

Uran - skrytá energie

Jindřich Pařízek

O tom, že tento kov dokáže uvolnit obrovskou energii v důsledku řetězové reakce, zcela přesvědčivě a především smutně hovoří dějiny 20. století. Dnes se člověk snaží využít uran zejména jako užitkovou energii pro lidstvo. Uran je zároveň důležitým zdrojem pro další generace, které budou muset řešit vážné problémy s rychle ubývajícimi zásobami fosilních paliv a zvyšující se energetickou náročností.

Uran se oproti jiným kovům v přírodě nevyskytuje v ryzí formě, ale je získáván z rud, obsahujících tento radioaktivní prvek. Kovový prvek poprvé popsal německý chemik Martin Klaproth v roce 1789 a pojmenování se prvku dostalo podle tehdy nově objevené planety. V roce 1896 objevil Henri Becquerel, slavný francouzský fyzik, při zkoumání fluorescence uranových solí přirozenou radioaktivitu. Vzorky nechal působit na fotografickou desku bez přítomnosti světla, na které se po vyvolání utvořily změny ve formě tmavých otisků. Podle



obr.1

tohoto úkazu usoudil, že vzorky s uranem musí vyzařovat neviditelné paprsky. Rozborem rudy, přesněji jáchymovského uraninitu, se zabývala neméně slavná vědkyně polského původu a laureátka Nobelovy ceny Marie Curie-Sklodowská, přičemž objevila dva další nové prvky. V prvním případě se jednalo o polonium. Posléze v roce 1898 popsala radium. Práce s radioaktivním materiálem zapříčinily

i její smrt, kdy po delší době prohrála zápas s leukémií. V pokusech jí byl velkou oporou manžel, fyzik a chemik v jedné osobě Pierre Curie. Prvek, skrývající mnohem silnější potenciál ve formě ohromné energie, na své uplatnění stále čeká.

Již při dobývání stříbra v Jáchymově naráželi horníci na žíly se smolně černou rudou. Pro tehdejší těžaře neměla žádného užitku, a proto byla vyvážena společně s hlušinou na haldy. K nelibosti horníků přítomnost černé rudy upozorňovala na úbytek užitkového obsahu stříbronosných žil. Po takovýchto zkušenostech ji začali říkat Pechblende nebo-li smolné blejno, stručně řečeno smolná ruda či smolinec. S postupem času začaly na hlušinových odvalech vlivem povětrnostních podmínek vznikat sekundární minerály uranu, které svými sytými barvami upoutaly pozornost sklářů. První uranové prášky k barvení skla se vyráběly podomácku již ve 40. letech 19. století a zájem o tuto novou surovinu extrémně vzrůstal. Již roku 1855 byla v Jáchymově vystavěna továrna Urangelfabrik na výrobu uranové barvy, která dávala sklu zářivě žluté zbarvení. Obliba takového skla ve světě stoupala neuvěřitelně rychle, zejména v Indii či Dálném východě. Pro skomírající jáchymovské hornictví znamenala opětovné vzkříšení. Jáchymov se znovu stal slavným městem s nejdůležitějším

uranovým dolem na světě. Během deseti let se cena uranové rudy desetinásobně zvýšila a k uranové žluti přibyl odstín zelené, oranžové a načervenalé. Kromě skla se uranového pigmentu používalo i k barvení keramiky. Koncem 19. století zájem o uranové sklo začalo upadat, ovšem po objevu radia a jeho blahodárných účinků na lidský organismus se veškerá výrobní činnost zaměřila na separaci tohoto vzácného prvku a výrobu léčebných preparátů. Jáchymov se rázem stal světově uznávaným lázeňským městem a centrem radiologie. Zpočátku byl využíván zbytkový odpad z výroby barviv, kterým se obohacovaly vodní lázně. Od roku 1909 vybudoval stát továrnu na výrobu radiových preparátů a držel si monopolní světové postavení až do války. Preparáty s obsahem několika miligramů radia byly prodávány ve skleněných lahvičkách a mimořádnosti komodity odpovídala také značně vysoká cena. Na manipulaci s tímto prvkem doplatil i Rudolf Jedlička, uznávaný lékař a zakladatel české radiologie a rentgenologie, který v roce 1921 koupil za vlastní prostředky ve výši 426 tisíc Kčs 42 miligramů radia. Po častých experimentech s radioaktivním zářením přišel o několik prstů. Jáchymovská továrna produkovala ročně kolem 2-3 gramů cenného prvku. Činnost fabriky na výrobu barviv a radia ukončily až v roce 1939 německé úřady a vytěžená ruda začala mít zcela jiný význam. Byla neprodleně odvážená do Říše a sloužila k vědeckým

