naši botanici Tereza Mašková a Martin Weiser. Jejich studie vyšla nedávno v mezinárodním periodiku *Plant and Soil*.

Každý z nás ví, že semena rostlin mohou být různě velká – jinak vypadá semínko máku, jinak kokosové palmy. Velikost semene odráží to, jak hojně jej vybavila mateřská rostlina živinami: čím větší semeno, tím více živin ukrývá a tím také poskytuje lepší startovní podmínky nově vznikající rostlině. Velké semeno jí umožní postavit bujně rostoucí prýtl, který si najde cestu stínem sousedů ke slunci, i hluboký kořenový systém, který je dobrý k tomu, aby si okolních rostlin nemusela příliš všimnout. Dlouhé kořeny jí umožní dosáhnout i na to, co ostatním přístupné není, a mohou být také dobrou adaptací pro suchá prostředí.

Malé semínko vybavuje rostlinu pro začátek jejího života podstatně hůře. Semena, která z nich klíčí, proto musí více spěchat s tím, aby začaly využívat živiny z okolní půdy. Rostliny z menších semen rovněž vytvářejí kořeny, jejichž podoba se ovšem od kořenů rostlin s velkými semeny na první pohled značně liší: jejich kořenový systém bývá širší, mělkší a začíná se také rozvětvovat dříve než u rostlin

s většími semeny. Přirozeně menší je i velikost jejich prýtlů.

Zvědavého přírodovědce napadne: co když bude v půdě dostatek živin, které by chudě vybaveným rostlinným zárodkům doplnily to, s čím rostliny s velkými semeny již přicházejí na svět? Experimenty, které provedla Tereza Mašková, ukázaly, že odpověď je různá podle toho, kam se díváme: když má semenáč živin dost, a je lhostejné, zda ze semene, či z prostředí, investuje nejvíc do růstu prýtlů.

Naopak v podzemí, odkud se právě dají živinné látky získat, hraje velikost semenáče významnou roli. Přídavek živin do substrátu vede sice k rozvětvenějším kořenům, zásadní vliv na celkový tvar kořenového systému ani na načasování jeho větvení ale nemá – tyto vlastnosti jsou spjaté s velikostí semene. A proč to tak je? „Důvodů může být spousta. Třeba to, že zdroje ze semene semenáči nikdo nevezme, zatímco o zdroje v půdě se soutěží. Velikost semene tak může určovat ‚hlavní plán‘ a zdroje z prostředí ‚detailní provedení‘ podle situace. No a různé ‚hlavní plány‘ zřejmě určují, kdo v jakém prostředí může přežít,“ navrhuje vysvětlení botanik Martin Weiser. ●

► V rhizoboxech s průhlednou přední stěnou lze sledovat vývoj kořenů bez poškození rostliny. Zde čtyři týdny starý semenáček hrachu. Foto Tomáš Koubek



Fakultní vědci objevují nové druhy

Príspevek našich odborníků k zachycení stavu světové biodiverzity

PATRIK MRÁZ, MICHAL ANDRLE



◀ Nově popsaný druh starčku z jihoamerických And je nápadný svou velikostí. I přes tento rys však donedávna unikl klasifikačnímu úsilí botaniků.

Foto archiv D. Vasquéz

mikroskopická houba *Biatriospora antibiotica* poprvé nalezená a popsaná z Česka Mirkem Kolaříkem a Annou Kubátovou. Naši vědci u této houby žijící v dřevě listnatých stromů prokázali produkci až 15 druhů antibiotik, z toho čtyř úplně nových.

I když je parazitismus u zelených řas zcela unikátní životní strategií, jeden parazitický druh byl nedávno popsán z Chorvatska našimi algology Kateřinou Procházkovou, Yvonne Němcovou a Jiřím Neustupou. Řasa *Phyllosiphon ari* žije v mezibuněčných prostorách listů áronu italského, kterému pravděpodobně odsáváním vody způsobuje nekrózu. Fantastický „úlovek“ se zdařil i Dianě Vasquéz, doktorandce katedry botaniky PŘF UK, která objevila v ekvádorském páramu nový, velice vzácný druh starčku (*Senecio sangayensis*). Tento druh se od ostatních starčků And liší především svým nečekaně robustním zjevem – může dosahovat výšky až 2 metry.

V popisování nových druhů jsou velmi aktivní také zoologové, zejména entomologové. Na výzkumu diverzity a biologie bezkřídlých chrobáků rodu *Lethrus* se významným způsobem podílejí pracovníci katedry zoologie David Král a Petr Šípek a jejich studenti. Bezkřídlý chrobák jménem *Lethrus thracicus* byl takto nedávno popsán z evropské části Turecka. ●

Poznání druhové rozmanitosti živé přírody, tedy biodiverzity, je důležité zejména v situaci, kdy díky činnosti člověka mizí ze světa nejen velké množství jedinců, ale i jednotlivé druhy či celé skupiny. Jen Přírodovědecká fakulta UK přispěla k poznání současných i vyhynulých taxonů za roky 2016–2017 počtem 208! Tento počet zahrnuje druhy různých taxonomických skupin všech kontinentů a životních prostředí.

Taxonomie je odvětví biologie, které nám pomáhá vyznat se v tom, s jakými druhy či vyššími jednotkami (rody, čeleděmi, třídami atd.) rostlin, živočichů, hub či třeba bakterií se můžeme v přírodě setkat. Neříká sice, jaké evoluční vztahy mezi jednotlivými taxony jsou (tedy zjednodušeně řečeno, jak vypadala historie jejich odvozování ze společného předka), evolučním biologům však dodávají pro jejich výzkumy nezbytný materiál.

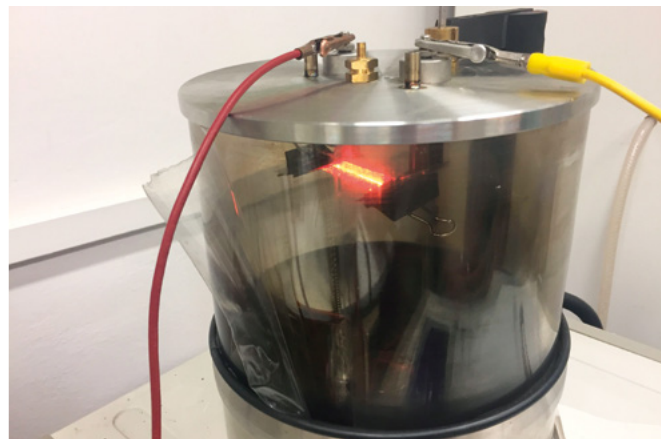
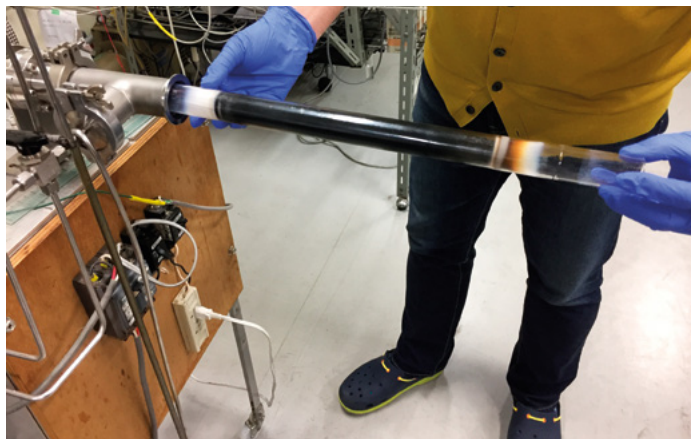
Přírodovědecká fakulta UK je spolu s několika dalšími českými institucemi členem Konsorcia evropských taxonomických facilit (CETAF), v jehož sbírkách se nachází na 80 % veškeré světové zmapované diverzity živé i neživé přírody. Největšími sbírkami PŘF UK jsou Herbářové sbírky, které vlastní 15 000 nomenklaturních typů a celkově zhruba 2 200 000 herbářových dokladů cévnatých rostlin, mechů, řas, lišejníků, hub, ale i semen a plodů.

Vědci Přírodovědecké fakulty UK (spolu se svými kolegy ze spolupracujících vědeckých institucí z domova i ze zahraničí) při jejich popisu nezhálejí. Činí se zejména botanici, zoologové, parazitologové, a ekologové. S novými fosilními druhy ale přicházejí i badatelé z Ústavu geologie a paleontologie. Zdařilým objevem s nesporným biotechnologickým potenciálem je například

Oklamat radary či vylepšit harddisky?

Nanotrubičky mohou v některých oblastech způsobit doslova revoluci

MICHAL ANDRLE



▲ Nanotrubičky po stvoření v peci (vlevo) a testovací vakuová komora. Foto Archiv G. Kletetschky

Společným jmenovatelem velké části odborné práce geofyzika a vědeckého dobrodruha doc. Günthera Kletetschky je magnetismus. Tentokrát díky jeho vášni spatřil světlo světa nový materiál, který bude moci sloužit například pro zneviditelnění aut či letadel pro radary, nebo dokonce jako nové paměťové médium.

Uhlíkové nanotrubičky jsou jednou z forem uhlíku, která se v přírodě vyskytuje pouze ve stopovém množství. Vědci však znají hned několik postupů, jak tento unikátní materiál vytvořit uměle. Pro získání relativně dlouhých trubiček (představme si ale délku měřenou maximálně v milimetrech) se využívá technologie tzv. nánosu chemickým vypařováním. Trubičky při ní vznikají ve speciální pídce a v procesu jejich výroby hrají velkou roli páry železa, resp. jeho oxidu.

Vlivem par se v trubičkách vytvářejí stopy železného minerálu, které trubičku v jistém místě ucpávají. Tato zrníčka

jsou velmi malá – jejich délka se měří v nanometrech – a za určitých okolností mohou fungovat jako neviditelná oscilující magnetická kompasová stříelka.

Ve skutečnosti však její pohyb drží ve vězení trubička, která je elektricky vodivá. Vodivost má vliv na oscilaci magnetické stříelky v trubičce tak, že jí jisté typy pohybů zcela zakazuje a nechává ji otočenou pouze v jednom směru. Tento zvláštní materiál, který vlastně vznikl spíše náhodou, poté vědci z kolektivu doc. Kletetschky vystavovali různým frekvencím magnetického pole. Vnější magnetické pole o jisté frekvenci dokáže uvolnit stříelku ze „zakletí“ trubičky, která jí udržuje v jedné pozici. Jde o tzv. tunelový jev – stříelka se díky působení vnějšího magnetického pole dokáže odpoutat od omezení, kterým ji spoutává trubička z vodivého uhlíku.

Tento materiál může mít podle odborníků značné technologické využití. Jeho asi nejdůležitější makroskopická vlastnost vyplývá ze schopnosti inter-

agovat s elektromagnetickým vlněním. Jde o princip, který využívá např. i jeden z nejběžnějších vojenských detekčních přístrojů – radar. „*Pakliže bychom si natřeli auto materiálem z těchto nanotrubiček, mohli bychom si jezdit tak rychle, jak bychom chtěli, radar by nás prostě neviděl,*“ usmívá se Kletetschka.

A nejen to, materiál otevírá také možnost průlomu tzv. superparamagnetické bariéry, která omezuje dnešní technologii ukládání digitálních dat. Výrobci paměťových zařízení narážejí na „superparamagnetický limit“, který brání uložení jednotlivých bitů blíže k sobě. S pomocí nového materiálu bude pravděpodobně možné tento limit překonat – magnetická zrníčka se zkombinují s uhlíkatými nanotrubičkami a hustotu zápisu bude možné mnohonásobně zvýšit. Potenciál objevu potvrdilo rovněž přijetí článku internetovým vědeckým periodikem *Scientific Reports*, které provozuje vydavatel časopisu *Nature*. K jeho publikování došlo v lednu tohoto roku. ●

150 let periodické tabulky prvků

Rok 2019 byl organizací UNESCO vyhlášen rokem periodické tabulky

KAREL NESMĚRÁK, PAVEL TEPLÝ



◀ Dr. Luděk Míka z katedry didaktiky chemie při prezentaci interaktivních vlastností tabulky. Foto Petr Jan Juračka

svůj sen – vytvoření velké periodické tabulky obsahující reálné vzorky prvků přímo v budově naší fakulty. Díky štědré podpoře vedení chemické sekce a díky obětavé práci mnoha lidí se tento sen nakonec stal skutečností, a to dokonce v interaktivní podobě. Instalace obsahuje vzorky všech prvků, které mají neradioaktivní nukleidy, od vodíku až po bismut. Reaktivnější prvky, jako je například cesium, jsou skladovány v inertní atmosféře argonu.

Prvky jsou v periodické tabulce prvků seřazeny do 18 skupin podle jejich rostoucího protonového čísla (počtu protonů v jádře) a podle jejich vzájemné podobnosti v chemických reakcích. Například v první skupině jsou tak spolu prvky lithium, sodík, draslík, rubidium a cesium, které se ve sloučeninách vyskytují výhradně v oxidačním čísle +1.

Interaktivita tabulky je zajištěna dotykovou obrazovkou, která uživateli dokáže podat nejen podrobnější informace o jednotlivých prvcích, ale díky intuitivnímu rozhraní ukáže i trendy v periodické tabulce, jako jsou změny v elektronegativitě, hustotě, teplotě tání či roku objevu prvků.

Právě díky spojení interaktivního rozhraní a vizuálně zajímavých vzorků prvků je v plánu využití periodické tabulky ve výuce nejen budoucích učitelů chemie, ale i studentů ostatních chemických studijních programů. ●

Základy pro sestavení periodické tabulky prvků, jak ji známe dnes, položil ruský chemik Dmitrij Ivanovič Mendělejev objevem tzv. periodického zákona. Ve svém systému sestavil prvky na základě stoupajících poměrných atomových hmotností, ale přerušoval jejich řazení na místech, kde si byly prvky svými vlastnostmi nejpodobnější. Vzniklo tak sedm period, v nichž se uplatňuje zákon, podle něžž „*vlastnosti prvků jsou periodickou funkcí jejich atomových hmotností*“. Jak už to u velkých objevů bývá, podobný zákon objevil ve stejném roce i německý chemik Lothar Meyer.

V periodické tabulce nalezneme i několik českých stop. Tou nejmarkantnější je příspěvek

významného českého chemika, profesora PŘF UK Bohuslava Braunera. S Mendělejevem se seznámil roku 1881 a zůstali celoživotními přáteli, Mendělejev dokonce roku 1900 navštívil Braunera v Praze. Brauner věnoval přes 30 ze svých 170 vědeckých prací periodické tabulce, stanovil přesné atomové hmotnosti řady prvků a potvrdil tím Mendělejevovy závěry. Roku 1902 navrhl důležitou opravu periodické tabulky zařazením skupiny lanthanoidů. Za další českou stopu lze považovat objev prvků radia a polonia manžely Curieovými v jáchymovském smolinci.

U příležitosti tohoto kulatého výročí se chemici z katedry učitelství a didaktiky chemie PŘF UK rozhodli realizovat

Radioaktivita včera a dnes

Objev tajuplného záření od základu
změnil celý náš svět

STANISLAV SMRČEK

◀ **Plynové centrifugy slouží k produkci obohaceného uranu.** *Piketon, Ohio, 1984.*

Zdroj NRC, volné dílo

Vědecké objevy 19. a první poloviny 20. století přinesly řadu zásadních a revolučních poznatků týkajících se vědy, techniky, poznání principů života a jejich vzájemných souvislostí. Mezi významné úspěchy fyzikálních věd se na konci 19. století zařadily objevy rentgenového záření a radioaktivity. Zjištění existence do té doby neznámého a nepopsaného záření bylo zlomem v bádání o principech stavby hmoty a stalo se základem pro další přelomové objevy, které se od stadia teoretických výzkumů postupně přesouvaly do oblasti praktického využití.

