

# S kanónem na vrabce aneb úkladná vražda pomocí polonia 210

Miloslav Pouzar

*Ústav environmentálního a chemického inženýrství, Fakulta chemicko-technologická, Univerzita Pardubice, Studentská 573, 532 10 Pardubice*

## OVERKILLING OR MURDER WITH USING POLONIUM 210

**ABSTRACT** Article deals with Alexander Litvinenko assassination in November 2006. Basic chemical, physical and toxicological characteristics of  $^{210}\text{Po}$  are reviewed. Typical symptoms of Acute Radiation Syndrome are explained together with detailed description of Litvinenko case report. Special attention is paid to the actual research on health risk of individuals accidentally exposed to polonium-210 during the incident.

**KEY WORDS** Alexander Litvinenko; polonium 210; Acute Radiation Syndrome; ionising radiation; public health risk

**ABSTRAKT** Článek je věnován úkladné vraždě bývalého příslušníka ruské tajné služby (FSB) Alexandra Litviněnka spáchané v listopadu roku 2006. V textu jsou shrnuty základní chemické, fyzikální a toxikologické charakteristiky jedu použitého k jeho zavraždění, jímž byl radioizotop polonium 210. Dále jsou popsány symptomy akutní nemoci z ozáření spolu s detailním popisem Litviněnkovy kazuistiky. Zvláštní důraz byl pak věnován aktuálnímu výzkumu zaměřenému na studium zdravotních rizik, jimž byli v průběhu incidentu vystaveni lidé pobývající na místech spojených s vraždou.

**KLÍČOVÁ SLOVA** Alexandr Litviněnko; polonium 210; akutní nemoc z ozáření; ionizující záření; populační zdravotní riziko

V jedné velké zemi žil muž, který se živil shromažďováním tajných informací pro svého vládcu. Přitom se však dozvěděl o svém vládcu divné věci, a tak, navzdory doživotnímu a neodvolatelnému slibu mlčenlivosti, promluvil. Nikoli však do vrby, jak to po generace před ním činivali poučení důvěrníci jiných vládců, ale na tiskové konferenci. Následoval útěk za hranice a změna profese. Nutno říct, že ne zrovna šťastná změna. Bývalí špióni by se totiž zcela jistě neměli vydávat na spisovateckou dráhu. Tedy alespoň ne v případě, že mají v plánu být pochováni až poté, co si pochovají své vnuky. Smrt si pro našeho muže nepřišla prostřednictvím kulky či železné tyče, jak bývalo v zemi jeho původu už po léta zvykem, ale prostřednictvím unikátního a v historii dosud nepoužitého jedu. Zadavatel vraždy byl jednáním onoho muže rozhořčen natolik, že neváhal za tento jed vydat částku odpovídající miliardě českých korun a vykonavatel zase použil dávku, která by dokázala nešťastného ex-špióna zabít několikrát. Navíc se v průběhu přepravy a aplikace smrtícího přípravku ocitlo ve vážném ohrožení několik set nevinných lidí. Skutečně velká demonstrace síly a nenávisti. Zavražděný muž se jmenoval Alexandr Litviněnko, jedem použitým k jeho umlčení bylo polonium 210 a o vražid i objednateli vraždy se šušká mnohé ...

## ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA $^{210}\text{Po}$

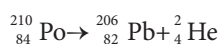
Prvek, který se nachází na 84. místě periodické tabulky, objevil v roce 1898 Maria-Curie Skłodowska a její manžel Pierre Curie. Pojmenován byl podle země původu objevitelky – polonium. V přírodě se tento prvek vyskytuje jako stopový kontaminant (0,1 mg v tuně) uranových rud a některé jeho izotopy vznikají jako produkt přirozeného radioaktivního rozpadu thoria, aktinia a uranu. Všechny 28 známých izotopů polonia je radioaktivních. Izotop  $^{210}\text{Po}$ , který má ve svém atomovém jádře 82 protonů a 128 neutronů (celkem tedy 210 částic), byl dříve znám též jako Radium F. Jedná se o alfa zářič s poločasem rozpadu 138 dní. Významnější množství tohoto izotopu je obtížné získat extrakcí z přírodních rud, proto se nejčastěji připravuje v jaderném reaktoru, kde je proudem neutronů ozařován terčik z přírodního bismutu. Ve 40. letech minulého století byla intenzivně studována možnost využití polonia 210 v neutronových iniciátorech jaderných zbraní. V současnosti vyrábí několik firem v USA neutralizátory statické elektřiny (zařízení zabraňující usazování prachu například v elektrotechnickém průmyslu) obsahující tento izotop. Podstatná část spotřeby  $^{210}\text{Po}$  v USA je kryta dovozem z Ruské federace (8g měsíčně) (Roessler 2007). Významným zdrojem  $^{210}\text{Po}$  z pohledu ochrany veřejného zdraví je zejména tabákový dým.