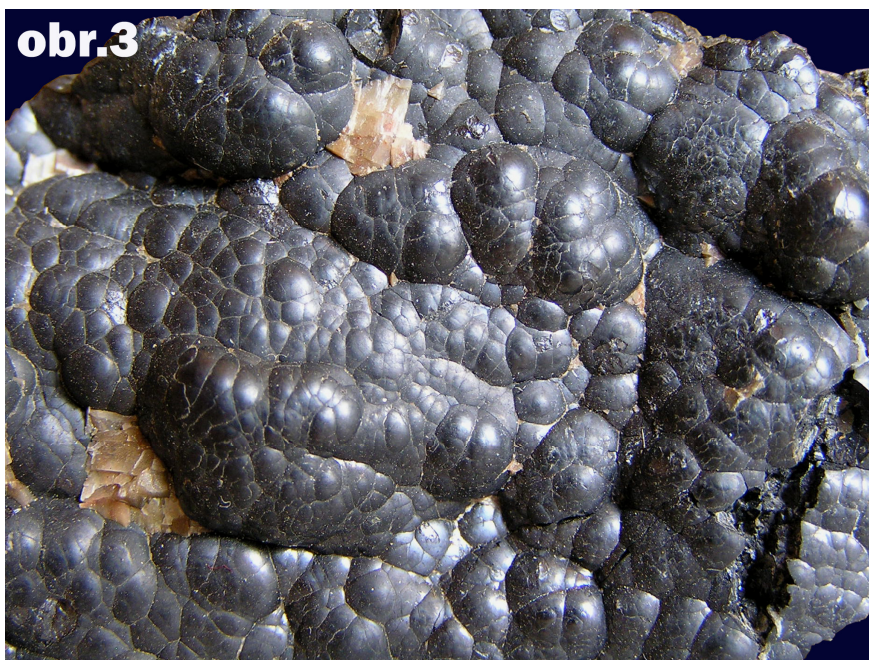


obr.2

pokusům pro strategické účely. Uraninit byl před válkou těžen i na německé straně Krušných hor. Stejně jako u nás tamější chemické závody produkovaly uranová barviva pro sklářské hutě a radiové preparáty. Hitem se ovšem staly luminiscenční (světélkující) nátěrové barvy, které ženy v dílnách nanášely na ciferníky velmi žádaných svítících hodin, posléze na měřicí přístroje letadel, lodí a tanků. Mnoho dělnic v tomto provozu doplatilo na nebezpečný zlozvyk, kdy štětce pro nanášení radioaktivních barev špičatily rty a jazykem. Spolu se slinami se jim do trávicího traktu dostaly i zdraví škodlivé látky, které se posléze ukládaly v kostech. Po nějakém čase se u nich začala objevovat nádorová kostní onemocnění.