ROENTGEN A BECQUEREL

Než se však pokusíme vyhodnotit přínosy či negativa využití radioaktivity, vraťme se zpátky na konec 19. století a ukažme si základní objevy, které vedly k poznání principu nestability některých atomových jader měnících se v čase na dceřiné atomy za uvolnění malých částic, který nazýváme radioaktivitou či emisí ionizujícího záření.

Psal se rok 1896 a do té doby neznámý vědec Antoine Henri Becquerel se zúčastnil zasedání francouzské Akademie věd, kde Henri Poincaré referoval o práci Wilhelma Conrada Roentgena, objevitele paprsků X, majících nevídané vlastnosti – schopnost procházet materiálem a způsobovat zčernání fotografické desky. Snímek ruky s viditelnými kostmi a prstenem se stal vědeckou senzací.

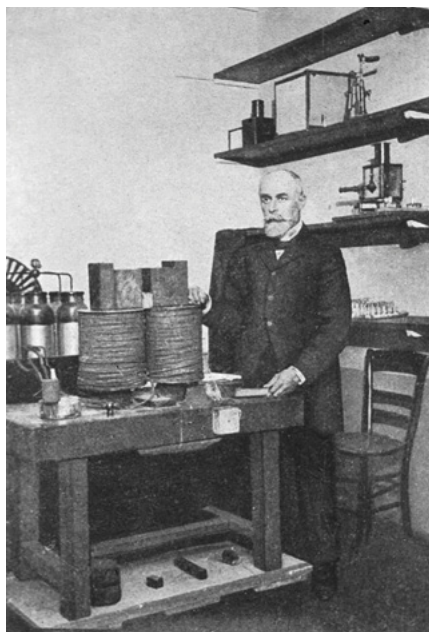
Becquerela, který se zabýval světélkováním některých nerostů, tento objev zaujal a rozhodl se zjistit, zda se paprsky ze světélkujících nerostů nebudou chovat obdobně. Brzy zjistil, že krystalky síranu uranylodraselného vystavené několika-
kadennímu působení slunečního světla

světélkují, ale rovněž způsobují zčernání fotografické desky, i když je tato přikryta neprůhledným papírem. Poté objevil, že k exponování fotografické desky stačí samotná uranová sůl bez předchozího vystavení slunečnímu záření.

MANŽELÉ CURIEOVI

Pronikavé paprsky tak musely pocházet ze samotné uranové soli. I když je Becquerel považován za objevitele radioaktivity, další výzkumy v této oblasti byly prováděny Pierrem a Marií Curieovými (název radioaktivita pochází právě od Marie Curie). Ti zjistili, že obdobné paprsky vyzařují i sloučeniny thoria. O dva roky později se jim podařilo izolovat ze smolince radioaktivní látku 400krát aktivnější než uran a navrhli její název – polonium – podle rodné vlasti Marie Curie-Sktodowské.

Vzápětí izolovali další důležitou látku – radium. Už v roce 1898 tak byly položeny základy oborů jaderné chemie, jaderné



▲ **Objevitel radioaktivity Antoine Henri Becquerel ve své laboratoři.**

Autor neznámý, volné dílo

fyziky a radiochemie. Za své objevy byli jak Henri Becquerel, tak i Pierre Curie a Marie Curie-Sktodowská na začátku minulého století oceněni Nobelovou cenou. Řada jejich experimentálních materiálů pocházela z uranové rudy v Jáchymově. Už proto se i v českých zemích věnovala značná pozornost jaderněchemickým experimentům.

Už na konci 19. století vyšel článek českého chemika o zdravotních rizicích záření a v prvním desetiletí 20. století se čeští fyzici Bohumil Kučera a Bohumil Mašek zabývali vlastnostmi záření podobně jako mnohem slavnější novozélandský fyzik Ernst Rutherford. Ten zjistil, že uranové záření obsahuje dvě složky, záření alfa a záření beta. O něco později bylo objeveno ještě pronikavější záření – paprsky gama. Současně se zavedla výuka radioaktivity i na českých vysokých školách, tehdy ještě jako součást fyziky. A není bez zajímavosti, že už v roce 1911 byl v Jáchymově slavnostně otevřen C. k. lázeňský ústav pro léčbu radiem, kde se prováděly léčivé radonové koupele.

ROZPADOVÉ ŘADY

Radioaktivita je ve své podstatě vlastnost určitých atomů, které mají nestabilní jádra. Atomová jádra se skládají z protonů a neutronů a pro stabilitu jader je zásadní jejich poměr. Pokud není tento poměr optimální, jádro se snaží upravit počet protonů a neutronů do nejvýhodnějšího stavu. To je zjednodušeně princip samovolného rozpadu. Tato přirozená radioaktivita provází vesmír v celé délce jeho existence.

V přírodě nacházíme velké množství radioaktivních atomů – radionuklidů. Většina z nich je členy rozpadových řad. V přírodě nacházíme tři takovéto řady – thoriovou, uranovou a aktiniovou. Výchozí radionuklidy se rozpadají alfa a beta postupně mění až na stabilní izotopy olova. Nejjednodušší thoriová řada

má 11 radioaktivních členů, ostatní řady jsou ještě bohatší. Poločasy přeměny výchozích radionuklidů v řádech 10^8 – 10^{10} let napovídají, že se jedná o nesmírně dlouhodobé procesy.

Za pozornost stojí fakt, že v každé rozpadové řadě najdeme izotop radonu. To znamená, že během rozpadů se charakter pevných látek ostatních členů změní na plynnou substanci. A to je právě důvod výskytu radonu ve sklepích a nižších patrech budov postavených na podloží s obsahem radionuklidů. V přírodě jsou však v hojném zastoupení přítomny i další radionuklidy, které nejsou součástí rozpadových řad. Zajímavé jsou hlavně biogenní prvky, jako jsou tritium (^3H) a radiouhlík (^{14}C), které jsou součástí přirozené izotopické směsi prvků, stejně tak jako přítomnost radioaktivního ^{40}K v přírodním draslíku, byť jeho obsah je pouhých 0,012 %.

UŽITEČNÁ SÍLA

Možnosti praktického využití radioaktivity jako takové jsou poměrně široké. Poznání kinetických vlastností radioaktivního rozpadu umožnilo vznik datovacích metod,

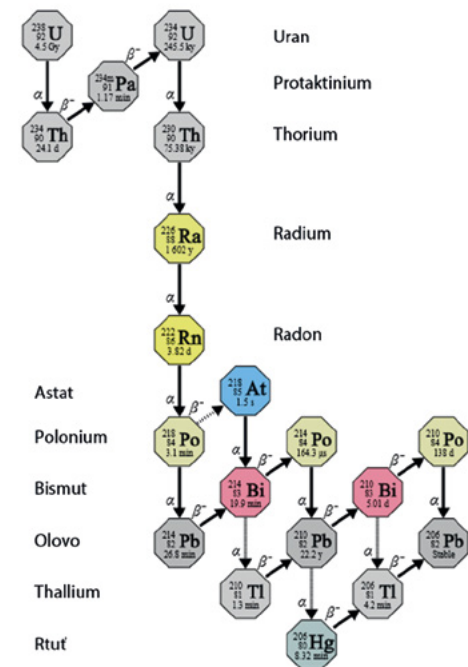
využívaných v geologii a archeologii ke stanovení stáří vzorku. Kromě přirozené radioaktivity existuje také radioaktivita umělá, kdy radionuklidy připravujeme ozařováním vhodných terčových jader proudem částic. Toho lze využít při neutronové aktivační analýze, kterou je možné určit i stopová množství prvků, a to i v biologickém materiálu. Byly tak například stanoveny stopy arzenu ve vlasech dávno zemřelých osob jako důkaz jejich otravy.

V medicíně se i v současné době používá radioimunoanalýza, která využívá unikátní citlivosti měření ionizujícího záření v kombinaci s imunochemickým principem. Toto umožňuje rychlé a přesné stanovení nízkých hladin hormonů přímo v krevním séru. Tím ale použití radioaktivity v medicíně nekončí. Radionuklidy jsou významné i pro diagnostické metody napříč celou medicínou. Umožňují lokalizovat nádory, stanovovat metabolické aktivity v jednotlivých orgánech nebo odhalit distribuci léčiva v organismu.

Známé jsou metody SPECT a PET, které umožňují získat diagnosticky cenné prostorové zobrazení tkání. Terapeutické

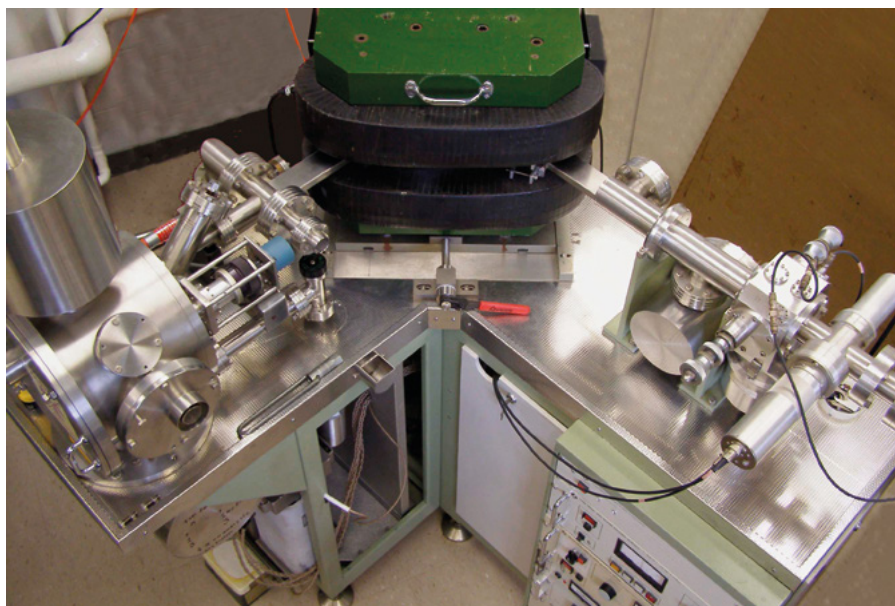
▼ Rozpadová řada uranu-238. Spodní číslo v políčku vyjadřuje poločas přeměny izotopu. Gy = 10^9 let; ky = 10^3 let.

Zdroj Wikimedia Commons, autor Tósaka, vlastní dílo, CC BY 3.0



radionuklidy či jejich komplexy jsou cenným prostředkem k léčení závažných chorob, především onkologických. Novým postupem je využití alfa-terapie, kdy se cíleně zavádí látka s obsahem radionuklidu a koncentruje se v místě nádoru. Alfa-paprsky mají vysokou účinnost a vzhledem k jejich nepatrnému doletu ve tkáních se jejich působení omezí na oblast nádoru, což je významná výhoda proti běžně používanému zevnímu ozařování paprsky gama. Moderní je rovněž ozařování protony, ty však nejsou generovány radionuklidem, ale urychlovačem.

◀ Spektrometr užívaný při radioaktivním datování. Zdroj Wikimedia Commons, autor Radiogenic – vlastní dílo, CC0





VÝROBA ENERGIE

Významnou a velmi často diskutovanou oblastí využití radioaktivity je jaderná energetika. Jaderné elektrárny jsou v principu tepelné elektrárny, kde se k produkci tepla využívá štěpení jaderných materiálů. To je nesmírně výhodné, uvědomíme-li si, že rozštěpení jader 1 g ^{235}U poskytne energii odpovídající spálení asi 2,5 t kvalitního uhlí. Konstrukce jaderných reaktorů jsou v současné době velmi dokonalé jak z hlediska bezpečnosti, tak i z hlediska řízení štěpné reakce. Je to zřejmé i z faktu, že většina odstávek souvisí s dalším technologickým zařízením elektrárny.

Důležitou součástí je samozřejmě problematika zpracování a ukládání vyhořelého paliva. Ta je však pod přísnou kontrolou národních i mezinárodních organizací, které dohlížejí na použité technologie minimalizující negativní vliv na životní prostředí. V této souvislosti je zajímavým i fakt, že kontaminace okolí radioaktivními látkami bývá vyšší u elektráren spalujících uhlí, které obsahuje, jako každý přírodní materiál, malé množství radioaktivních kovů.

Radioaktivita je často vnímána jako nežádoucí jev či přímo hrozba. Je

však potřeba si uvědomit, že je to přirozená součást přírodních procesů. Je pochopitelné, že na pozadí jaderných zbraní či havárií jaderných elektráren, způsobených ovšem lidským faktorem, má slovo radioaktivita negativní zvuk. Přispívá k tomu i často neodborné hodnocení jevů a událostí s radioaktivitou spojených. Na druhé straně existuje množství nezastupitelných procesů založených na radioaktivitě. Rozhodně není třeba se jí obávat, ale je nutné s ní pracovat s vědomím jejich vlastností a principů. ●

AUTOR PRACUJE NA KATEDŘE ORGANICKÉ CHEMIE



Zaostřeno na aktinoidy

Jaká je perspektiva dalšího zpracování ozářeného jaderného paliva?

PETR DISTLER

Mezi dva největší zdroje pro produkci elektrické energie v České republice patří uhlí (44 %) a uran (36 %). Zatímco hvězda toho prvního pomalu, ale jistě pohasíná, ten druhý je pod drobnohledem vědců a stále se zlepšuje.

OZÁŘENÉ, NIKOLI VYHOŘELÉ

Jedním z hlavních problémů energetiky založené na jaderném štěpení je produkce dlouhodobého radioaktivního odpadu, jehož další osud není dosud uspokojivě vyřešen. V této souvislosti nejde jen o jeho bezpečné uložení, ale rovněž o optimalizaci využití přírodních zdrojů uranu recyklací ozářeného jaderného paliva (OJP). Co si pod pojmem ozářené jaderné palivo (dříve nazývané vyhořelé, což ale nereflektovalo skutečnost, že se stále jedná o cennou surovinu) můžeme představit?

OJP z lehkovodních reaktorů, které se využívají i v Dukovanech a Temelíně, obsahuje hlavně uran (94 %), štěpné produkty (4–5 %), plutonium (1 %) a dále minoritní aktinoidy, které tvoří 0,1 % z celkového množství. Mezi minoritní aktinoidy patří neptunium, amerícium a curium. Ačkoliv obsah plutonia a minoritních aktinoidů představuje zhruba 1 % hmotnosti ozářeného jaderného paliva, patří tyto prvky k hlavním přispěvatelům k dlouhodobé radiotoxicitě (v řádu tisíců až milionů let) a produkci tepla v OJP.

STRATEGIE PRO NAKLÁDÁNÍ S OJP

Otázka, co s použitým palivem, má několik alternativních řešení. To první a z hlediska dalšího využití nejméně vhodné je prosté nepřepřacování ozářeného paliva. Jedná se o primé

deponování do hlubinného úložiště. Jeho velkou slabinou je nutnost projektování inženýrských bariér bezpečných po dobu, jež dalece přesahuje naše běžné zkušenosti. Druhou cestou je separace uranu a plutonia a posledním, nejsložitějším přístupem je „separace a transmutace“ (angl. partitioning and transmutation).

Cílem této koncepce je zmenšení objemu vysoce radioaktivních odpadů v hlubinných úložištích, zkrácení času, po který bude nutné tento odpad v hlubinném úložišti monitorovat, než jeho radiotoxicita poklesne na úroveň uranové rudy, z níž bylo palivo vyrobeno, a snížení rizika, že dojde k úniku radionuklidů přes inženýrské bariéry do životního prostředí. Další výhodou je

◀ **Oxid uranu v pevné formě (tzv. yellow cake) je mezifází při výrobě jaderného paliva.** Zdroj Flickr.com, autor www.nrc.gov, CC BY 2.0

pokles spotřeby nových zdrojů uranu pro energetické účely, protože část uranu a plutonia se dá využít při výrobě nového paliva, většinou na bázi směsných oxidů těchto dvou prvků.