RADIOAKTIVITA  $^{210}\text{Po}$ 

V důsledku spontánního rozpadu těžkých atomových jader (radioaktivní rozpad) dochází k emisi tří typů ionizujícího záření –  $\alpha$  částic (heliová jádra),  $\beta$  částic (elektrony či pozitrony) a  $\gamma$  záření (vysokoenergetické elektromagnetické vlnění). Jednotlivé typy záření se zásadně liší svou schopností prostupovat materiálem a také svými ionizačním potenciálem.

Ionizující záření může při interakci s látkami v našem těle způsobovat jejich rozpad na nabitě částice (ionty, volné radikály). Rozpad chemických vazeb může mít devastující účinky na životaschopnost buněk, zejména pokud jsou zasaženy důležité enzymy či molekuly DNA. K závažnému poškození organismu dochází též v důsledku vysokoenergetické ionizace molekul vody. Tímto procesem vznikají silně reaktivní hydroxylové radikály ( $\bullet\text{OH}$ ), které mohou působit na důležité buněčné struktury ještě zhoubněji než samotné záření. Je-li organismus vystaven účinkům ionizujícího záření, může dojít k zástavě buněčného dělení (cytostatický efekt), k buněčné smrti (nekróza) či k maligní transformaci buněk (mutagenní či karcinogenní účinek) (Kennish – Currie 2007).

Radioaktivní rozpad  $^{210}\text{Po}$  probíhá podle následující rovnice:



Z 10 mikrogramů chloridu polonia ( $\text{PoCl}_2$ ) se uvolní během jedné sekundy  $10^9$  těchto jader (aktivita odpovídající  $10 \mu\text{g}$   $\text{PoCl}_2$  je tedy 1 GBq – giga Bequerel). Energie produkovaná rozpadem čistého izotopu (140 W/g) je tak velká, že se 0,5 g této látky dokáže samovolně zahřát na teplotu  $500^\circ\text{C}$  za současné emise jasně modrého záření.

Alfa částice ( $^4_2\text{He}$ ) emitovanou v důsledku radioaktivního rozpadu atomového jádra dokáže zastavit list papíru či oděv. Tato částice také není schopna projít neporaněnou lidskou kůží. Její ionizační potenciál a s ním spojené biologické účinky jsou však při stejné úrovni absorbované energie asi 20krát silnější, než je tomu v případě  $\gamma$  záření, k jehož odstínění je třeba několik cm olova. Chceme-li tedy někoho zabít pomocí alfa zářiče, musíme zajistit, aby ho naše oběť pozřela či vdechla, případně si ho nechala do těla vpravit injekcí.

TOXICITA  $^{210}\text{Po}$ 

Při požití zůstává 50–90 % polonia 210 zachyceno v trávicím traktu, odkud je posléze vyloučeno stolicí. Zbylá část se vstřebává do krve, kde je polonium zachyceno v červených krvinkách. Jejich prostřednictvím pak dochází k distribuci  $^{210}\text{Po}$  do měkkých tkání. Nejvyšší koncentrace daného izotopu lze pak nalézt v játrech (30 %), v ledvinách (10 %), v kostní dřeni (10 %) a ve slezině (5%). Zbylých 45 % prvku je pak rovnoměrně rozptýleno po celém těle. Na rozdíl od ostatních alfa zářičů je podíl  $^{210}\text{Po}$  zachycený v kostní dřeni výrazně nižší. Biologický poločas (doba za kterou se z organismu vyloučí polovina absorbované látky) se pohybuje mezi 30–50 dny. Odhadovaná smrtelná dávka  $^{210}\text{Po}$  pro člověka je při orální aplikaci asi 10–30 mikrogramů. V případě inhalace může být