Uranová ruda byla nadále předmětem výzkumu v mnoha chemických a fyzikálních laboratořích. Už v roce 1913 upozornil již zmíněný Pierre Curie na skutečnost, že 1 gram radia vydá za hodinu až 120 kalorií tepla. Začátkem 30. let se výzkum ubíral zcela jiným směrem. V roce 1938 německý tým pod vedením Fritze Strassmanna a Otty Hahna jako první na světě provedl první jaderné štěpení uranu, tedy objev štěpné reakce u izotopu uranu ^{235}U a uvolnění ohromného množství energie. Tento významný objev zadal podnět k zahájení intenzivního výzkumu na výrobu atomové zbraně. Záhy měla Německá říše potřebu velkého přísunu uranové rudy. To bylo důvodem opětovného oživení jáchymovských dolů, jež tou dobou spravovali sudetští Němci. Jáchymovský uranový koncentrát údajně převážela německá ponorka U-234 při tajné misi do Japonska k výzkumným účelům. I přes dobré špiónážní informace se spojencům ponorku nepodařilo zneškodnit. V roce 1942 upozornil Albert Einstein amerického prezidenta Roosevelta na snahy německých vědců vyrobit nebezpečnou jadernou zbraň. Ve své zprávě se dokonce nepřímě zmínil o Jáchymovu, kde připomněl skutečnost, že Německo zastavilo prodej uranu ze zabraných československých dolů. Po krátké úvaze prezident rozhodl o vytvoření úzkého vědeckého týmu, který měl za úkol prověřit možná nebezpečí z řetězové reakce uranu. Američtí fyzici oproti německým kolegům báдали správným směrem. Brzy získali ve výzkumu dostatečný náskok a dosáhli úspěšných výsledků. V červenci 1945 uskutečnili v poušti v Novém Mexiku poprvé atomovou zkoušku. O ničivé síle atomové bomby přesvědčili Američané celý svět o měsíc později, kdy svrhli dvě bomby na japonská města Nagasaki a Hirošimu. Následky byly neskutečně hrozné.

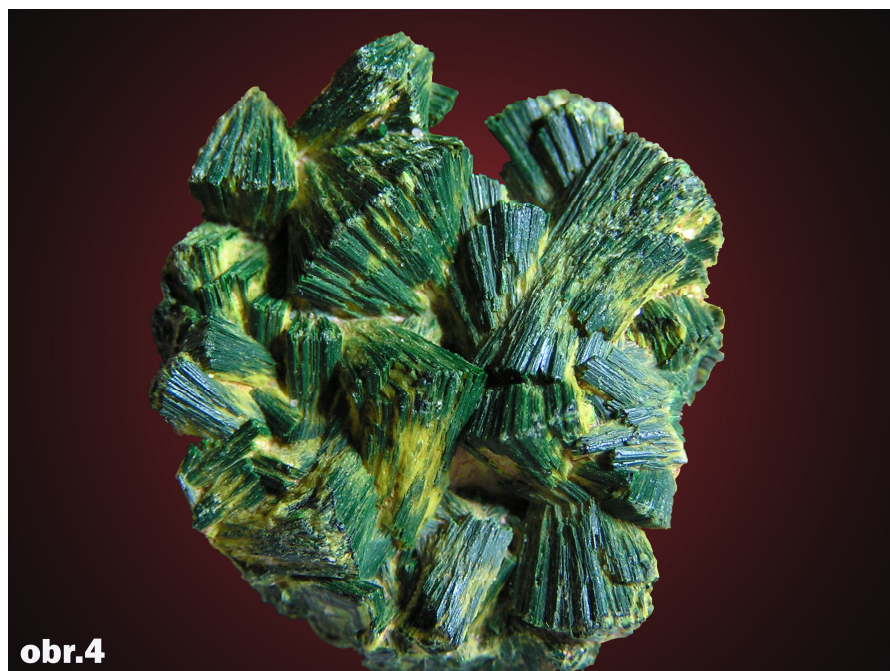
Ohromná uvolněná energie během několika sekund obě města dokonale srovnala se zemí a na smrti tisíců obyvatel měla podíl také i samotná vysoká radiace. Za celou tou zkázu stál uran - stříbrně bílý lesklý kov, pojmenovaný podle jedné z planet naší soustavy. Doposud bylo veřejnosti prezentováno, že Němci svůj jaderný program nestačili dokončit, ale uvolněné



archívy prozrazují spíše pravý opak. Podle berlínského historika Rainera Karlsche se podařilo německému týmu zvládnout problematiku uvolnění jaderné energie již na podzim roku 1944 a v březnu následujícího roku údajně provedli v Durynsku první zkoušku ničivé zbraně. Při údajné explozi zahynulo na 500 válečných zajatců a vězňů z koncentračních táborů. Výbuch měl účinnost pouze v okruhu do 500 metrů od epicentra.