PRŮMYSLOVĚ VYUŽÍVANÉ METODY

Samotné přepracování může být provedeno hydrochemickým (rozpuštění OJP v kyselině dusičné) nebo pyrochemickým způsobem (zde se používají roztavené kovy nebo soli). V současné době jsou v průmyslovém měřítku v procesu PUREX (Plutonium Uranium Redox Extraction) separovány uran(VI) a plutonium(IV) z vysoce kyselých roztoků HNO_3 do organické fáze obsahující tributylfosfát jako extrakční činidlo. Modifikace procesu PUREX umožňují separovat také neptunium, technecium a jod. Ve výsledném rafinátu však stále zůstávají minoritní aktinoidy, které se dalšími modifikacemi procesu doposud nepodařilo odstranit.

LABORATORNĚ TESTOVANÉ METODY

Vědci mnoha zemí zkoumali za poslední desetiletí hydrochemické procesy k separaci minoritních aktinoidů, případně dalších transplutoniových prvků (tj. prvků v tabulce za plutoniem). Ačkoliv žádný z těchto procesů nebyl zatím aplikován v průmyslovém měřítku, dosáhl jejich výzkum a vývoj v některých případech úrovně demonstračních testů na labora-

► **Skladbě použitého jaderného paliva z lehkovodních reaktorů jasně dominuje uran 238. Dlouhodobá radiotoxicita jde však na vrub plutonia a minoritních aktinoidů, kterých je cca 1 %.** Autor P. Distler

torní úrovni. Většina separačních strategií vedoucích k oddělení minoritních aktinoidů sestává z tříkrokového schématu.

První částí je již zmíněný proces PUREX. Následující krok vychází z rafinátu PUREX, který je dále zpracováván. Od štěpných produktů se neselektivně spoluextrahují trojmocné lanthanoidy a aktinoidy v procesu DIAMEX (Diamide Extraction). Ve třetím kroku pak dochází k oddělení trojmocných aktinoidů od lanthanoidů v procesu SANEX (Selective Actinide Extraction). Tento krok bývá v důsledku podobných chemických vlastností obou skupin prvků nejobtížnější. Z těchto vlastností zmiňme aspoň velmi podobný poloměr iontů a stálost oxidačního čísla +III.

REAKTORY IV. GENERACE

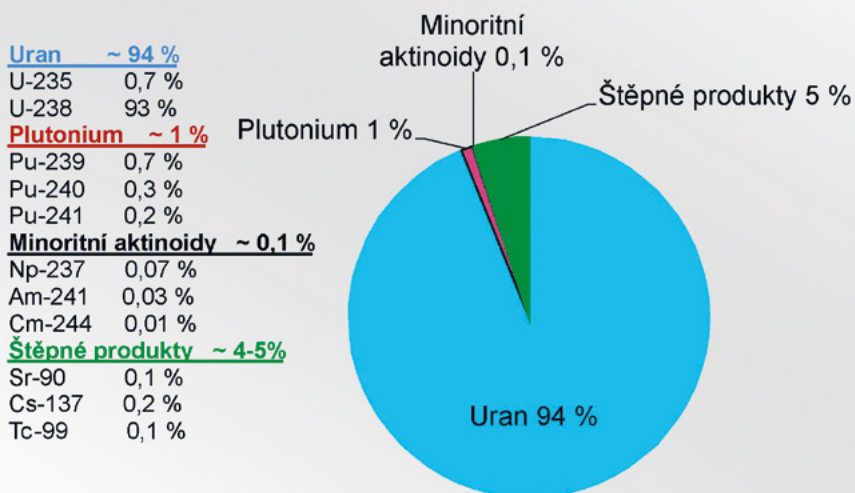
V rámci koncepce „partitioning and transmutation“ by měla separace a transmutace společně s využitím transuranových prvků hrát klíčovou roli v optimalizaci jaderné energetiky prostřednictvím reaktorů IV. generace, založených na rychlých neutronech.

Zmíněná strategie by dále měla umožnit přechod ze současně praktikovaného jednorázového využití uranu v lehkovodních reaktorech na použití recyklovaných aktinoidů v nových reaktorech, což povede k významné minimalizaci radiotoxicity konečného odpadu.

Proces transmutace minoritních aktinoidů na krátkodobé radionuklidy nebo stabilní izotopy může být proveden s využitím vysoce energetických neutronů v systémech ADS (Accelerator Driven Systems) nebo s rychlými neutrony v reaktorech IV. generace. Příkladem transmutace neutrony je přeměna izotopu ^{239}Pu s poločasem přeměny 24 tisíc let za vzniku izotopu cesia ^{134}Cs s poločasem přeměny 2 roky, stabilního nuklidu ^{104}Ru , neutronů a energie. Závěrem můžeme podotknout, že uskutečněním transmutace ve větším měřítku dojde k naplnění cílů a snů nejenom všech dávných alchymistů, ale i současných vědců působících v této jaderné oblasti. ●

AUTOR PRACUJE NA KATEDŘE JADERNÉ CHEMIE FJFI ČVUT

Složení ozářeného jaderného paliva





Úložiště není pouhý sklad

Ukládání radioaktivních odpadů předchází hloubkové testy

NIKOL NOVOTNÁ

Když Henri Becquerel objevil na konci 19. století radioaktivitu, téměř jistě netušil, jak dalekosáhlý dopad bude jeho objev mít. Netrvalo dlouho a lidé dokázali vlastností radioaktivních látek s úspěchem využít v mnoha oblastech. Mezi nejnámější aplikace patří zbraňové systémy a jaderné elektrárny, obrovský význam však má radioaktivita v celé řadě oborů.

CO S ODPADEM

V medicíně bylo například radioaktivní záření využíváno již od svého objevení. Po více než sto letech výzkumu patří nukleární medicína k nejmodernějším technikám v lékařství. Radionuklidy se využívají jak k samotné terapii, tak i k diagnostice. Radioaktivitu dále využíváme v průmyslu, zemědělství a ve

výzkumu. S využíváním radioaktivity je ovšem neoddelitelně spjatý i vznik radioaktivních odpadů, které jsou pro člověka nebezpečné.

Jde o látky, materiály či předměty s vyšším obsahem radionuklidů, u kterých se nepředpokládá další využití a které jejich vlastníci nebo Státní úřad pro jadernou bezpečnost za odpad prohlásí. Takové odpady je tedy třeba oddělit od člověka a životního prostředí na dostatečně dlouhou dobu (jejich aktivita v čase klesá). K bezpečné izolaci slouží tzv. úložiště radioaktivních odpadů. Odpady jsou do úložišť ukládány dle aktivity a původu. V České republice jsou nyní v provozu tři úložiště nízké- a středněaktivních odpadů.

KAM S NÍM?

První z nich se nachází v areálu JE Dukovany a slouží k ukládání nízké- a středněaktivních odpadů z provozu našich jaderných elektráren. Jedná se o jediné přípovrchové úložiště. Odpady se zde ukládají do jímek. Pro nízké- a středněaktivní odpady, které pochází z výzkumu, lékařství, průmyslu a zemědělství (tzv. institucionální odpady), máme v provozu dvě podzemní úložiště – Richard a Bratrství. V ÚRAO Bratrství se ukládají institucionální radioaktivní odpady, které obsahují pouze v přírodě se vyskytující radionuklidy. Odpady se do úložišť ukládají tzv. metodou sud v sudu.

Jak známo, v jaderných elektrárnách se „topí“ jaderným palivem. Až jednou naše

◀ Laboratoř v Bukově využívá infrastrukturu zaniklého uranového dolu Rožná. Zkoumání probíhá půl kilometru pod zemským povrchem.

Foto Petr Jan Juračka

elektrárny doslouží, budeme se muset vypořádat i s jejich vyhořelým jaderným palivem a vysokoaktivními odpady, které musíme oddělit od životního prostředí na stovky tisíc let a které nelze uložit do stávajících provozovaných úložišť. Právě proto vědci na celém světě zkoumají možnost trvalého uložení tohoto druhu odpadů hluboko pod zemským povrchem.

LABORATOŘE POD ZEMÍ

Má-li úložiště splňovat přísné požadavky na bezpečnost, nelze zkoumat dopady jednotlivých úložných konceptů a jejich výstavby až ve finální lokalitě, ale v podmínkách blízkých lokalitě a vhodných pro testování různých variant. K tomu slouží podzemní výzkumná pracoviště.

Ve světě můžeme nalézt řadu takových laboratoří – Grimsel ve Švýcarsku, Äspö ve Švédsku, Bure ve Francii atd. Získávají se v nich data, která pomáhají porozumět procesům odehrávajícím se v horni-

novém masívu, testuje se robustnost inženýrských bariér a v neposlední řadě poskytují také důležitá data pro bezpečnostní rozbory. Získané údaje lze využít v horninových masívech, které jsou svou pozicí blízké zkoumaným lokalitám.

Švédsko a Finsko takto úzce spolupracovaly na přípravě svých úložných konceptů a využívaly k tomu laboratoř ve švédském Äspö. Zdejší podmínky jsou podobné podmínkám ve finské lokalitě Onkalo, kde se buduje hlubinné úložiště, a švédská data zde bylo možné s úspěchem použít. Jen nepatrná část výzkumu pak byla realizována ve finální lokalitě ve Finsku.

UNIKÁT V BUKOVĚ

V Čechách byla nedávno uvedena do provozu jedinečná podzemní laboratoř poblíž obce Bukov v okrese Žďár nad Sázavou. Jde o špičkové vědecké pracoviště zaměřené na testování chování hornin i odolnosti materiálů uvažovaných pro hlubinné úložiště. Nachází se v hloubce 550 m pod povrchem a slouží jako tzv. generická laboratoř. Hodnotí se v ní chování horninového prostředí v hloubce odpovídající předpokládané hloubce hlubinného úložiště vyhořelého

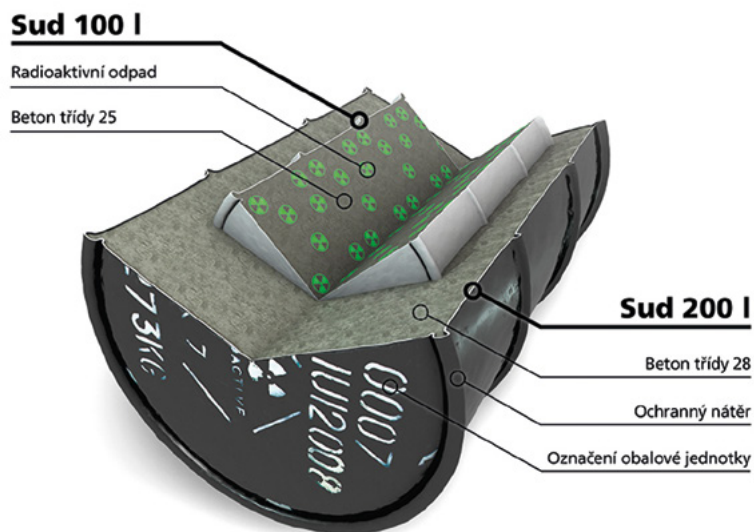
jaderného paliva a vysokoaktivních odpadů. Probíhající a připravované experimentální činnosti jsou zaměřeny na získání dat a pochopení procesů souvisejících s dlouhodobou bezpečností úložiště a s jeho výstavbou a k demonstraci jeho technické proveditelnosti.

Při stavbě PVP Bukov bylo využito stávající infrastruktury likvidovaného uranového dolu v Dolní Rožínce, což umožnilo výrazně snížit náklady na vybudování tohoto díla.

Z dat potřebných pro zhodnocení vhodnosti kandidátních lokalit pro hlubinné úložiště je třeba v první fázi výběru lokalit získat zejména data pro hodnocení dlouhodobé bezpečnosti a ověření, zda výstavba hlubinného úložiště v dané lokalitě může být proveditelná bezpečně a za tomu odpovídající náklady. Povrchový geologický průzkum má jen velmi omezený dosah, a proto je nezbytné získávat data právě z takových míst, která svou povahou odpovídají předpokládanému umístění úložiště.

Generická laboratoř Bukov umožní efektivní plánování výzkumného programu ve finální lokalitě, který bude díky získaným datům cíleně zaměřen na získání specifických a charakteristických dat, bez nutnosti opakovat celý výzkumný program. V případě PVP Bukov se jedná o jedinou terénní lokalitu s vyřešenými střety zájmů v ČR, kde SÚRAO může aktivně působit a získávat reálná data z hloubek úložiště v Českém masívu, která dosud chybí. ●

AUTORKA VYSTUDOVALA GEOLOGII NA PŘF UK
A NYNÍ PRACUJE V SÚRAO



◀ Schéma sudu, do kterého se ukládá nízko- a středněaktivní odpad. Sudy se následně deponují na třech lokalitách v ČR. *Ždroj SÚRAO*

Vše špatné pro něco dobré

Někdejší jaderné testy umožňují určování data narození lidských buněk

JAN ČERNÝ

Jak dlouho žijí buňky v našem těle? Existují takové, které máme od narození? Je možné spočítat, za kolik dní nebo měsíců se obmění buněčné složení našeho těla? V některých případech je to snadné a proces nahrazování můžeme pozorovat v podstatě v reálném čase (např. u střevního epitelu, který se nám obmění za 3–5 dní). Mnohem náročnější je to v případech, kdy je buněčná obměna extrémně pomalá, klasickými metodami v podstatě nezachytitelná. Náhoda však dala moderní biomedicině do ruky nečekaný nástroj.

JADERNÉ TESTY

Pokrok vědeckých metod opět ukazuje, že „vše špatné může být pro něco dobré“. V našem případě se jedná o fakt, že v letech 1955–1963, kdy probíhalo velice intenzivní testování jaderných zbraní, se do ekosystémů dostalo mimořádně velké množství izotopu uhlíku ^{14}C (poločas rozpadu cca 5 700 let). Po této etapě následoval rychlý pokles množství tohoto izotopu v ekosystémech (zabudoval se do organických i anorganických molekul) a dnes se jeho hodnota blíží původnímu stavu (dosáhne ho okolo roku 2030).

Lidé (a vše živé) narození okolo roku 1960 tedy mají ve své DNA zakomponované významně vyšší množství ^{14}C (jsou více metabolicky radioaktivně označeni) než lidé narození dříve nebo později. Do jejich těl se totiž s potravou dostaly organické sloučeniny s vysokou koncentrací ^{14}C . Radioaktivní izotop uhlíku putoval nejprve do rostlin, které ho v podobě oxidu uhličitého zabudovaly do molekul cukrů. Ty byly následně metabolizovány našimi buňkami a ^{14}C se tak stal součástí nejrůznějších molekul, včetně bílkovin a nukleových kyselin (DNA).



▲ Intenzivní testy jaderných zbraní navýšily v ekosystémech objem uhlíku ^{14}C . Snímek zachycuje výbuch první vodíkové bomby. *Zdroj Shutterstock.com*

PAMĚŤ DNA

DNA je v tomto směru zajímavá tím, že jde v našich buňkách o nejstabilnější molekulu s největší „metabolickou pamětí“. Je tvořena dvěma vlákny a při jejím zdvojování (replikaci) jedno z vláken zůstává původní, zatímco druhé se nově dosyntetizuje. Původní molekuly DNA ze 60. let tak v sobě obsahují „vzpomínku“ na tehdejší koncentraci ^{14}C . Ta postupně s dalšími buněčnými děleními klesá spolu se snižující se koncentrací ^{14}C v potravě.

Do molekul tvořících naše současná těla se samozřejmě ^{14}C zabudovává též, ale

jen v malé míře – na 10^{12} atomů stabilních nuklidů ^{12}C a ^{13}C připadá 1 atom nuklidu ^{14}C , který neustále v malém množství vzniká v atmosféře pomocí kosmického záření. Ostatně právě díky tomu je možné datovat paleontologické nálezy.

