

RADON, JEHO PRODUKTY ROZPADU A LIDSKÉ ZDRAVÍ

Vladislav NAVRÁTIL

Abstrakt: Radon, radioaktivní netečný plyn, je důležitým faktorem, který je třeba řadit k činitelům, ovlivňujícím životní prostředí. V našem článku je kromě historie zkoumání radonu a jeho účinků na lidské zdraví, diskutován mechanismus jeho působení na živé tkáně (radon a jeho dceřiné produkty způsobují rakovinu plic). Konkrétním přínosem našich měření a našeho výzkumu je mapa, udávající výskyt radonu v oblasti Jihozápadní Moravy.

Klíčová slova: radon, životní prostředí, vliv na lidské zdraví, rakovina plic

Úvod

Přestože byl radon jako vzácný plyn objeven až na začátku 20. století, jeho vliv na lidské zdraví je znám již od století šestnáctého. Již významný středověký lékař a vědec Agricola zaznamenal v roce 1597 vysoký výskyt úmrtí na neznámé plicní nemoci mezi horníky ve stříbrných dolech na německé straně Krušných hor (Schneeberg). Podobně tomu bylo i v Jáchymově a to opět mezi horníky ve stříbrných a měděných dolech, kde byla ruda doprovázena zvláštní černou horninou, zvanou smolinec (dnes víme, že smolinec je bohatý na uran a rádiu).

V roce 1879 zjistili dva němečtí lékaři, Hartung a Hesle, že touto dosud neznámou nemocí je rakovina plic. Horníci, pracující v Schneeberských dolech děle než 10 let zpravidla umírali právě na tuto nemoc (nazývali ji *černá smrt*). Dále uveďme stručný přehled historie výskytu a objevu radonu:

1597 Agricola zaznamenal vysoký výskyt úmrtí na zvláštní plicní nemoc v Krušnohorských dolech na stříbro.

1896 Becquerel objevil radioaktivitu uranu.

1898 Manželé Curieovi objevili radioaktivitu thoria a prvky rádiu a polonium.

1898 Rutherford objevil alfa a beta částice.

1899 Thomson a Rutherford dokázali, že radioaktivita způsobuje ionizaci

1900 Dorn objevil emanaci v uranové řadě ^{238}U , nyní zvanou radon.

1901 Rutherford a Brooks dokázali, že radon je radioaktivní plyn.

1902 Rutherford a Soddy objevili transmutaci prvků

- 1902 Thomson dokázal přítomnost radonu v pitné vodě.
- 1903 Rutherford a Soddy odvodili rovnici, popisující radioaktivní rozpad.
- 1904 Geisel a Debiere objevili aktinon.
- 1913 Arnstein identifikoval „šupinaté“ rakovinné buňky v pitevních vzorcích zemřelých horníků.
- 1913 Fajans objevil další zákony, týkající se rozpadových řad.
- 1914 První využití radonu v lékařství.
- 1925 První zmínka o názvu „radon“ ve vědecké literatuře (do té doby „emanace“ a „niton“)
- 1940 Zjištěna příčinná souvislost mezi radonem a rakovinou plic.
- 1941 Poradní komise National Bureau of Standards zavedla radonový standard pro vzduch (370 Bq.m⁻³).
- 1955 Zavedena bezpečnostní hladina radonu (WL).
- 1957 Vyvinuta Lucasova komůrka pro detekci radonu.

Fyzikální vlastnosti a zdroje radonu

Radon je bezbarvý radioaktivní plyn, bez zápachu, chemicky téměř inertní. Ve srovnání s ostatními vzácnými plyny je z nich nejtěžší, má nejvyšší bod tání a bod varu, nejvyšší kritickou teplotu a kritický tlak. Radon je prvkem, vyskytujícím se ve dvou přírodních radioaktivních rozpadových řadách, uranové a thoriové (obě končí neradioaktivním olovem) (Obr. 1). Radon se rozpadá na ²¹⁸Po (α rozpad, poločas rozpadu 3 minuty), a protože vzniklý prvek má elektrický náboj, váže se na prachové částice. Prach je následně vdechován do plicních sklípků a v nich dochází vlivem α záření k poškození jejich citlivé výstelky. Podobně je tomu při rozpadu ²¹⁸Po na radioaktivní ²¹⁴Pb a poté na radioaktivní ²¹⁴Bi.