Americká demonstrace bezkonkurenčně ničivé zbraně odstartovala po ukončení války snahy Sovětského svazu o výrobu obdobné zbraně. Nejenže s tímto strategickým výzkumem byla „Velká země“ pozadu, ale neměla ani dostatek potřebné uranové rudy. Po osvobození Československa Sověti ihned obsadili Jáchymov a jejich odborníci opět obnovili těžbu. Úkolem bylo získat v nejkratší době pro výzkum co nejvíce radioaktivní rudy. Pozornosti geologů např. nešla vesnice poblíž Jáchymova, která zůstala vylidněná po odsunu Němců. Měřicí přístroje odhalily skutečnost, že domy byly postaveny z vysoce radioaktivního

materiálu, pocházejícího ze starých hald. Domy neprodleně rozebrali a kamenivo se smolincem bylo neprodleně exportováno za hranice. Už v průběhu roku 1945 se Sovětský svaz snažil o dohodu s Československou vládou o těžbě a dodávkách jáchymovské rudy. Součástí nevýhodné smlouvy pro českou stranu bylo také vyhledávání a průzkum dalších lokalit. V Jáchymově brzy nastal problém s nedostatkem pracovních sil. Zprvu bylo do podzemí nasazeno kolem 4000 válečných zajatců zadržovaných v SSSR, ale i jejich počet se brzy stal nedostačujícím. Navíc po dohodě SRN se Sověty z roku 1955 byli tito zajatci zproštěni nucených prací a postupně posíláni domů. Po únorovém převratu v roce 1948 a následné změně politického charakteru státu se problém podařilo vyřešit. Těžba strategické suroviny bezproblémově připadla pod kontrolu našeho „velkého“ osvoboditele a v dolech se začali objevovat političtí vězni - odpůrci „pokrokového“ komunistického režimu, fárající za špatných pracovních podmínek. Vše doprovázelo i nelidské zacházení. Pouze názvy významných šachet a přilehlých vězeňských táborů Rovnost, Svornost a Bratrství před veřejností částečně maskovaly bolševické gulagy. Poměrně brzy geologové objevili i další slibná ložiska, zejména u Horního Slavkova a Příbrami, kde soudruzi vybudovali další české



obr.4

„převýchovné ústavy“. Stále se zvyšující těžba sebou přinášela i velké ztráty na životech. Podle odhadů si provoz uranových dolů vyžádal během prvních deseti let přes 400 smrtelných úrazů. Celkem za dobu poválečné těžby uranu na našem území prošlo pracovními lágry přes 70 tisíc vězňů. Těchto pár vět pouze stručně charakterizuje stinnou stránku tehdejší uranové horečky, vyvolané touhou SSSR získat