OBNOVA TKÁNÍ

Zásadní pro využití tzv. „bombového pulsu“ ^{14}C v biosféře je vývoj dostatečně jemných metodik. Abychom byli schopni měřit obnovu tkání na buněčné úrovni, musíme z nich totiž dokázat izolovat jednotlivá jádra, z těch násled-

ně izolovat DNA a tu pak analyzovat pomocí mimořádně citlivé prvkové hmotnostní spektrometrie. Pro každé jádro tak získáme informaci o tom, jaké je v něm zastoupení jednotlivých nuklidů uhlíku ^{12}C , ^{13}C a ^{14}C . Zvýšené množství ^{14}C ukazuje na pomalý buněčný obrat (přítomnost „staré“, původní molekuly DNA); naopak nízký obsah, blížíící se aktuální metabolicky přístupné koncentraci ^{14}C , indikuje opačnou situaci.

Jen buňky, které jsou v tkáni původní a přežívající v diferencovaném stavu po celý život (např. v centrální nervové soustavě je jich většina), mají ve své DNA původní vysoké hodnoty obsahu ^{14}C . Díky možnosti měřit obsah ^{14}C s extrémně vysokou přesností se splnil sen mnoha histologů – objektivně určovat rychlost buněčného obratu jednotlivých tkání. Takto získané výsledky přinesly řadu překvapivých zjištění.

Například lidský hipokampus (součást koncového mozku, která je zodpovědná mimo jiné za krátkodobou paměť) se na buněčné úrovni obměňuje překvapivě rychle. V této evolučně staré části mozku každý den vzniká a zaniká asi 700 nových neuronů, což znamená překvapivě vysokou, asi 1,75%, rychlost ročního buněčného obratu. Pro mozkové oligodendrocyty (buňky myelinizující nervové výběžky v CNS) se naopak jedná o hodnotu nečekaně nízkou – okolo 0,3 % za rok –, tedy mnohem nižší, než je rychlost myelinizační přestavby jako takové. Zajímavým faktem je kupříkladu

► **Výskyt uhlíku ^{14}C v různých druzích srdečních buněk umožňuje vědcům zkoumat rychlost jejich obměny.**

Zdroj O. Bergman, S. Zdzunek: Dynamics of Cell Generation and Turnover in the Human Heart; The Cell 161/7, 2015

i to, že ročně se obměňuje 10 % buněk tukové tkáně, nebo velice omezený buněčný obrat pojivové tkáně Achillovy šlachy, což vysvětluje její omezenou regenerační schopnost.

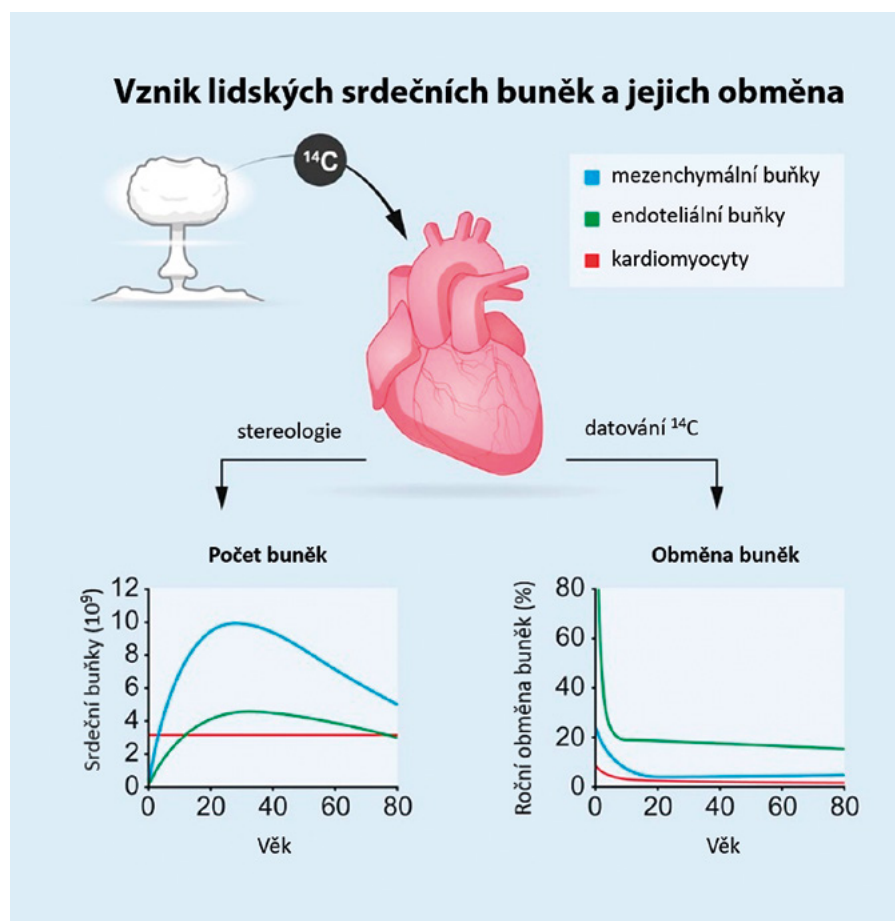
VĚKOVITÍ ŽRALOCI

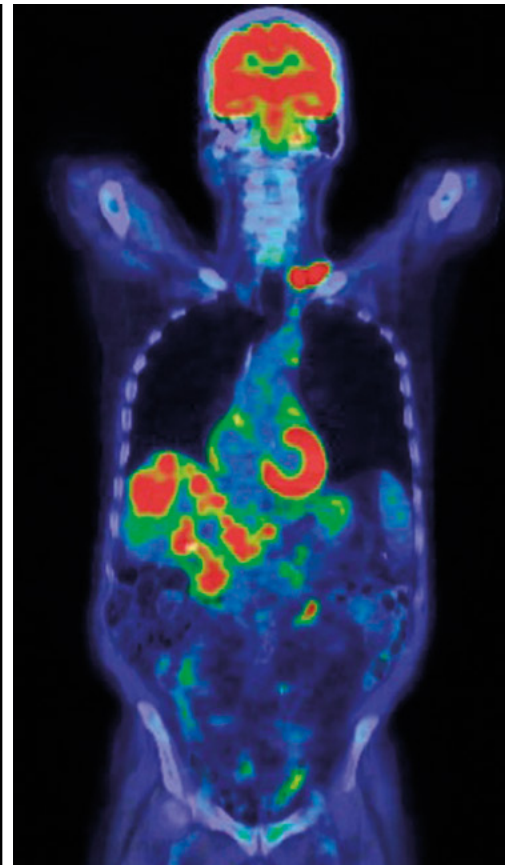
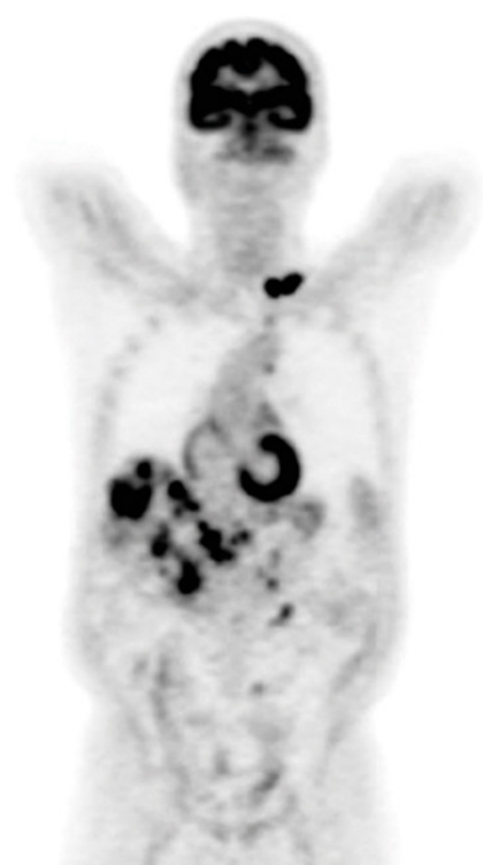
Radioaktivní označení celé biosféry nuklidem ^{14}C je možné využít i pro určování stáří dlouho žijících živočichů. Například v případě žraloka malohlavého (grónského; *Somniosus microcephalus*) se kombinací stanovení obsahu ^{14}C (v buňkách oční čočky) a měření rychlosti růstu těla dospělo k překvapivému zjištění – nejstarší testovaný jedinec, dlouhý 502 cm, může být starý 392 ± 120 let! Prameny uvádějí délku největších jedinců až více než 7 m. Při

započtení rychlosti růstu 0,5–1 cm za rok se tak můžeme dostat k délce života obratlovce blížíící se 1 000 let! Tím by byla překročena nejdelší doba dožití obratlovce zaznamenaná v literárních pramenech – biblického patriarchy Metuzaléma, který dle kapitoly páté První knihy Mojžíšovy (Genesis) zemřel v požehnaném věku 969 let.

Výše zmíněné příklady využití „bombového pulsu“ zdaleka nejsou vyčerpávající. Asi nepřekvapí, že se využívají ve forezních vědách pro určování stáří obětí násilných činů nebo přírodních katastrof. A bez zajímavosti není ani možnost kontroly stáří archivních vín. ●

AUTOR JE VEDOUCÍM KATEDRY BUNĚČNÉ BIOLOGIE





Radioaktivita, která léčí

Diagnostika a nádorová terapie využívají vlastností radioaktivního záření

JAN KOTEK

Hlavní účinek radioaktivity na živý organismus spočívá v tom, že tzv. radioaktivní záření umí při kontaktu s hmotou předat svou energii elektronovému obalu molekul. To vede k vytržení elektronů z molekuly a z té se tak stává kladně nabitý ion – kation. Správně bychom tedy místo pojmu „radioaktivní záření“ měli používat označení „ionizující záření“.

NEBEZPEČNÉ RADIKÁLY

V běžných molekulách vyskytujících se v živých organismech jsou v normálním stavu všechny elektrony spárovány. Zbýlý kation má proto i povahu radikálu, neboť mu zbývá nepárový elektron.

Radikály jsou obecně velmi reaktivní a reagují s ostatními molekulami v okolí. Tím může dojít k chemické přeměně dalších molekul.

Pokud takováto změna zasáhne nositelku buněčné genetické informace – DNA, má daná buňka problém a může i zahynout. Díky opravným mechanismům v buňce se naštěstí velmi často podaří poruchu v DNA spravit a buňka přežije. Při těchto opravách ale může dojít i k mutacím, z nichž některé mohou vést ke vzniku rakovinného chování. Taková buňka se pak nekontrolovatelně dělí a vytvoří nádor.

UV A RENTGEN

Schopnost ionizovat biomolekuly má rovněž ultrafialové nebo Röntgenovo záření. UV záření může výše popsaným mechanismem způsobit např. rakovinu kůže. Oproti záření pocházejícímu z radioaktivních přeměn je ovšem méně energetické a většinou dokáže vytrhnout jen jeden elektron z vnější (valenční) vrstvy jednotlivých molekul. Naopak v případě záření radioaktivního dochází obvykle k ionizaci vnitřních elektronů, což při deexcitaci vede k tvorbě několika radikálů.

Podobně se chová i Röntgenovo záření, které může interagovat s vnitřními

◀ Vlevo záznam PET. Uprostřed anatomický obraz získaný pomocí CT. Vpravo překryv obou metod. Barevná škála ukazuje intenzitu PET signálu (tj. koncentraci pozitron-emitující látky).

Ždroj SEELA, UCLA

elektrony zejména prvků s vysokým protonovým číslem. Proto snadno proletí měkkými tkáněmi tvořenými převážně vodíkem, uhlíkem, dusíkem a kyslíkem, a výrazněji se zachytí pouze v kostech, kde jsou přítomny těžší atomy (vápník, fosfor), čehož se využívá při běžném rentgenovém snímkování, případně při metodě umožňující prostorovou rekonstrukci studovaného objektu nazývané CT (počítačová tomografie).

TERAPIE A DIAGNOSTICKÉ METODY

V radioterapii se využívá schopnosti záření poškozovat buňky – částice α a β^- vzniklé při radioaktivní přeměně vhodných izotopů se absorbují v řádu několika milimetrů a zabíjejí pak všechny buňky v dosahu. Takto lze např. cíleně zničit nádor. Při použití záření γ je jeho množství zachycené v organismu malé a většina proletí skrz nebo vyletí ven (podle toho, kde je

umístěn zdroj záření). Proto je záření γ vhodné pro diagnostické aplikace – má vysokou energii, v organismu prakticky nemá s čím interagovat a pouze jím prolétá.

Toho využívá zobrazovací technika SPECT (jednofotonová emisní počítačová tomografie) pomocí které lze sledovat rozmístění radioaktivní látky v těle pacienta. Protože záření γ může při radioaktivní přeměně odléhat libovolným směrem, je nutné mezi pacienta a detektor vložit tzv. kolimátor. Jedná se o definovaně provrtanou kovovou desku, pomocí které lze určit směr původu záření dopadlého na detektor. Po nasnímání projekcí z mnoha směrů lze pak určit přesnou polohu zobrazované tkáně. Kolimátor však značnou část záření absorbuje a dávka injektovaná pacientovi tak musí být poměrně velká.

Jiná užívaná diagnostická metoda se nazývá PET (pozitronová emisní tomografie). Zde při kolizi další z možných radioaktivních částic – pozitronu β^+ – s její antičásticí elektronem dochází k anihilaci obou částic za vzniku dvou vysoce energetických fotonů, které se rozletají v přesně opačných směrech a vyletí z organismu. Za pomoci kruhového detektoru lze určit ty, které vznikly při stejných anihilacích (ve stejném okamžiku), a kolimátor není potřeba. Radiační zátěž pacienta je v tomto případě mnohem nižší než při metodě SPECT, a metoda PET má též lepší prostorové rozlišení.

NADĚJNÉ LIGANDY

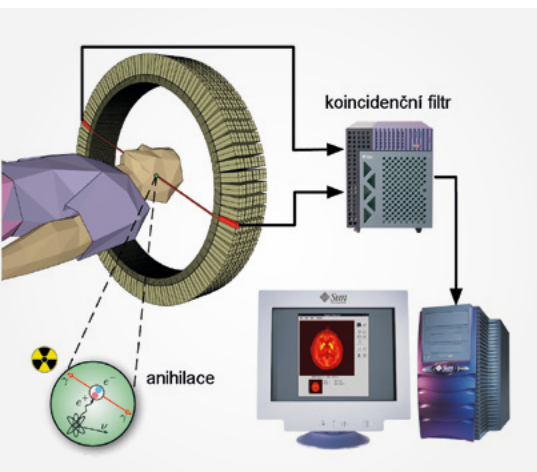
Většina prvků v periodické soustavě jsou kovy, a logicky tedy nabízí mnohem širší paletu radioizotopů než nekovy. Výhodou

je i to, že reakce mezi iontem kovu a vhodným ligandem (organická molekula s heteroatomem majícím volný elektronový pár, např. atomem dusíku nebo kyslíku) jsou obvykle velmi rychlé. K radionuklidům používaným v minulosti (hlavně ^{99m}Tc pro SPECT a terapii, ^{18}F pro PET, ^{90}Y pro terapii, některé izotopy jodu) tak v posledních letech díky pokroku v jaderných technologiích přibyla řada dalších – radioizotopy mědi, gallia, skandia a různých lanthanoidů. Tím se rozšiřuje i paleta možných aplikací – jak z hlediska druhu a energie záření (terapie či diagnostika), tak i z hlediska poločasu přeměny (rychlost práce s danými nuklidy, rychlost dosažení cílové distribuce v organismu).

Radionuklidy musí být pro použití pevně navázány v komplexu, aby nedošlo k jejich uvolnění v organismu. Zároveň musí docházet k jejich kumulaci v cílové tkáni. To chemiky vedlo k návrhu tzv. bifunkčních ligandů – tj. molekul, které na jedné straně pevně komplexují radionuklid, a na straně druhé umožňují navázání komplexu na vhodnou biomolekulu (protilátku, polysacharid, peptid atd.), která zajistí selektivní distribuci v organismu.