Protože radon je radioaktivní vzácný plyn, chemicky nereagující, je jeho koncentrace v každém místě funkcí tří základních faktorů:

- koncentrace a rozdělení jeho zdrojů,
- efektivitu transportních procesů z půdy do biosféry,
- na jeho poločas rozpadu.

Radon má krátký poločas rozpadu a jeho koncentrace ve zdrojovém materiálu je funkcí koncentrace prvků, které jej v rozpadové řadě předcházejí (²³⁸U a ²²⁶Ra). Základní vlastností uranu a thoria je tendence obohacovat horniny, které mají nízký bod tání. Proto je jejich obsah mnohem vyšší v žule, než v dioritu, bazaltu, nebo vápenci. Na Obr. 2 je znázorněna situace výskytu radonu v horninách České republiky.

Radon infiltruje do našich domů následujícími třemi cestami (Obr.3):

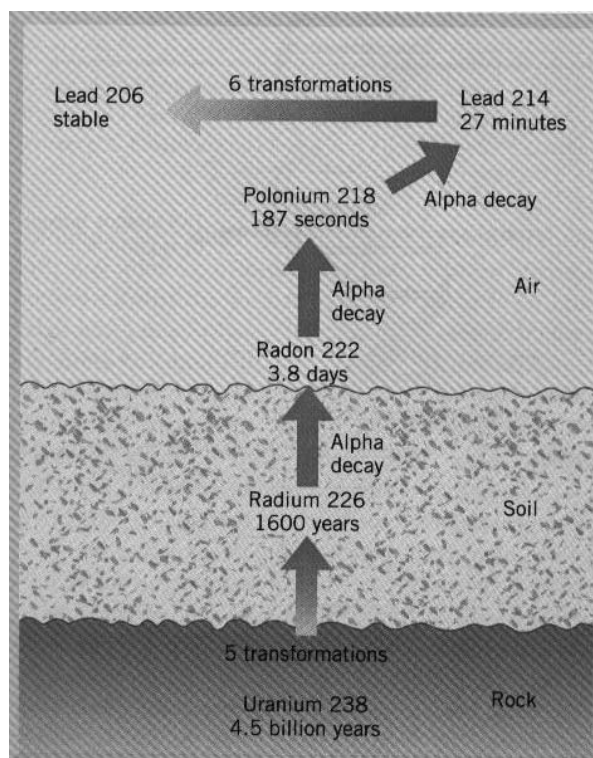
1. Migruje půdou směrem nahoru do sklepů a dolních podlaží domů.
 2. Rozpouští se ve spodní vodě a přichází jako pitná či užitková voda do našich kuchyní a koupelen.
 3. Radonem kontaminovaný stavební materiál (tvárnice z popílku) emanuje do obytných místností domu.
- Nejjednodušší i způsobem jak omezit přístup radonu do našich domů, je spo-

lehlivé nalezení jeho zdrojů a v souladu s tím dům izolovat. Tato cesta může být někdy obtížná a proto musíme tento způsob často nahrazovat intenzivní ventilací.

Vliv radonu na lidské zdraví

Vdechnutý radon se velmi rychle dostává do krevního řečiště. Poněvadž se jedná o chemicky inertní plyn, pouze jeho malá část je absorbována a většina vydechována. Protože jeho poločas rozpadu je poměrně dlouhý (3.8 dne), jenom jeho malá část se v plicích rozpadá. Mnohem vážnější účinky na lidské zdraví mají jeho produkty rozpadu, přítomné např. v místnostech. Vysoká koncentrace produktů rozpadu radonu v plicích vede ke vzniku vážných onemocnění typu plicní fibrózy a zejména rakoviny plic. Kvalita a kvantita biologických vlivů produktů rozpadu radonu na složitý systém plic je velmi složitá a závisí na mnoha faktorech, jako je například jejich fyziologická stavba, imunitní reakce, samočistící schopnost, atd.