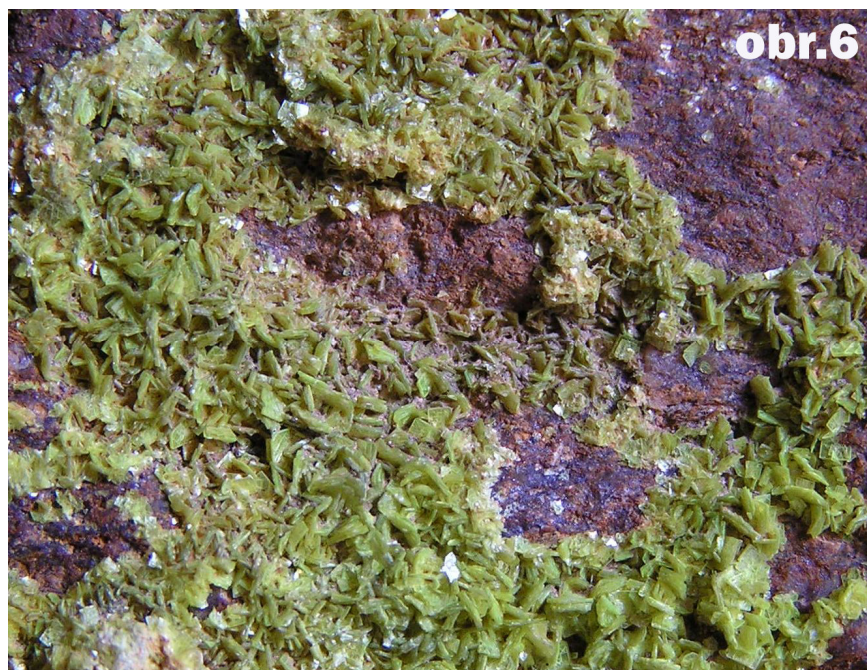
dostatečný surovinový potenciál k výrobě atomových zbraní a tím zesílit již tak dost vyostřené napětí mezi oběma supervelmocemi na několik dalších desetiletí.

Po vytěžení ložisek v Jáchymově a Horním Slavkově začátkem 60. let se největší těžba soustředila do Příbrami, Zadního Chodova, Stráže pod Ralskem a trutnovské oblasti v Čechách a z podstatné části na moravský rudní rajón Rožná-Olší. Celkem bylo v Jáchymově vytěženo 6873 tuny uranu a v oblasti Horního Slavkova 2668 tun U. Na příbramském uranovém ložisku se z důvodu vyčerpání zásob těžní stroje zastavily v roce 1991. Za celou dobu své těžební slávy zdejší revír vydal 48 432 tuny kovu. S produkcí 40% z celkového vytěženého objemu uranu v ČR zaujímá Příbram první místo mezi všemi těženými uranovými ložisky. Prvenství u nás a dokonce i ve střední Evropě si drží rovněž hloubkou dobývaných partií, které byly situovány více jak 1500 metrů pod povrchem. Zrudnění představuje řada rudních uzlů a žil strmého charakteru o vertikální délce až 1800 metrů. V rámci útlumového programu přešlo v roce 1993 do konzervace ložisko v severočeské oblasti Hamr-Stráž pod Ralskem. Tato oblast je oproti jiným ložiskům zcela jiné geologické povahy, vyjma uranonosných uhelných slojí na Trutnovsku. Uranová ruda zde není vázána na struktury žilného typu, ale je dispergována v pískovcových sedimentech cenomanského stáří. Do

uzavření hlubinných dolů bylo vytěženo přes 22 tisíc tun uranu. V současné době se objevují úvahy o znovuootevření těžby v této oblasti. Podle ministra průmyslu Martina Kocourka jako nejvhodnější připadá ložisko Osečná-Kotel se zásobami 15 tisíc tun. Proti těmto návrhům se zvedla obrovská nevole ze strany občanů Osečné a přilehlých obcí. Souběžně s hornickým dobýváním v Ralsku čile probíhala také hydrochemická těžba, která přetrvává v sanačně-likvidačním režimu do dnešních dnů. Na vyluhovacích polích bylo navrtáno na 8000 vrtů do hloubek 180 až 200 metrů, z toho 2/3 vrtů sloužily k vtlačení



rozpuštědel uranu do cenomanských podzemních vod a zbylé k čerpání uranem obohacených roztoků. Jenom pro představu lze uvést, že do těchto sedimentárních hornin bylo vtlačeno přes 4 milióny tun kyseliny sírové. V současnosti není nová kyselina do vrtů doplňována. Po vyčerpání je z roztoku nejprve separován uran a posléze jako stále agresivní chemikálie opětovně vháněna do vrtů. V tisku se objevila i přemrštěná srovnávací informace, podle které kyseliny v podzemí vytváří jakési jezero, které se velikostí vyrovná Slapské přehradě. V roce 1992 byl vytěžen poslední vůz rudy z dalšího významného ložiska Zadní Chodov u Tachova, jež poskytlo přes 4 tisíce tun uranu. Téměř stejné množství kovu bylo vytěženo na jiném