Praktické požadavky na ligandy jsou značné – komplexace musí být velmi rychlá a selektivní, vzniklý komplex musí být velmi stálý a nesmí probíhat jeho rozklad vytržením centrálního iontu působením dalších ligandů v organismu (transchelatace), ani nahrazením centrálního iontu biogenním iontem, např. Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} (transmetalace). Těmto kritériím vyhovují zvláště makrocyclické sloučeniny.

Nalezení nových a efektivnějších ligandů je z medicínského hlediska velmi žádoucí a pro chemiky zůstává velkou výzvou. ●



◀ Schematické znázornění zobrazování pomocí PET. Ždroj Wikimedia Commons, autor Jens Maus, volné dílo

AUTOR PRACUJE NA KATEDŘE ANORGANICKÉ CHEMIE



Nízká radioaktivita – potřebná a léčivá

Strach z následků ozáření nám brání využívat jeho blahodárných účinků

VIKTOR GOLIÁŠ

Radioaktivita stejně jako ionizující záření nemá mezi laiky zrovna dobrou pověst. Vysoké dávky lidskému organismu samozřejmě škodí – celotělové ozáření dávkou několika Sv (sievert – dávkový ekvivalent účinnosti ionizujícího záření na živou hmotu) může být i smrtelné. V oblasti nízkých dávek (pod 100 mSv) je nicméně situace diametrálně odlišná a reakce organismu na ozáření může být pozitivní.

CO ŘÍKÁ PŘÍRODA

Přesvědčivě k nám v tomto směru hovoří pozorování z přírody. Živé organismy žijí v přirozeném poli ionizujícího záření od svého vzniku před cca 4 miliardami let a jsou na tyto úrovně záření adaptovány. V té době zde byla radioaktivita dokonce podstatně vyšší, její hladina v důsledku rozpadu radionuklidů se totiž stále snižuje. Podle WHO jsou dnes pro

člověka obvyklé dávky z přirozeného pozadí mezi 1 a 10 mSv/rok.

Řada výzkumů navíc potvrzuje, že ionizující záření přirozených úrovní má biogenní, organismu prospěšný charakter. A je naopak pravděpodobné, že izolace do míst s radioaktivitou blízkou nule by byla biologicky nepříznivá. Takové podmínky na Zemi nikdy nebyly

◀ **Přírozenou radioaktivitu lze dobře pozorovat v tzv. mlžné komoře. Médiem je zde izopropanol, jehož výpary kondenzují vlivem ionizujícího záření.** *Zdroj Wikimedia Commons, autor Nuledo CC BY-SA 4.0*

a toto hypotetické prostředí je všem organismům zcela cizí.

Potvrzují to i nové biologické experimenty, kdy byly zkoumány biochemické děje v odstíněné bakteriální kolonii (přibližně na 1/100 běžné úrovně). Jako hlavní rozdíl oproti kontrolnímu vzorku bylo pozorováno pomalejší dělení DNA i nízká odolnost oproti následnému stresování. Zdá se tedy, že radioaktivitu a ionizující záření prostě k životu potřebujeme.

Velmi poučný je i tzv. HBNRA paradox (high background natural radiation areas, tj. oblasti s vysokým radiačním pozadím). V některých oblastech Země (např. Ramsar v Íránu či Misasa v Japonsku) je v důsledku vysokých koncentrací radionuklidů v podložních horninách radioaktivita vyšší až 200× oproti běžným úrovním. Všechny epidemiologické studie provedené na těchto územích bez výjimky ukázaly, že tato přírodně ozářená populace je zdravější a déle žijící než populace obyvatel kontrolních oblastí.

OBAVY Z RADIOAKTIVITY

Při hodnocení radioaktivity bohužel stále sehrává svou roli tzv. lineární bezprahová teorie (LNT, linear no threshold theory), podle které by měla být škodlivá jakákoli dávka záření. Tato teorie již není vědeckou komunitou obecně přijímána – moderní studie ji nepotvrzují a je považována za vyvrácenou.

Odvolávání se na LNT v radiační ochraně na poli nízkých dávek je tak dnes motivováno zejména politicky a znamená pouze neodůvodněné náklady bez pozitivních efektů. LNT je rovněž

zodpovědná za posilování nebezpečného iracionálního strachu před radioaktivitou, označovaného jako radiofobie.

V této souvislosti poukazuje organizace SARI (Scientists for Accurate Radiation Information) například na to, že panika, která propukla mezi těhotnými ženami po havárii v Černobylu v roce 1986, měla v Evropě a zejména ve Skandinávii za následek okolo 100 000 umělých potratů. Pravděpodobnost poškození plodu nízkou dávkou záření přitom byla podle odborníků zanedbatelná.

Rovněž při jaderné havárii ve Fukušimě, která sama neměla oběti na životech, přinesla největší škodu přehnaná reakce vládních úřadů. Povinná evakuace způsobila stresovou situaci, která spolu s obavami z kontaminace vedla k významnému nárůstu počtu sebevražd. Riziko negativních zdravotních účinků i podle měřítek LNT bylo ovšem velice nízké.

STRAŠÁK RADON?

Radon (^{222}Rn) je radioaktivní plyn, který zná snad každý stavebník. Musí ho totiž měřit ještě před stavbou a podle výsledků provádí izolace, neboť radon je považován za rizikový faktor rakoviny plic. Pošší vědci však provedli metaanalýzu (do roku 2017) třiceti čtyř



▲ **Radonovou lázeň ocení všichni, kdo mají potíže s pohybovým aparátem.**

Foto Petr Sobotka

radonových studií, jejich závěry jsou následující: u všech byla primární data vždy hodnocena podle LNT, zatímco při použití nezátížené statistiky nebyla mezi rakovinou plic a radonem v domě nalezena závislost až do úrovně 1 000 Bq/m³.

Radon je mimochodem v různé míře obsažen v každé podzemní vodě. Jako minerální radonové vody jsou dle zákona označovány vody s aktivitou vyšší než 1 500 Bq/litr.

Při vystavení nízkým dávkám reagují živé organismy (eukaryota i prokaryota) tzv. adaptivní odezvou, spojenou hlavně měrou s aktivací reparačních mechanismů DNA. Tyto zářeními vyvolané mechanismy pak opraví i další defekty DNA, které zářeními původně nevznikly. Celkový efekt, známý jako radiační hormeze, má pozitivní charakter. Za vysvětlení biochemického procesu oprav DNA byla v roce 2015 udělena Tomasi Lindahlovi, Paulu Modrichovi a Azizu Sancharovi Nobelova cena za chemii.

RADIOAKTIVNÍ LÁZNĚ

V balneologii je již více než 100 let známa radonová terapie, která funguje na výše uvedeném principu. Biochemická i somatická odezva na nízké dávky záření je komplexní, účinky můžeme obecně označit jako stimulační. Nejvíce se užívají k léčbě nemocí pohybového systému, zánětlivých a alergických nemocí a dalších vážných chorob.

Přírodní radonové radioaktivní vody jsou mimořádně účinné, ze všech typů přírodních minerálních vod mají nevyšší fyziologický impakt. Proto jsou balneology celosvětově velmi ceněny a využívány. Jednou z vlnkových lodí jsou naše lázně v Jáchymově, kterým je v tomto čísle věnován samostatný článek. ●

AUTOR PRACUJE V ÚSTAVU GEOCHEMIE,
MINERALOGIE A NEROSTNÝCH ZDROJŮ



Léčivá voda z Jáchymova

Dobývání rud v Krušných horách vedlo k objevu léčivé radioaktivní vody

JAKUB JELEN

V polovině 19. století odstartovala v jáchymovských rudných dolech nová těžební etapa. Po těžbě stříbra či kobaltu v 16. a 17. století se do popředí dostává dobývání smolince (rudy s obsahem uranu), který byl využíván k výrobě barev na sklo a porcelán. V roce 1864 došlo v uranovém dole Svornost k průvalu vody, která postupně zaplavila celou šachtu. Jednalo se o teplý a velmi vydatný pramen, jenž tehdejší čerpací technika nebyla schopna zvládnout, a tak došlo k uzavření dolu.

Uran se však dále těžil v okolních dolech, jejichž produkce směřovala do jáchymovské továrny na výrobu uranových barev, která byla založena roku 1855. V roce 1898 si odpad z této továrny vyžádali k vědeckým účelům manželé Curieovi. Marie Curie-Sktodovská následně jako první na světě objevila nový prvek – radium, čímž navázala na dva roky starý objev radioaktivity Henrim Becquerelem. Tyto dva objevy nastartovaly rozvoj výzkumu radioaktivity a spolu s tím i počátky jáchymovské radioaktivní léčby.

POČÁTKY LÁZEŇSTVÍ

Na základě vyprávění jáchymovských havířů o tom, že je důlní voda zbavila bolestivých problémů, byl okresní lékař dr. Leopold Gottlieb pověřen, aby tyto léčebné účinky ověřil. Dr. Gottlieb zkoumal teplé prameny na jednom z jáchymovských dolů (důl Werner) a zjistil, že zdejší voda je značně radioaktivní. A tak v roce 1906 v domě pekařského mistra zřídil dvě lázeňské kabiny pro radioaktivní koupele, přičemž voda byla donášena ručně

◀ **Lázeňský hotel Radium Palace** slouží návštěvníkům Jáchymova již **více než sto let**. *Zdroj Wikimedia Commons, autor LenkaSvasek - vlastní dílok, CC BY-SA 4.0*

v putnách z téměř 5 km vzdáleného dolu Werner.

Díky prokazatelně pozitivním účinkům začal zájem o léčbu prudce stoupat a v roce 1907 již bylo potřeba vodu vozit povozem. Původní lázeňské kabiny kapacitně nedostačovaly, a proto byly nejprve otevřeny další čtyři v budově továrny na uranové barvy a posléze byla v roce 1911 v jejím sousedství postavena první lázeňská budova, do které se již voda sváděla několikakilometrovým potrubím.

ROZKVĚT LÁZNÍ

V roce 1910 se díky stoupající poptávce začal budovat moderní hotel Radium Palace. Stavba byla dokončena v květnu 1912, tedy za necelé dva roky. Tento přepychový palác, zařízený původně pro vysokou šlechtu a zámožnou mezinárodní klientelu, byl vybaven nejmodernějšími technickými vymoženostmi. Nacházelo se zde 250 pokojů se 300 lůžky a 40 kabin pro radioaktivní koupele. Do každého pokoje byla zavedena teplá i studená voda, elektrické osvětlení, ústřední topení či meziměstský telefon. Díky tomu byl zařazen mezi deset nejluxusnějších hotelů v Evropě.

Stoupajícímu počtu lázeňských hostů již nestačila kapacita pramenů z dolu Werner. Bylo tedy vzpomenuáno na zatopený důl Svornost, ze kterého byla v roce 1924 voda odčerpána a pramen, který zatopení způsobil, byl radiometricky analyzován. Výsledky analýzy dopadly velmi pozitivně, pramen byl pojmenován Curie a započalo jeho čerpání a rozvod přímo do jednotlivých lázeňských domů.

VÁLKA A POVÁLEČNÁ LÉTA

Rozkvět přerušila 2. světová válka, v průběhu které sloužily jáchymovské lázně jako nemocnice pro německé důstojníky. Po jejím konci se očekávalo navázání na slibný rozvoj, ke kterému však kvůli masivní těžbě uranových rud pro vojenský průmysl tehdejšího SSSR nedošlo. Radium Palace byl přeměněn na léčebnu ROH, ostatní budovy sloužily jako ubytovny pro pracovníky jáchymovských dolů. Život lázní se téměř na 20 let zastavil.

Po ukončení těžby uranu však získalo město v roce 1963 statut lázeňského města a 1. ledna 1964 vznikly Československé státní lázně. Postupem času byly na dole Svornost zachyceny další radioaktivní prameny, poslední, pojmenovaný Agricola, byl objeven v roce 2000. Kdyby tyto prameny neexistovaly, jáchymovské lázně by zanikly, neboť původní prameny z dolu Werner se kvůli postupující těžbě uranu v 50. letech 20. století ztratily.

Důl Svornost je dnes díky čerpání radioaktivní vody nejstarší dosud využívaný důl nejen v Česku, ale i v Evropě. Léčebné lázně Jáchymov mají v současnosti k dispozici přes 1 100 lůžek v řadě budov, ročně léčí okolo 20 000 pacientů z celého světa a pracuje zde přes 600 zaměstnanců, včetně několika desítek horníků, kteří se starají o důl Svornost, jenž je od roku 1964 majetkem lázní.

KOMU LÉČBA POMÁHÁ

Léčba radioaktivními koupelemi je určena především pacientům s nemocemi pohybového ústrojí, jako jsou revmatická onemocnění (např. artritida), Bechtěrevova nemoc nebo dna. Koupele umí zjednodušeně řečeno „nastartovat“ opravné procesy v jádrech buněk, kladně ovlivňují imunitní systém, mají protizánětlivé účinky, zvyšují tvorbu



▲ **Čerpání radonové vody v dole Svornost.** *Zdroj Flickr, autor abejorro34*

některých enzymů, které působí proti volným radikálům, a v neposlední řadě zmenšují bolesti a zlepšují pohybové schopnosti.

Jáchymovské lázně navštívila celá řada známých osobností, mezi nejvýznamnější patří Marie Curie-Sklodovská, Tomáš G. Masaryk, egyptský král Faud, guvernér města Říma kníže Boncompagni Ludovisi, spisovatelé Karel May či Alois Jirásek, kritik František Xaver Šalda, skladatel Richard Strauss či první kosmonaut Jurij Gagarin. ●

AUTOR STUDUJE NA KATEDŘE SOCIÁLNÍ GEOGRAFIE A REGIONÁLNÍHO ROZVOJE



Černobylská „mrtvá“ zóna

Dlouhodobá izolace kontaminované oblasti dala vzniknout jedinečnému ekosystému

MATĚJ VRHEL

V dubnu 1986 došlo poblíž hranice Ukrajiny s Běloruskem k nejznámější jaderné katastrofě. Nevydařený experiment v černobylské jaderné elektrárně, která v té době procházela dostavbou reaktorů, skončil tragédií nemající obdoby. Počet obětí následků katastrofy je odhadován až na statisíce (odhady značně kolísají, rakovinou prokazatelně onemocnělo cca 20 000 obyvatel). Většina z nich nesouvisela bezprostředně s havárií, ale se snahou SSSR, i přes probíhající perestrojku a glasnost, nehodu zatajit, resp. bagatelizovat její následky. Nebýt nálezu radioaktivního spadu několik hodin po katastrofě ve švédské jaderné elektrárně se to málem podařilo.

PŘÍRODA V ZÓNĚ

Vylidnění rozsáhlých oblastí na pomezí dnešní Ukrajiny a Běloruska dalo vzniknout unikátnímu ekosystému, kterému na rozdíl od běžné kulturní krajiny nedominoval člověk. Oblast se několik měsíců po nehodě stala doslova mrtvou – původní zvířena zasažená radiací prakticky vymřela a postupem času ji nahradila divoká zvěř ze sousedních oblastí hledající útočiště před člověkem.

Opuštěné vesnice a sovchozy poskytly těmto zvířatům dostatek potravy pro růst populace oproti původním stavům. Zvířata ztratila vrozenou plachost a dnes je možné potkat zejména lesní

šelmy jako medvědy, lišky, vlky, které se pohybují v blízkosti opuštěných sídel a zvědavě si prohlížejí lidské vetřelce. Zvláštní osud potkal domestikovaná zvířata – obyvatelé oblasti si při evakuaci nemohli svá zvířata odvézt a tak je dodnes možné nacházet kostry domácích zvířat v opuštěných bytech, domech a hospodářských budovách.