až pětkrát nižší (Jefferson – Goans – Blain – Thomas 2009). Pokud je tělo zasaženo dávkou ionizujícího záření přesahující 1 Gy (Gray =  $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), dochází k manifestaci symptomů akutní nemoci z ozáření. Tato nemoc má čtyři fáze, jejichž průběh je závislý na absorbované dávce. Úvodní fáze se nazývá prodromální. Projevuje se nevolností, zvracením, průjmami, horečkou, extrémní nervozitou a zmateností, někdy též ztrátou vědomí. V této fázi již začíná být zřetelný úbytek červených a bílých krvinek i krevních destiček. Po několika minutách až dnech následuje tzv. latentní fáze, během níž se stav pacienta zdánlivě zlepšuje navzdory pokračujícímu úbytku krevních buněk a odumírání epitelu trávicího traktu. Tato fáze může trvat až šest týdnů. Po ní přichází fáze manifestace nemoci, která je charakterizována rozvratem imunitního systému a krvácením sliznic, což jsou sekundární projevy poškození kostní dřene. V důsledku dehydratace též dochází k závažným změnám ve složení tělních elektrolytů. Během 2–3 týdnů pak přichází smrt nebo postupné uzdravování (Le 2007).

## PŘÍPAD LITVINĚNKO

Dne 1. listopadu 2006 byl do nemocnice v severním Londýně přijat třiačtyřicetiletý muž atletické postavy se závažnými trávicími obtížemi. Zdravotní stav pacienta, který se představil jako spisovatel, se rychle zhoršoval. Docházelo u něho k vypadávání vlasů a pancytopenii (rapidní pokles hladiny všech typů krevních buněk). Symptomy odpovídaly nemoci z ozáření, případně otravě thaliem. Moč a krev pacienta byly proto podrobeny chemické a radiační analýze. Ve vzorcích moči byly zjištěny ultra-stopové koncentrace thalia, které však nemohly vyvolat tak závažné zdravotní komplikace. Testy na přítomnost gama zářičů byly negativní. Lékaři tedy začali testovat další možné příčiny pacientova kritického stavu zahrnující exotické toxiny a málo běžná virová či bakteriální onemocnění. Protože pacient nereagoval na žádný z navržených způsobů léčby, byla jeho moč zaslána do specializovaných laboratoří BAWE (Britain's Atomic Weapons Establishment), kde byla zjištěna významná hladina blíže nespecifikovaného alfa zářiče. Pacient zemřel 23. listopadu 2006, několik dní po převozu do jiné londýnské nemocnice. Nedlouho poté byla jako příčina jeho smrti určena otrava poloniem 210. Odhadované množství pacientem požitého radionuklidu přesahovalo 1 GBq.

Včasná diagnóza akutní nemoci z ozáření, která vznikla v důsledku masivní intoxikace poloniem 210, byla obtížná hned z několika důvodů. Mimo jiné je třeba vzít v úvahu, že Litviněnko byl zcela jistě prvním člověkem v historii, který byl záměrně otráven tímto jedem. Další známou obětí intoxikace  $^{210}\text{Po}$  je Irène Joliot-Curie, dcera Marie Curie-Sklodowské. Ta zemřela v roce 1956 na leukémii. Bylo to deset let po nehodě spojené s únikem daného izotopu. Dále se o poloniu 210 spekuluje jako o možné příčině nádorových onemocnění, na něž zemřelo několik izraelských vědců, ovšem informace o těchto případech jsou kusé. Časné klinické příznaky akutní nemoci z ozáření lze snadno zaměnit s celou řadou poměrně běžných

infekčních onemocnění. Navíc standardní techniky detekce radioaktivní kontaminace (gama spektrometrie) jsou neúčinné při odhalování alfa zářičů a specifické testy na alfa zářiče jsou málo dostupné (McFee – Leikin 2009).

### DALŠÍ V OHROŽENÍ

Vzápětí po Litviněnkově smrti bylo v Londýně pracovníky HPA (Health Protection Agency) definováno 11 míst potenciálně ohrožených kontaminací poloniem 210. Celkově bylo identifikováno a kontaktováno 1029 občanů Velké Británie, kteří se v kritické době vyskytovali ve vytipovaných lokalitách, 753 z nich poskytlo k rozboru 24-h vzorek moči, přičemž 139 vzorků vykazovalo měřitelné hodnoty  $^{210}\text{Po}$ . V případě 53 lidí přesahovala absorbovaná dávka záření hodnotu 1 mSv (milisievert), v případě 17 hodnotu 6 mSv. Nejvyšší zjištěná dávka pak byla 100 mSv. Průměrná roční dávka, kterou absorbuje občan Velké Británie ze záření přírodního pozadí, je 2,2 mSv. Dávka 100 mSv vyvolá zvýšení celoživotního rizika vzniku nádorového onemocnění o 0,5 %, 6 mSv pak zvýšení tohoto rizika o 0,03 % (Maguire et al. 2010).