západočeském ložisku Vítkov II. V jižních Čechách bylo exploatováno ložisko menšího rozsahu Okrouhlá Radouň u Jindřichova Hradce, poskytnuvší 3200 tun uranu. V současnosti je činný pouze hlubinný důl u Dolní Rožínky na západní Moravě, kde na ložisku Rožná probíhají dobývací práce již přes 50 let. Zejména v posledních letech mělo být ložisko již několikrát uzavřeno, ale vzhledem k rostoucím cenám uranového koncentráту na světových

tržích se jeho provoz nadále ukazuje rentabilním. Do konce roku 2010 opustilo rožineckou úpravnu rud téměř 20 000 tun výsledného produktu - diuranátu amonného.

Současná výroba uranového koncentrátu ovšem pokryje pouze potřebu temelínské elektrárny. Zrudnění na ložisku je vázáno především na tektonické zlomy o horizontální délce až 10 km s mocností od několika decimetrů až do 20 metrů. Tyto poruchy jsou vyplněny drcenou okolní horninou společně s grafitem a uraninit a coffinit jsou zde nepravidelně dispergovány. Předmětem těžby jsou i zrudnění užitkové rudy metasomatického typu. Klasické ložní karbonát-uraninitové žíly byly dobývány ve svrchních partiích ložiska. Nyní jsou dobývací práce situovány v nejnižších částech dolu, pohybující se v hloubkách 1000-1200 metrů pod povrchem.

Na území České republiky bylo objeveno a ověřeno na 160 ložisek a výskytů uranových rud a téměř 70 bylo exploatováno. Celkem bylo vytěženo přes 100 000 tun uranu a tento údaj nás zařadil na 7. místo ve světě. Současnou roční produkci kovu sdílí Česká republika 12. příčku světového žebříčku. Mezi největší producenty uranové rudy patří Kanada, Austrálie, Kazachstán, Niger, Namíbie, Botswana, USA a Rusko. V kanadské provincii Saskatchewan v oblasti jezera Athabaska se nachází jedny z největších ložisek vysoce kvalitní rudy na světě. Ve zmíněném teritoriu je v provozu několik dolů, které ročně vyprodukují téměř 10 tisíc tun uranu ročně, což je přibližně desetina vytěženého kovu v České republice za celou dobu dobývání.

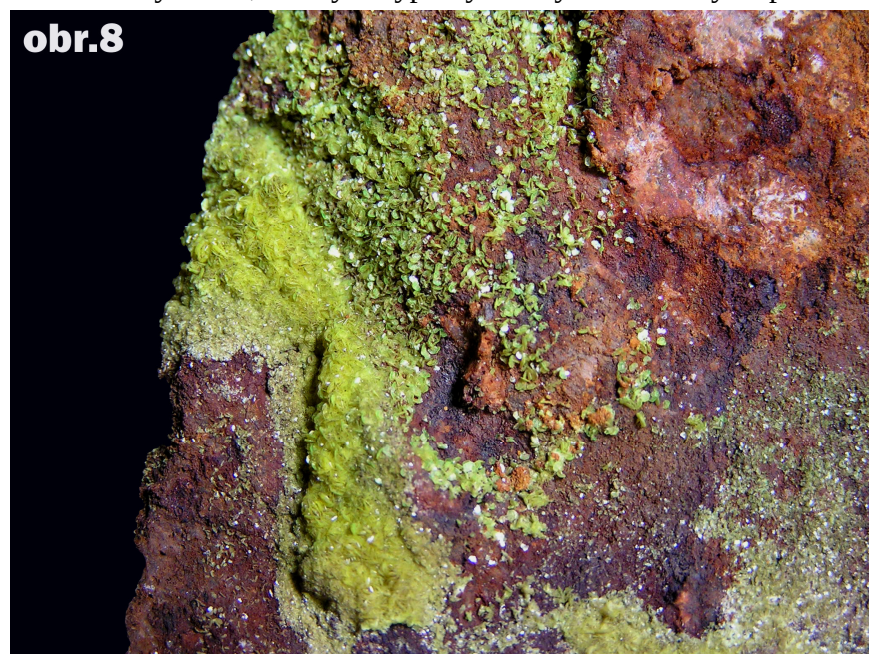
Vždyť jenom nově otevřený důl McArthur ročně poskytuje přes 7000 tun uranu. Tato roční produkce dolu je větší než vytěžené zásoby v Jáchymově a pětadvacetinásobek roční výroby závodu v Dolní Rožínce. Velkým problémem na ložisku McArthur, označovaným typem unconformity, je příliš vysoká kovnatost průměrného rozmezí 12 až 35%, místy až 60%.