Především psům se však podařilo uniknout do volné přírody a dnes jejich potomci tvoří významnou složku místní fauny. Jsou jich celé smečky a shromažďují se u míst s intenzivním cestovním ruchem např. u památníků. Psi jsou přátelští a z řad turistů si vybírají své dočasné pány,

◀ **Nový sarkofág výrazně změnil panorama černobylské elektrárny. Obří stavba má izolovat nebezpečné látky na další desítky let. V popředí Pripjať – „město duchů“.** *Foto Shutterstock.com*

kteří pak za kousek jídla doprovázejí a ochraňují. Nemají obojky ani čipy. Ukrajinská vláda se v minulosti neúspěšně snažila o jejich odchyt a sterilizaci, ale nakonec přenechala jejich osud přírodě.

LIDÉ V ZÓNĚ

Hlavním zdrojem příjmů v oblasti je stále elektrárna. Elektřinu již sice nevyrábí, ale práce na údržbě sarkofágu chránícího svět před další radiací zaměstnává 2-3 tisíce dělníků, kteří sem každý den přijíždějí vlakem. Délka jejich pracovní doby je přímo úměrná množství radiace, které jsou vystaveni a je kontrolována při příjezdu a odjezdu přímo na nádraží. Dalším zdrojem příjmů se v posledních letech stal cestovní ruch.

V elektrárně vyrostlo moderní turistické centrum, které nabízí možnost seznámit se s průběhem katastrofy a navštívit řídicí centrum identické s tím z nehody v sousedním bloku. Prohlídku elektrárny a nedalekého opuštěného města Pripjať nabízí hned několik cestovních kanceláří. Jejich zájezdy jsou i přes zdání velkého rizika bezpečné a klienti těchto kanceláří vybavení dozimetry se dostanou pouze do bezpečných, avšak chronicky známých míst, kde je riziko radiace minimální.

Od nebezpečných zón jsou návštěvníci odděleni kontrolními stanovišti, které jsou bez souhlasu úřadů nepřístupné.

▶ **Areál elektrárny nedávno získal nové využití – byly zde nainstalovány solární panely a místo tedy znovu slouží k výrobě energie.** *Foto Reuters*

Místních obyvatel v černobylské oblasti mnoho nežije, téměř všichni byli evakuováni bezprostředně po nehodě. Výjimku tvoří tzv. „černobylské bábušky“. Jejich věk se pohybuje již přes osmdesát let a jsou to většinou vdovy po hasičích a zaměstnancích elektrárny, které i přes zákaz vlády dožívají v původních venkovských roubenkách. Většina z nich sice vlastní byt v „chruščovkách“ v Kyjevě nebo Charkově, které získaly ještě v dobách SSSR jako kompenzaci za vysídlení.

Tyto ženy však chtějí dožít ve svých domovech a snaží se být soběstačné. Produkují vlastní ovoce a zeleninu, chovají hospodářská zvířata, velkou pomoc jim poskytují posádky kontrolních stanovišť dovozem nákupů a zajištěním lékařské péče. Příliv turistů v posledních letech berou bábušky jako zpestření důchodu. Rády turisty na svých zahradách pohostí a poslechnou si novinky ze světa. Za pohoštění domácími potravinami a alkoholem nechtějí peníze, ale využijí turisty jako pomocnou sílu při práci na zahradě či na domku.

VÝHLED DO BUDOUČNA

Podle odhadů vědců bude oblast kolem elektrárny na dalších 24 tisíc let pro

člověka neobyvatelná, s postupujícími roky odejdou s černobylskými bábuškami poslední lidští obyvatelé zakázané zóny. Lidé však z této oblasti určitě zcela nezmizí. Sílicí cestovní ruch hnaný touhou poznat místo katastrofy a relikty dob SSSR vede k budování turistické infrastruktury. Ukrajinská vláda si je potenciálu oblasti dobře vědomá a tyto aktivity podporuje. Zabezpečení elektrárny před únikem radiace ze sarkofágu nad zničeným reaktorem číslo čtyři bude zcela nepochybně dávat práci tisícům dojíždějících dělníků ještě desítky let.

Poslední reaktor přestal energii vyrábět před devatenácti lety, v elektrárně se přesto od loňského roku opět elektřina vyrábí. Konsorcium ukrajinsko-německých firem se rozhodlo využít rozsáhlý areál pro instalaci solárních panelů a elektrárna dnes zásobuje energií na dva tisíce ukrajinských domácností. Snahou konsorcia bude do budoucna zvýšit její výkon instalací dalších panelů ze současné jedné megawatty na sto megawatt, což je představuje jednu desetinu výkonu zničeného reaktoru. ●

AUTOR STUDUJE NA KATEDŘE SOCIÁLNÍ GEOGRAFIE
A REGIONÁLNÍHO ROZVOJE



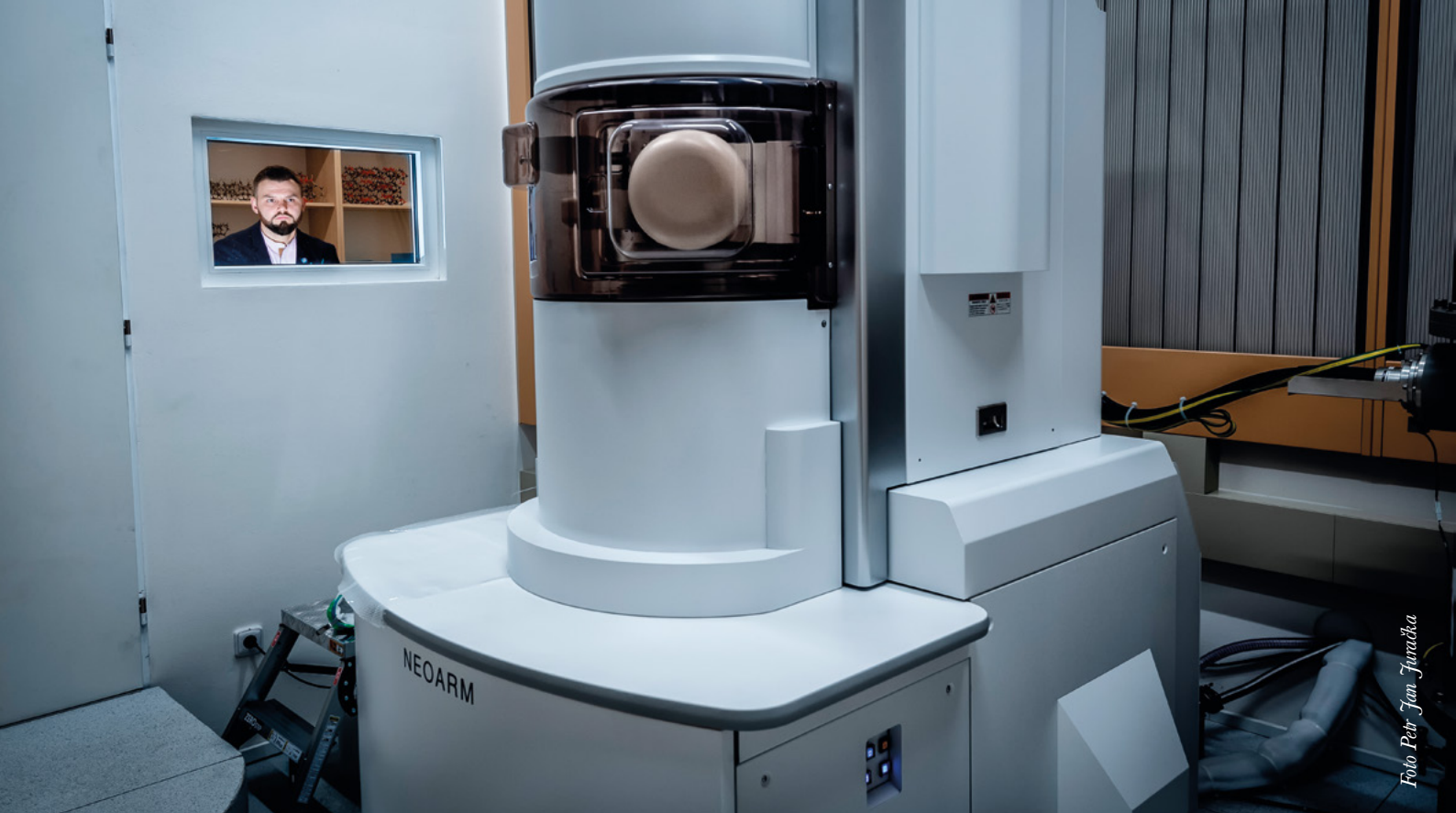


Foto Petr Jan Juračka

Bentley mezi mikroskopy

Špičkové zařízení umožní vědcům i studentům zkoumat nové typy nanomateriálů

JOSEF MATYÁŠ

V polovině ledna byl na Přírodovědecké fakultě UK uveden do provozu mikroskop schopný zobrazit i jednotlivé atomy. Vedoucí laboratoře a hlavní operátor přístroje, polský chemik Michal Mazur, přirovnává jeho výkon k osobnímu vozu Bentley.

Jak chcete mikroskop využívat?

Přístroj patří do klíčového vybavení projektu CUCAM (Charles University Centre of Advanced Materials). Máme v úmyslu s jeho pomocí navrhovat, připravovat a využívat materiály, které nelze vytvořit tradičními metodami. Chceme konkurovat nejlepším světovým pracovištím.

Smělé cíle. Jakých výsledků jste zatím dosáhli?

Zaměřujeme se například na zeolity, hlinitokřemičité minerály s mikropórní strukturou. Nacházejí se v přírodě, kde za hydrotermálních podmínek pomalu krystalizují, ale také se vyrábějí synteticky. V současné době je známo téměř 250 typů zeolitů, z toho dva jsme vytvořili v naší výzkumné skupině. Vyvinuli jsme světově unikátní metodu, kdy vhodný zeolit chemicky rozdělíme na jednotlivé vrstvy a poté je uspořádáme do nové struktury s požadovanými vlastnostmi. Jako když přeskládáte kostky lega. Nyní například vytváříme nové zeolity s kontrolovatelnou veli-

kostí kanálek dopované nanočásticemi palladia.

V centru máte špičkový elektronový mikroskop, zkuste ho přirovnat k automobilu. Vůz jaké značky byste vybral?

Existují mikroskopy s vysokým rozlišením a naproti tomu přístroje, které umožňují pozorovat vzorky při minus 170 stupních Celsia. Ty bych zařadil mezi vozy Porsche. Ovšem takových mikroskopů, které dovedou kombinovat obě možnosti bez ztráty kvality měření, je pouze několik na celém světě. Přirovnal bych náš stroj tedy nejspíše k vozům Bentley. Mají špičkový výkon a není jich mnoho.

Přináší uvedená kombinace nějaké výhody při zobrazování zeolitů?

Když tímto materiálem prochází svazek elektronů, uniká z mikropórů vodní pára, která narušuje vazby ve struktuře zeolitu. Pokud je ale v kryopodmínkách, vysoký mráz zabraňuje odpařování vody a vzorek déle vydrží. Zmíněná kombinace je výhodná také při sledování rozmanitých hybridních (organicko-anorganických) porézních materiálů a tzv. MOFů (metal-organic frameworks) s vazbami mezi kovem a organickými linkery.

Zmínil jste vysoké rozlišovací schopnosti. Co nejmenšího můžete v mikroskopu pozorovat?

V největším rozlišení vidíme na obrazovce bílé, černé a šedé body. Bílé jsou jednotlivé atomy, černé znázorňují mikropóry v zeolitu a šedé ukazují vazbu mezi atomy. Maximální rozlišení mikroskopu je 0,1 nanometru.

Umožní detailní poznání měnit vlastnosti materiálů?

Určitě. Zmínil jsem se o vývoji zeolitů s nanočásticemi palladia. Když zjistíme jejich přesnou polohu ve struktuře, můžeme další syntézou zlepšovat jejich rozmístění a velikost, až dostaneme optimální variantu pro danou aplikaci.

Jaké uplatnění nové typy zeolitů najdou?

Lze je využít jako katalyzátory a molekulová síta, jež mohou dále usnadnit zpracování ropy na důležité meziprodukty (například benzín, naftu nebo ethylen a propylen pro výrobu polymerů). Přispějí také k vývoji meziproduktů pro přípravu nových léků

► **Zeolit pod mikroskopem, bílé body jsou atomy, černé jsou mikropóry, šedé ukazují vazbu mezi atomy.** *Michal Mazur et al., Inorg. Chem. Front., 2018,5, 2746-2755*

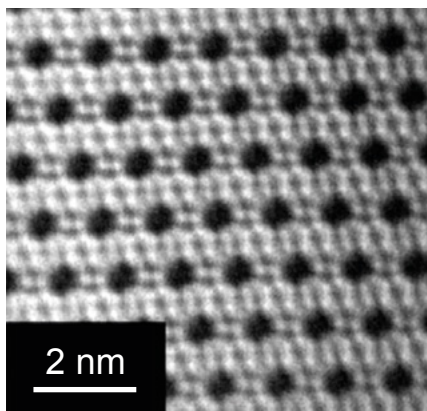
nebo vonných látek. Důležitý je rovněž ekologický přínos – zeolity mají vedle mnoha užitečných vlastností (například silně kyselých center) chemické složení podobné písku, takže mohou nahradit řadu dnes používaných nebezpečných látek.

O pozorování jakých materiálů očekáváte největší zájem?

Náš výzkum v rámci projektu CUCAM je zaměřen zejména na zeolity. Kromě nich budeme studovat například různé polymery a hybridní porézní organicko-anorganické materiály. Tento přístroj by měl sloužit i dalším zájemcům se zajímavými problémy v oblasti nanosvětla.

Působil jste na univerzitách ve Skotsku a ve Švédsku, kde mají podobné mikroskopy. Čím se přístroj v Praze odlišuje?

Především je vybaven dálkovým ovládním. Operátor pracuje v samostatné místnosti izolované od mikroskopu a na monitoru pozoruje zkoumaný materiál. Zároveň může vedle obsluhy sedět autor vzorku, takže mohou například probírat, jaké části látky je nutné prozkoumat podrobněji. Kdyby se nacházeli přímo u mikroskopu, moc by si nepopovídali, protože jakýkoliv zvuk vyvolává vibrace a ty ovlivňují sledování. Další výhodou je možnost pozorovat



vzorek v kryoprostředí a zároveň ve vysokém rozlišení. Dále můžeme uložit do paměti počítače nastavení mikroskopu, které jsme použili při pozorování konkrétních materiálů. Pokud bude po čase nutné změřit například 10 vzorků za stejných podmínek, stačí dát počítači pokyn, aby mikroskop pracoval v požadovaném režimu. Značně tak uspoříme čas, protože vyladování přístroje před každým měřením trvá minimálně hodinu.

Bude mikroskop k dispozici pro celou fakultu?

Už nyní čeká ve frontě hodně vzorků na měření. Až vyškolím další operátory, což potrvá asi měsíc, začne mikroskop pracovat na plný výkon. Pak ho kromě členů CUCAM budou moci využívat také studenti bakalářských a magisterských programů, kteří jsou srdečně zváni ke spolupráci.

Jak dlouho potrvá, než dostanou výsledky měření?

Záleží na typu vzorku a množství informací, ale předpokládám, že v průměru jim výsledky předáme během jednoho týdne.

Jaké podmínky musí mít vědec pro svůj další růst?