HPA též identifikovala a kontaktovala 664 potenciálně exponovaných lidí, kteří nebyli občany Velké Británie. Pouze 176 z nich poskytlo vzorek moči k analýze, přičemž u 13 z nich byly zjištěny měřitelné hodnoty koncentrace  $^{210}\text{Po}$ . V případě 5 lidí se odhad absorbované dávky pohyboval v rozmezí 1–6 mSv a pro žádného ze zahraničních návštěvníků nepřesahoval odhad absorbované dávky hodnotu 6 mSv (Shaw et al. 2010).

### ZÁVĚR

Před úkladnou vraždou Alexandra Litviněnka bylo na světě pouze několik expertů, kteří si troufli spekulovat o možném zneužití  $^{210}\text{Po}$  jako smrtící zbraně. Po událostech z listopadu 2006 se přirozeně vzedmula vlna celosvětového zájmu o tento poměrně obskurní radioizotop. Vyšlo velké množství článků zabývajících se jeho chemií i toxikologií. Ukázalo se, že při di-

agnóze a léčbě takto netypické otravy hraje životně důležitou roli fantazie a ochota uvažovat o neuvěřitelném. Ukázalo se, že stále existují nebezpečí, která nás přes vyspělost naší civilizace dokáží opravdu zaskočit. Ale hlavně se ukázalo, že se stále a znovu objevují lidé, kteří jsou schopni a ochotni při prosazování svých zájmů překročit jakékoli hranice. Zbývá jen otázka, kdy, kde a jak děsivým způsobem to udělají příště.

### LITERATURA

- Jefferson, R. D. – Goans, R. E. – Blain, P. G. – Thomas, S. H. L. (2009): Diagnosis and Treatment of Polonium Poisoning. *Clinical Toxicology*, 47, 379–392.
- Kennish, S. – Currie, S. (2007): Polonium-210 Poisoning. *British Medical Journal*, 15, 324–325.
- Le, M. H. (2007): Polonium 210, Exposed. *Journal of Medical Toxicology*, 3 (2), 82–84.
- Maguire, H. – Fraser, G. – Croft, J. – Bailey, M. – Tattersall, P. – Morrey, M. – Turbitt, D. – Ruggles, R. – Bishop, L. – Giraudon, I. – Walsh, B. – Evans, B. – Morgan, O. – Clark, M. – Lighfoot, N. – Gilmour, R. – Gross, R. – Cox, R. – Troop, P. (2010): Assessing Public Health Risk in the London Polonium Incident, 2006. *Public Health*, 124, 313–318.
- McFee, R. B. – Leikin, J. B. (2009): Death by Polonium 210. *Seminars in Diagnostic Pathology*, 26 (1), 61–67.
- Roessler, G. (2007): Why  $^{210}\text{Po}$ ? *Health Physics News*, 35 (2), 2–9.
- Shaw, K. – Anders, K. – Olowokure, B. – Fraser, G. – Maguire, H. – Bailey, M. – Smith, J. – Frossell, S. – Yap, K. – Evans, B. (2010): The International Follow-up of Individuals Potentially Exposed to Polonium 210 in London 2006. *Public Health*, 124, 319–325.

### AUTOR

Pouzar, Miloslav (8. 12. 1973, Hradec Králové), český analytický chemik; vzděláván postupně ve Vrdech a Pardubicích. Zabývá se ne-destruktivní prvkovou analýzou pevných látek. Přednáší toxikologii na Fakultě chemicko-technologické Univerzity Pardubice. Dříve též příležitostně dopisovatel *Neviditelného psa*.

Kontakt: Ing. Miloslav Pouzar, Ph.D., Ústav environmentálního a chemického inženýrství, Fakulta chemicko-technologická, Univerzita Pardubice, Studentská 573, 532 10 Pardubice, e-mail: Miloslav.Pouzar@upce.cz.