Pro srovnání na Dolní Rožínce se kovnatost pohybuje okolo 0,2-0,25%. V případě kanadského ložiska s tak vysokou kovnatostí nemůže člověk v podzemí dlouhodobě přicházet do přímého kontaktu s těženou rudou. Ta je dobývána pomocí velkopřůměrových vrtů a rozdružená rudnina je přepravována dálkově ovládanými nakladači. V brzké době je v této oblasti předpokládáno otevření dalšího dolu Cigar Lake, jehož produkce bude srovnatelná s McArthurem. Poblíže se nachází ještě Rabbit Lake, Midwest a McClean Lake. Za největší ložisko uranu na světě je také považován australský Olympic Dam u jezera Eyre Basin, situován asi 550 km severně od Adelaide. Ročně se na zdejších třech hlubinných dolech společnosti Cameco vytěží na 5 tisíc tun uranu, 210 tisíc tun mědi spolu s velkým množstvím stříbra a zlata. Uran je zde těžen jako vedlejší produkt. Přibližně 50 km od zmíněného ložiska je pokusně prováděno podzemní louhování na dole Beverly, patřící těžební společnosti Heathgate. Dalším australským centrem uranové těžby je důl Ranger, nacházející se v Severním teritoriu při národním parku Kakadu. Zdejší produkce uranu se pohybuje okolo 5000 tun uranu ročně. Celkově se výrobou Austrálie podílí čtyřiceti procenty na světovém trhu. Nejproduktivnějším ložiskem Ruska je Strelcovské rudní pole u města Krasnokamenska

v Čitské oblasti, otevřeno několika doly. Celkově je v oblasti těženo okolo 3000 tun uranu ročně, ale to by se mělo v budoucnu změnit. Rusko kromě jiných U-depositů disponuje nově objeveným největším uranovým ložiskem v euroasijské oblasti. Nachází se v Elkonské oblasti Jakutské republiky a roční těžba je odhadována na 5000 tun. Na africkém kontinentě zaujímá přední místo povrchový Rössingův důl v Namíbii, ležící 70 km severovýchodně od města Swakopmund. Ročně zde společnost Rio Tinto vytěží a zpracuje až 3600 tun uranu. Podle odhadů zdejší těžba zaujímá 7% z celkové světové produkce. Několik dolů na velmi bohatou uranovou rudu otevřeli v Kongu a Botswaně čínští experti. Těžba probíhá zcela mimo kontrolu Mezinárodní agentury pro atomovou energii. Uranový koncentrát slouží k obchodu na černém trhu a je rovněž pašován do Íránu.

Nejdůležitější uranovou rudou je uraninit, lidově smolinec či nasturan. Chemicky jde o oxid urančitý s příměsí thoria a radia s obsahem U až 82%. Nejčastěji vytváří výplně karbonátových žil, místy s typicky černým ledvinitým povrchem. Zvětráváním uraninitu



vznikají sekundární minerály s obsahem uranu, mající zelenou, žlutou či zelenožlutou barvu. K nejznámějším patří autunit a torbernit v podobě tabulkovitých krystalů. Tato skupina minerálů je mnohdy označována jako uranové slídy. Dalšími sekundárními produkty zvětrávání rud jsou tzv. uranové okry, které zastupují např. žlutě zbarvený uranipilit, zippeit a mnoho další.