Tým, se kterým si rozumí a který ho podporuje. Každý ví, co má dělat a co může očekávat od ostatních členů skupiny. Důležitá je rovněž svoboda výzkumu, tím myslím možnost zkoušet nápady na první pohled nerealizovatelné. Další podmínkou jsou peníze. Mikroskop stál 60 milionů korun a pořídlí jsme ho díky operačnímu programu Výzkum, vývoj a vzdělávání Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy. ●



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Novinky v Katalogu pro učitele

Přírodovědci.cz rozšiřují nabídku zajímavých exkurzí a přednášek



▲ **Antropogenní jezero Medard, Sokolov.** *Zdroj Wikimedia Commons, autor Lubor Ferenc, vlastní dílo, CC BY-SA 3.0*

PROMĚNY MONTÁNNÍ KRAJINY A HORNICKÉ PAMÁTKY ČESKA

Pokud v nějaké oblasti dojde k ukončení těžby nerostných surovin, vždy vyvstane otázka, jak s pozůstatky po těžbě naložit. Česko má díky pestré hornické historii řadu lokalit, ve kterých je možné nalézt stopy hornické činnosti. Jak se ale s hornickým dědictvím vyrovnat? Je vhodné stopy po těžbě zcela zahladit nebo naopak vybrané prvky zachovat a hledat pro ně nové využití? Přednáška představí proměny vybraných hornických regionů a způsoby ochrany, využívání či interpretace hornické historie. Zvláštní pozornost je věnována oblasti Krušnohoří, kde nalezneme pestrou mozaiku pozůstatků po těžbě stříbra, kobaltu, radia či uranu, díky čemuž je oblast nominována k zápisu na seznam světového dědictví UNESCO.

Možnost výjezdu: ano (čtvrtek, pátek)
Počet hodin čistého času: 1:30 hod.
Technické požadavky: projektor ●

▲ **Dlažba ve stanici Karlovo náměstí je z hudčické žuly.**

Zdroj Wikimedia Commons, autor Šfů, vlastní dílo, CC BY-SA 3.0

KAMENY PRAŽSKÉHO METRA

Není kámen jako kámen. Exkurze vedená převážně stanicemi pražského metra ukáže různé druhy dekoračních kamenů používaných v našem hlavním městě. Na geologické mapě si ukážeme rozmanitost českého masivu, kterou si následně ověříme přímo ve stanicích metra. Exkurze má rychlý spád, nikde se nezdržíme příliš dlouho. Program a způsob výkladu je modifikovatelný podle věku a znalostí studentů.

Věk: 2. stupeň ZŠ, SŠ; **trvání:** 65–75 min;
požadavky: lítačka či jízdenka na minimálně 75 minut. **Program:** sraz – Palackého náměstí před pomníkem F. Palackého

I. přivítání, vysvětlení základů geologie, geologická mapa Česka, pomník Palackého – Požárská žula (15 min)
II. metro Karlovo náměstí – Hudčická žula (5 + 2 min) **III.** metro Národní třída – (3 + 1 min) **IV.** metro Můstek – Lipnická a Dolnobřezinská žula (5 min)
V. Václavské náměstí – budova Komerční banky, podstavec sv. Václava (15 min)
VI. metro Muzeum C – Hudčická žula (2 + 1 min) **VII.** metro Hlavní nádraží – Řásenská žula (4 + 2 min) **VIII.** metro Florenc – Liberecká žula; shrnutí – geol. mapa, zakončení (10 min) + časová rezerva 10 min

Maximální počet lidí: 20

Počet hodin čistého času: 1:15 hod

Univerziáda s fakultní stopou

České barvy hájila na mezinárodní scéně i studentka naší fakulty



ME 2018, Tallin, Estonsko.

Foto Stephen Fisher, World Curling Federation



Světovou univerziádu asi není třeba dlouze představovat. Tato mezinárodní sportovní akce je vlastně jakousi olympiádou vysokoškolských studentů a její tradice sahá až na konec 50. let minulého století. Zúčastnit se jí mohou studující do 26 let, které na výpravu nominuje ČAUS – Česká asociace univerzitních sportů.

Češi se her zúčastňují pravidelně a v minulosti – ještě jako Československo – dvakrát pořádali jejich zimní variantu. Na rok 2019 připadá jak letní, tak zimní univerziáda. Ta prvá proběhne v červenci v Neapoli, druhá se před nedávnem (od 2. do 12. 3.) konala v ruském Krasnojarsku, v centrální části Sibíře. České univerzity při ní reprezentovalo 84 závodníků, z nich 17 má za svou alma mater Univerzitu Karlovu. S ohledem na žánr – sport – je pochopitelné, že naprostá většina z nich studuje na FTVS. Jednu z výjimek představuje studentka magisterského cyklu na katedře buněčné a vývojové biologie Přírodovědecké fakulty UK Alžběta Baudyšová.

Alžbětinou sportovní disciplínou je curling – týmová hra, která vyžaduje zejména cit a odhad a rovněž spolupráce, kteří se umí dobře ohánět speciálními košťaty. Těmi se podle potřeby urychluje či brzdí kluzný pohyb vrženého kamene. Alžběta se curlingu věnuje 9 let a má na svůj věk bohatou sportovní historii – zúčastnila se olympijských her mládeže, mistrovství světa juniorů, mistrovství Evropy dospělých a loni jí jen těsně unikl start na olympijských hrách v Jižní Koreji. Univerzitu Karlovu a Přírodovědeckou fakultu však reprezentovala vůbec poprvé.

A jakého úspěchu se českému curlingovému týmu podařilo na univerziádě dosáhnout? Tentokrát se našim

hráčkám příliš nedařilo a v celkovém hodnocení skončily až na devátém místě. Zvítězil tým Švédska před Ruskem a Kanadou. Na akci podobného typu je ovšem velmi těžké se prosadit – nejde totiž jen o kvalitu konkurence, nýbrž i o fakt, že tým je složen pouze pro danou příležitost a málo sehrané hráčky teprve v průběhu turnaje hledají optimální rytmus.

Curling je v Česku stále poměrně mladý a pro většinu populace velmi exotický sport, jeho popularita ale našťastí stále roste. Studenti PŘF mají skvělou příležitost se s tímto sportem seznámit – curling se dá zapsat v rámci tělesné výchovy. PŘF má dokonce i vlastní curlingový klub a mnoho ze studentů, co si curlingem jako tělesnou výchovou prošli, u něj zůstává a hrají v některé z našich dlouhodobých soutěží, často i na vysoké úrovni. Curling je zkrátka skvělou příležitostí k aktivnímu odpočinku po dni stráveném v přednáškovém sále či laboratoři. ●



Pražská muzejní noc 2019

Druhá červnová sobota bude již po šestnácté patřit muzeím a galeriím

Akce, během níž se každým rokem mobilizuje velká část kulturymilovné veřejnosti, proběhne o sobotní noci 8. června. Většina zapojených institucí, kterých letos bude opět několik desítek, otvírá své brány mezi 19. večerní a 1. ranní hodinou. Muzea, galerie a další instituce nabídnou vedle prohlídek expozic a výstav i řadu koncertů, přednášek, workshopů a dílen, filmových projekcí, či dokonce divadelních představení. Zkrátka neprijdou ani nejmenší návštěvníci, kteří si budou moci vybrat z mnoha atraktivních stanovišť připravených jen pro ně. Patříte-li k výkonnostně založeným jedincům, můžete se pokusit stihnout navštívit za jeden večer co nejvíce lokalit. V tom vám jistě pomohou speciální autobusové linky Dopravního podniku hl. m. Prahy, které otevřené objekty propojí.

V rámci Pražské muzejní noci otevřete svá pro mnohé utajená muzea a sbírky i Přírodovědecká fakulta UK na pražském Albertově. Jestli vás při vyslovení slov „univerzitní areál“ přepadne pocit, že půjde o místo, kde vládne jen dril a disciplína či rovnou nuda a šed', Přírodovědecká fakulta vás vyvede z omylu. Nejjižnější cíp Nového Města pražského, který těsně přiléhá k hradební zdi, je místem, kde by se charisma dalo přímo krájet. Působily tu nejen slavné osobnosti české a světové vědy, ale kráčely tudy, přinejmenším v listopadu v letech 1939 a 1989, i české dějiny.

V budovách, v nichž probíhá výuka nejrůznějších přírodovědeckých předmětů, se skrývají Chlupáčovo muzeum historie Země, plné paleontologických sbírek, nebo Mineralogické muzeum.



▲ Přírodovědci mají jako vždy připravený zajímavý doprovodný program. Těšit se můžete třeba na Muzeum pod mikroskopem. Foto Petr Jan Juračka

Najdete tu také unikátní Mapovou sbírku, Knihovnu chemie a rovněž antropologické Hrdličkovo muzeum člověka. Nebývalým kouzlem oplývá i ostrov zeleně uprostřed rušného města: Botanická zahrada PĚF UK. Zeleným ostrovem jsou vlastně i bývalé vinice, albertovské stráně, které areál na Albertově obklopují a skrze něž vedou cesty, po nichž denně proudí z přednášky na přednášku zástupy studentů.

Návštěvníci, kteří se na noční Albertov a přilehlé oblasti Nového Města o Pražské muzejní noci vypraví, budou odměněni nejen nezvyklým zážitkem v podobě návštěvy budov, které jinak

obývají pouze vědci a studenti, ale také řadou zážitků, které pro ně přírodovědci připravili.

Pražskou muzejní noc pořádají Národní muzeum, Dopravní podnik hlavního města Prahy a Asociace muzeí a galerií ČR ve spolupráci s dalšími institucemi. ●



V hlubinách zeleně

V rostlinách se toho skrývá mnohem víc, než bychom čekali

Jsou rostliny inteligentní bytosti? Dokážou mezi sebou komunikovat a řešit problémy? Nebo představují netečnou a nehybnou součást našeho světa, bez jakékoli citlivosti?

Tyto otázky si kladou autoři, když provádějí čtenáře neobyčejným a fascinujícím světem rostlin. Postupně dokazují, že rostliny zdaleka nejsou organismy nižšího řádu. Naopak, stejně jako ostatní živé bytosti mají svou osobnost, jsou nadány pěti smysly jako my, vzájemně si předávají informace a vstupují do interakce se zvířaty, přijímají strategie pro přežití, vedou sociální život, účinně využívají energetické zdroje. Dovedou volit mezi možnostmi, učit se a pamatovat si.



Inteligence, schopnost se učit, paměť a komunikace nejsou výsadou živočišného světa. Tato kniha vysvětluje, jakým způsobem s námi rostliny tyto vlastnosti sdílejí. V životě člověka hrají rostliny nezastupitelnou roli, nedokážeme bez nich existovat a můžeme se od nich mnohému naučit. Díky neobyčejným schopnostem roste jejich význam ve vědě a technologiích budoucnosti.

Český doslov napsala doc. RNDr. Fatima Cvrčková, Dr. z katedry experimentální biologie rostlin.

Stefano Mancuso, Alessandra Violová: Vnímavá zeleň. Citlivost a inteligence rostlinného světa, Malvern 2018, 144 stran

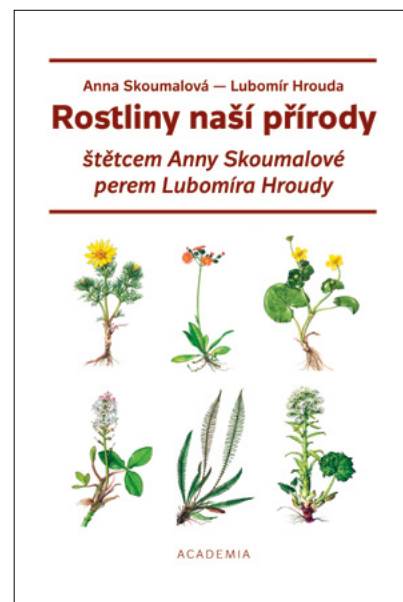
Nový atlas našich rostlin

Nedávno vydaný ilustrovaný atlas je mimořádným dílem vědeckým i uměleckým



Akvarelový atlas zahrnuje cca 780 dominantních bylin přírody České republiky. Originální obrázky, malované výhradně podle živého materiálu, jsou doprovázeny krátkými texty o ekologii druhu, rozlišovacích znacích, které nejsou patrné z obrázku, popřípadě o příbuzných druzích a jejich určení. Výběr rostlin v knize zohledňuje posun naší květeny od roku 1973 zařazením běžných invazních druhů a většího počtu travních dominant. Z rostlin horských a z orchidejí je zobrazen výběr nápadných a častých druhů, které se přirozeně vyskytují na území České republiky.

Hrouda Lubomír, Skoumalová Anna: Rostliny naší přírody, Academia 2018, 852 stran





1

Černobyl 33 let poté

Místo někdejší havárie je dnes svéráznou turistickou destinací

PETR SOUČEK

Město Pripjat a jeho okolí patřily ještě v polovině 80. let k výkladním skříním socialistické výstavby v SSSR. Vyrostlo během pár let jako zázemí vznikající jaderné elektrárny a postupně dosáhlo populace téměř 50 tisíc obyvatel. Vzhledem k nízkému věkovému průměru se mu přezdívalo „město mladých“ a na dobové poměry mělo výbornou občanskou vybavenost. Rychlost, s níž město vzniklo,

byla ovšem nepatrná ve srovnání s tempem, jakým zaniklo.

Po černobylské havárii začala postupná a s ohledem na nedostatečné informování obyvatelstva o rizicích poměrně líkná evakuace. Nicméně třicet dní po havárii byli vystěhováno přes 100 tisíc obyvatel v okruhu 30 km od elektrárny. Přesídlování probíhalo až do roku 2000, kdy celkový součet vysídlelců činil 350

tisíc. Navzdory úsilí vlády se však do II. zóny vrátilo asi 600 převážně starších obyvatel (např. tzv. černobylské bábušky).

Celá oblast se během let stala jakousi obřídí laboratoří, ve které lze sledovat, jak příroda dobývá opuštěná lidská sídla a divoká zvěř osidluje uvolněný prostor. Z Pripjatě se stalo město duchů, které za patřičný poplatek navštěvují turisté z celého světa. ●



2

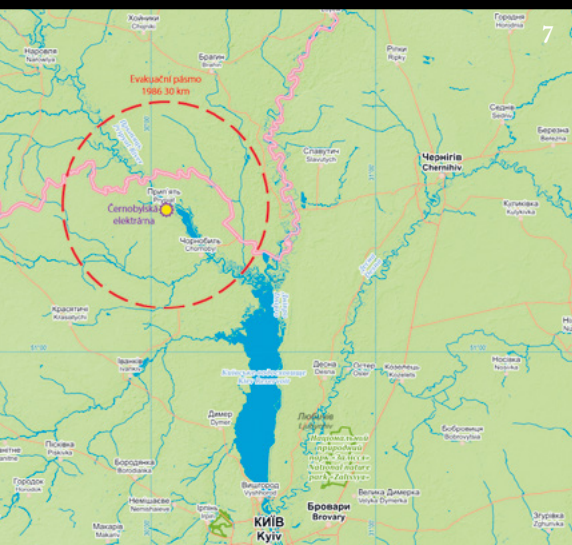


3

1 *Foto Michal Szozda*

2 **Takto ještě před několika lety vypadal sarkofág zničeného reaktoru.** *Foto Michal Szozda*

3 **Po železnici se lze k elektrárně dostat pouze z východu přes řeku Pripjať.** *Foto Jakub Rylich*





4 Ve vnitřní zóně je úroveň radiace stále velmi vysoká.

Foto Michal Szozda

5 Polodivocí psi patří ke koloritu černobylské zóny. Nejsou nijak nebezpeční a za kousek svačiny dělají turistům doprovod. *Foto Jakub Rylich*

6 Pravoslavný kostel zůstal takřka nepoškozen a dnes opět slouží potřebám místních obyvatel. *Foto Jakub Rylich*

7 Místo havárie leží u běloruských hranic necelých 100 km severně od hlavního města Ukrajiny Kijeva. *Zdroj Mapy.cz*

8 Památník 96 vesnic, které zanikly v důsledku evakuace zamořené zóny. *Foto Michal Szozda*

9 Ve vnější zóně nyní žije několik set obyvatel, kteří se sem vrátili navzdory snahám vlády. *Foto Jakub Rylich*



Stridulace jako obranná strategie

Zvukový aparát pomáhá pavoukům předcházet kanibalismu

DARINA KOUBÍNOVÁ



Stridulace je typem akustické signalizace, která vzniká třením určitých částí těla o sebe. Je velmi rozšířená u nejrůznějších členovců a lidé si ji obvykle spojují hlavně s hmyzem, nejčastěji třeba se cvrčky. Běžně ovšem stridulují i pavouci – toto chování bylo dosud popsáno u více než 30 pavoučích čeledí.