Samotný uran se svými vlastnostmi nemá

v dávné historii lidstva mnoho zmínek, přesto je možné o několik zajímavých informací zavádět. Podle výzkumů lze s trochou nadsázky spekulovat o tom, že staří Egypťané mohli radioaktivitu v nějaké formě znát a být si vědomi toho, že takto lze zahubit všechny mikroorganismy mumifikovaného těla a tím výrazně podpořit snahu pro zachování tělesné schránky zemřelého. Nepochybně se tím mohlo zabráňovat hnilobě. Není proto překvapivé, že radioaktivita byla zjištěna u některých nejstarších mumií. K tomuto šokujícímu odhalení došlo náhodou při zkoumání mumií, jež začaly vlivem kolísání teploty v Egyptském muzeu jevit známky nečekaně restartovaných hnilobných procesů. K zajímavým historickým reminiscencím patří rovněž případ Tamerlánova vnuka Ulug-bega Muhammada Taragaje, učeného vládce Samarkandu, nacházejícího se na území dnešního Uzbekistánu, který se při vstupu do starých štol, kde hledal vzácné kovy, chránil na radu svého perského učitele Kázízáde-i Rúmiho před zhoubným dechem horských duchů olověnou maskou a pancířem. Všestranně vzdělaný Rúmí, zabývající se kromě astronomie rovněž alchymií, proslul experimenty s barvením skla pomocí uranových sloučenin. Suroviny vhodné k barvení skla si opatřoval z připovrchových oxidačních zón uranových ložisek ve Ferghanské kotlině. Protože se ve štolách, zkoumaných zvědavým Timúrovcem, kromě zlata a stříbrných rud často vyskytovaly také radioaktivní minerály, vedou tato podivná opatření k závěru, že perští učenci už v pozdním středověku znali vlastnosti gama-záření. Archeologické nálezy ze Samarry prokázaly, že sklo zbarvené solemi uranu dovedli vyrobit i středověcí arabští, perští či

turkmenští skláři. Hroby některých chalífových dvořanů a hodnostářů byly nalezeny s pomocí Geiger-Müllerova počítače. Zkoumání některých kosterních pozůstatků předpokládaných obětí neblaze proslulých Borgiovců přivedla italské antropology díky gamaspektrometrii k zjištění, že součástí středověkých dlouho působících jedů byly i rozpustné sloučeniny uranu. Spíše do kategorie Akta-X patří objev u jezera Toson v čínské provincii Guangdong, kde leží hora Baigong. Vlastní tajemství hory se nachází ve třech jeskynních prostorech s železnými rourami o průměru 40cm. Mnohé jsou zapuštěny do pískovcového masívu, do kterého musely být nejprve vyvrtány dlouhé otvory. K břehu jezera vede nespočet dalších trubek o průměru 2 a 4,5cm. Záhadou je, kde se takové množství rour, jejichž stáří je určeno na 2000 let, vzalo, když tuto oblast obývali donedávna pouze nomádi. Navíc analýza prokázala víc než 30% kysličníku železa, převážnou část tvoří oxid křemičitý a vápenatý. Zvláštností je, že 8% tvoří prvky, které člověk vůbec nezná a tudíž nejsou určeny. Tento nález je přisuzován mimozemským civilizacím. Jedna velká roura je dokonce radioaktivní. Hodnota gama paprsků z ní vyzařovaných je dvacetkrát vyšší, než pozadí běžné skály.

Fotografie:

- 001: Uraninit - šachta Bukov
- 002: Uraninit - šachta Rozsochy
- 003: Typický ledvinový povrch smolince
- 004: Metaautunit - Fojtov
- 005: Andersonit - důl KHB, Dolní Rožínka
- 006: Autunit - Chotěboř
- 007: Torbernit - Strhaře u Tišnova
- 008: Autunit - Chotěboř