Funkce stridulace stále ještě není u mnoha druhů dopodrobna známa. Pavouci kupříkladu používají akustické signály k několika účelům – jednak v komunikaci s jinými druhy (zastření potenciálních nepřátel), jednak v rámci druhu (během námluv nebo soupeření mezi samci).

Stridulační struktury se nacházejí na různých místech těla, například zástupci rodu *Palpimanus* z čeledi Palpimanidae mají klepítkomakadlový aparát, který vytváří velmi tichý, ale slyšitelný

zvuk. A právě na stridulační strategii těchto pavouků se zaměřil tým vědců z pražských a brněnských univerzit. Jeho členem byl i František Štáhlavský z katedry zoologie Přírodovědecké fakulty UK.

Pavouci rodu *Palpimanus* jsou specializovanými lovci jiných pavouků všech vývojových stadií a jsou dobře přizpůsobeni pro aktivní noční lov. Když se setkají dva pavouci tohoto rodu, což je vzhledem k jejich hojnému výskytu pravděpodobné, mohou se teoreticky stát jeden pro druhého kořistí.

Akustické signály jsou proto v podmínkách slabého světla a na krátké vzdálenosti účinným nástrojem, jak se vyhnout kanibalismu. Ten je sice u pavouků poměrně běžný, není to ale vždy optimální životní strategie. Výzkumný tým tedy vycházel z předpo-

◀ **Pavouci rodu *Palpimanus*.** Zdroj: *Behavioral Ecology and Sociobiology*, Litznarová, E., Sentenská, L.: *Stridulation can suppress cannibalism in a specialised araneophagous predator*

kladu, že stridulace slouží pavoukům rodu *Palpimanus* jako obranný signál právě proti kanibalismu.

Pro své pokusy si vědci zvolili morfologicky velmi podobné druhy – *P. gibbulus* a *P. orientalis*. Po provedení různých behaviorálních experimentů došli k zajímavým závěrům: pavouci začali stridulovat po dotyku a stridulace měla dvě intenzity – nižší a vyšší, v závislosti na intenzitě dotyku. Kanibalismus byl zaznamenán pouze v 19 % případů a byl častější, když rozdíl ve velikosti mezi dvěma jedinci umístěnými společně v Petriho misce byly veliké.

Stridulace nižší intenzity byla obvykle používána během úplně prvního kontaktu bez ohledu na velikost obou pavouků. Vyšší intenzita byla použita, když dotýkání pokračovalo nebo když byl menší pavouk ohmatáván nebo uchopen tím větším. Ve většině případů se pavouci od sebe po stridulaci vzdálili, což potvrzuje hypotézu, že stridulace je obranným signálem. Pokud byl stridulační aparát uměle poškozen, pavouci byli častěji kanibalizováni (téměř v 60 % případů).

Stridulace je tedy velmi pravděpodobně nástrojem, který brání kanibalismu především mezi příslušníky stejné skupiny, již se liší velikostí těla, nebo během chování spojeného s reprodukcí, jelikož samci jsou menší než samice a skutečně často během námluv a páření stridulují. ●

Živá voda v Malé Úpě

Přírodní lázně vás postaví na nohy i po sebedelší túře

VIKTOR GOLIÁŠ



Česká republika je zemí mimořádně bohatou na radioaktivní léčivé prameny – nalezneme je i na poměrně překvapivých místech. Jednou z takových lokalit je i prameniště Sv. Vojtěch s jedenácti léčivými vývěry.

Až budete příště sestupovat z naší nejvyšší hory, zvolte jako závěrečný bod své cesty zastávku Horní Malá Úpa – Za větrem, kde končí zelená značka. Prameniště Sv. Vojtěch se nachází v nedalekém lese (viz mapku) a s regenerací po túře vám pomůže účinněji než posezení v hostinci.

K vývěrům je snadné se dostat po dobře vyšlapaných cestičkách, některé prameny jsou pak podchyceny a upraveny. Návštěvníci tedy mohou pohodlně využívat jejich vysokého léčebného potenciálu. Vydatnost pramenů ovšem není velká, a některé z nich jsou dokonce pouze občasně.

Místní vodu je možné pít nebo používat na obklady, její radioaktivita je pouze přechodná. Díky krátkému poločasu radonu (3,8 dne) se postupně

vytrácí. Načerpanou vodu je nezbytně rychle spotřebovat. Radon, který voda obsahuje, je dále velmi prchavý, takže z otevřené hladiny se uvolňuje podobně jako bublinky CO_2 z minerálky.

Při degustaci vás voda možná ničím nepřekvapí – má typickou chuť horských pramenů s nízkou mineralizací i teplotou. Svou léčivou sílu získává obohacováním o plynný radon v takové míře, že ji podle lázeňského zákona označujeme za minerální radioaktivní.

Pokud nespěcháte, doporučuje se na místě kvůli zdraví prospěšnému mikroklimatu setrvat déle. K odpočinku vám na místě poslouží dvě dřevěné lavičky. Ovšem největších účinků lze dosáhnout koupelí. Nožní lázeň si můžete dopřát v tůňce zvané Vana. Kombinují se zde účinky radioaktivity, chladové Priessnitzovy procedury (voda má 5-7 °C) a reflexní terapie chození po ostřejších oblázcích podle Kneippa.

Důvod, proč právě zde vyvěrá na malém prostoru tolik pramenů, je

◀ O obnovu prameniště Sv. Vojtěch se v roce 2008 zasloužili vědci a studenti PĚF UK. Zdroj: V. Goliáš a Mařy.cz

puklinový systém zdejšího podloží, kterým je voda z hloubky tlačena k povrchu. Prostředí puklin, na které jsou vázány radioaktivní prameny, je tvořeno biotitickou varietou ortorul, místy s chudou uranovou mineralizací, která vodu aktivuje.

Že jde o vody radioaktivní, je známo již od roku 1950, kdy v Krkonoších probíhal průzkum uranu. Prospektoři tehdy na místech se zvýšenou radioaktivitou vykopali 8 průzkumných rýh. Místo na uranovou rudu však naráželi většinou pouze na radioaktivní vodu, což pro ně bylo zklamáním. Pro hlubší průzkum byla na místě nejbohatšího uranového výchozu zaražena 25 metrů hluboká šachtice s desetimetrovým překopem.

Z jediné rudní čočky u povrchu bylo vydobyto celkem 15,9 kg uranu, do hloubky se ruda vytratila. Naleziště bylo ještě v roce 1951 opuštěno a vzhledem k přísnému utajení informace zapadla. Až v roce 2008 byly prameny znovu vyneseny na světlo týmem odborníků a studentů z Přírodovědecké fakulty UK. ●



K principu lávové lampy

Za efektním pohybem stojí rozložení elektrického náboje v kapalinách

JAKUB REŽŇÁK

Lávovou lampu vynalezl v 60. letech Angličan E. C. Walker a během krátké doby se z ní stal oblíbený interiérový doplněk. Její princip není složitý a lze ho snadno nasimulovat v domácích podmínkách.

Co budete potřebovat

sklenice 500 ml
voda
olej
hustý saponát (např. Jar)
potravinářské barvivo (ne žluté)

Postup

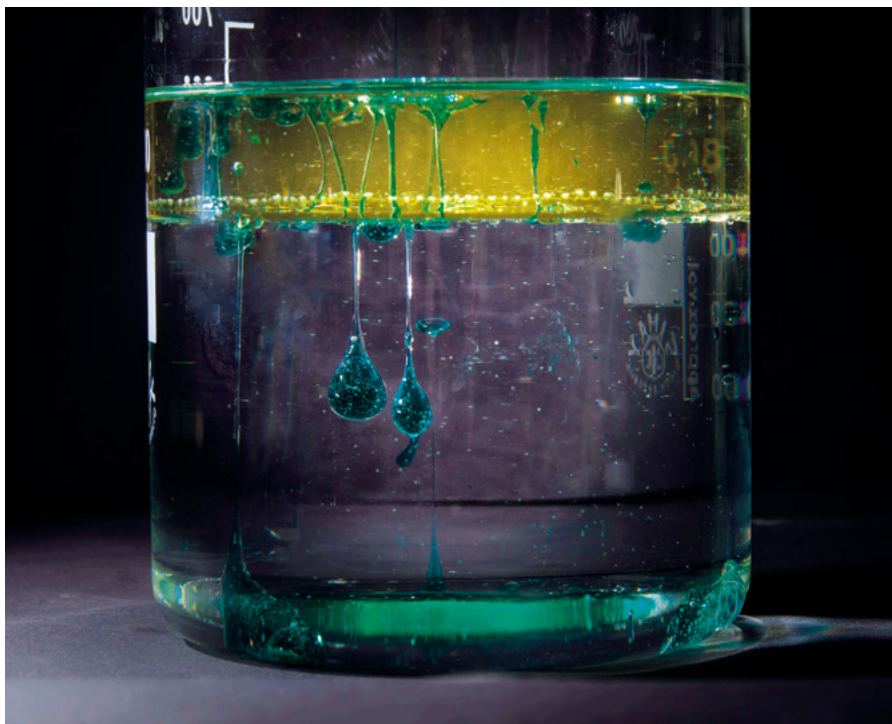
Do sklenice nalejte přibližně 300 ml vody a přidejte 100 ml oleje. Saponát obarvíte potravinářským barvivem, následně ho přikapávejte do vrstvy oleje a pozorujte, co se děje.

PROČ SE OLEJ NEMÍSÍ S VODOU?

Pro vysvětlení tohoto pokusu se musíme nejprve seznámit se dvěma termíny: polární a nepolární látky. Polární látky mají ve svých molekulách nerovnoměrně rozložený elektrický náboj, což má za následek vytvoření kladné či záporné nabitých pólů. Nepolární látky mají elektrický náboj rozložený rovnoměrně a póly netvoří. Vzájemně se mohou mísit pouze kapaliny se stejným charakterem – buď polární, nebo nepolární. Vzhledem k tomu, že olej je nepolární a voda je polární, k jejich mísení nedochází. Chceme-li si tedy umýt olej z rukou nebo z nějakého povrchu, musíme použít buď mýdlo, nebo saponát.

NĚKOLIK DŮLEŽITÝCH POJMŮ

V reklamách na čisticí prostředky často slyšíme slova jako mýdlo, saponát, detergent či tenzid. Možná to vypadá, že označují v podstatě totéž, jsou mezi nimi ovšem velké rozdíly. Mýdla jsou sodné či



▲ Saponát s sebou táhne ke dnu i kapku oleje. Po jeho rozpuštění stoupá olej zpět na hladinu. Foto Petr Jan Juračka

draselné soli vyšších mastných kyselin. Detergenty jsou látky určené k čištění, často se jedná o směs různých tenzidů. Tenzidy jsou povrchově aktivní látky (snižují povrchové napětí rozpouštědel). Saponát je starší označení používané pro syntetické tenzidy.

Princip čištění je nicméně u mýdel i saponátů analogický: obsahují látky, jejichž molekuly jsou složeny ze dvou částí, jedna je nepolární a druhá polární. Tyto molekuly se natočí nepolární částí molekuly k nepolární nečistotě (olej), čímž vytvoří polárními konci molekuly obal, který může voda obalit a nečistota se tedy snadno dostane do vody.

VYSVĚTLENÍ POKUSU

Olej má nižší hustotu než voda a nemísí se s ní. Při nalévání vytváří jednotlivé kapky, které stoupají k hladině a vytvářejí tam oddělenou vrstvu. Saponát má vyšší hustotu než olej i voda, a klesá proto ke dnu. Má ovšem svou nepolární část, a může se tedy částečně mísit s olejem – kapky saponátu do sebe nabírají olej. Výsledná průměrná hustota těchto kapek je vyšší než hustota vody, proto kapky klesají ke dnu. Během pobytu ve vodě se saponát postupně rozpouští. Kapky oleje tím ztrácejí ochrannou vrstvu, která je držela u dna, uvolní se a putují zpátky nahoru. ●

Kalendář Přírodovědců

Nabízíme vám vybrané akce pro veřejnost, které se týkají přírodních věd a které většinou pořádá nebo se jich účastní Přírodovědecká fakulta UK. Pokud není uvedeno jinak, jsou akce zmiňované na této stránce zdarma.



26. – 27. DUBNA 2019 DEN ZEMĚ NA ČESKÉ GEOLOGICKÉ SLUŽBĚ

Staňte se na jeden den geologem! O posledním dubnovém víkendu si na České geologické službě můžete vyzkoušet, čím se geologové ve své práci zabývají. Zjistíte, čím se zabývá hydrogeolog a k čemu jsou mu drony, nebo si zkusíte práci mapujícího geologa. Dozvíte se, co jsou to geohazardy, co je geotermální energie a jak vypadají české sopky. Těšit se zkrátka můžete na bohatý program.

Čas a místo: oba dny od 9:00 do 17:00 hodin, Klárov 3, 118 21 Praha 1

26. – 29. DUBNA 2019 CITY NATURE CHALLENGE

Představme světu pražskou přírodu! Mezinárodní projekt vznikl za účelem vzbudit u obyvatel velkých měst zájem o přírodu. Chcete-li se také zapojit, je to jednoduché. Stáhněte si do svých

mobilních telefonů aplikaci iNaturalist, zaregistrujte se a ve dnech 26.–29. 4. fotte živé druhy na území Prahy. S určení druhů vám pomohou odborníci. Fotografie můžete pořizovat u vás na zahradě, v oblíbeném parku nebo třeba na autobusové zastávce. Více informací na www.citynaturechallenge.cz.



17. KVĚTNA 2019 DEN FASCINACE ROSTLINAMI 2019

Vypravte se s námi do fascinujícího světa rostlin. Objevte jejich druhovou rozmanitost, fyziologii, stavbu buněk nebo význam pro člověka. Akce je vhodná pro školní skupiny (hlavně středoškolské) i pro individuální zájemce. Spolu s PřF UK ji pořádá Ústav experimentální botaniky AV ČR a Česká společnost experimentální biologie rostlin. Registrace na komentované prohlídky budou spuštěny v dubnu.

Čas a místo: 9:30–16:30, Botanická zahrada PřF UK, Na Slupi 16, Praha 2



6. – 8. ČERVNA 2019 VELETRHY VĚDY 2019

Pátý ročník Veletrhu vědy přinese novinky a zajímavosti od celé řady vystavovatelů. Najdete zde 41 pracovišť Akademie věd ČR, vysoké školy a další vědecké instituce i firmy. Chybět nebudou ani Přírodovědci.cz. Během tří dnů nabídne veletrh návštěvníkům více než 100 expozic a bohatý doprovodný program ve formě panelových diskuzí, přednášek či workshopů. Hlavním tématem bude světelné znečištění, práva robotů nebo jedy v potravinách. Kompletní program bude zveřejněn v průběhu dubna na webu www.veletrhvedy.cz. Akci pořádá Akademie věd ČR. Vstup zdarma.

Čas a místo: 10:00–18:00, PVA EXPO Praha Letňany, Beranových 667, Praha 9

Kompletní seznam aktuálních akcí Přírodovědců najdete na www.prirodovedci.cz/kalendar-akci.



**VELETRH
VĚDY**
2019

VELETRH VĚDY
6.–8. 6. 2019
PVA EXPO PRAHA

VSTUP ZDARMA

WWW.VELETRHVEDY.CZ