Přesto se jako nejjednodušší metoda měření účinků rozpadových produktů na výstelku plic ukazuje metoda srovnání s účinky kouření. Například koncentrace radonu kolem $200 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ je pro lidské zdraví neškodná. Ale již asi desetkrát vyšší koncentrace odpovídá vykouření několika cigaret denně a koncentrace kolem $6000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ již odpovídá vykouření asi 20 cigaret denně a je již dosti nebezpečná.



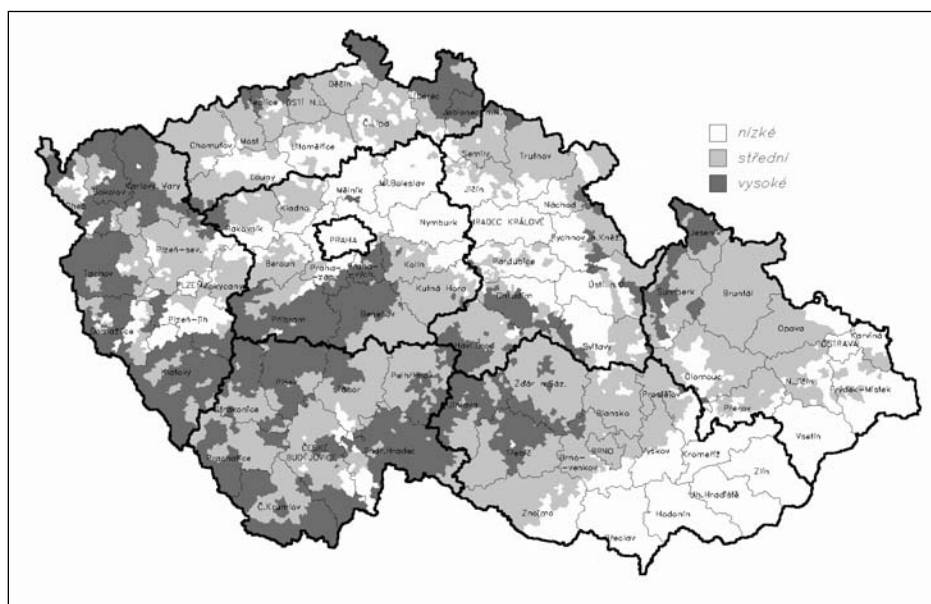
Obr. 1. Zjednodušené schéma pronikání radonu do biosféry

Experimentální výsledky a závěr

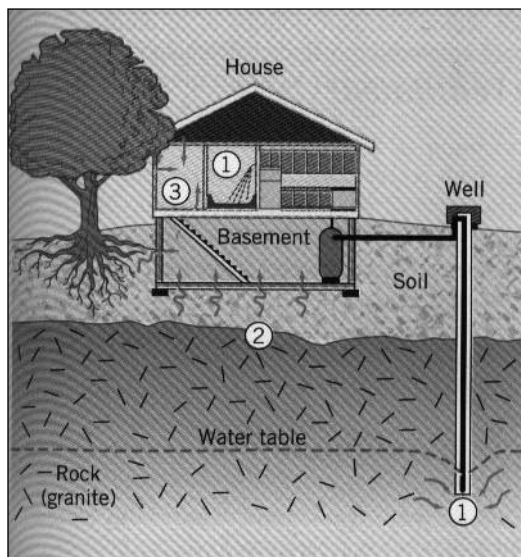
Koncentrace radonu a produktů jeho rozpadu byla měřena v různých částech Moravy. Veškerá měření byla prováděna pomocí unikátního přístroje Level Living Monitor LLM 500 (Münchener Apparatebau für elektronische Geräte GmbH, Germany). Celé zařízení se skládá z vlastního měřicího zařízení, kterým je proporcionální detektor částic beta. Druhou část zařízení tvoří výkonný vysavač, který přes speciální filtr saje vzduch z měřené místnosti. Disketa je posléze proměřena v přístroji a na displeji se objeví přepočtená hodnota, odpovídající koncentraci radonu v daném místě.

Měření koncentrace radonu jsou prováděna již od roku 1997 a to zejména ve skleních domů starší i nové zástavby. Na Obr. 4 jsou jako příklad uvedeny výsledky měření koncentrace radonu v oblasti kolem Dačic (Jihozápadní Morava) na úpatí Javoříckého pohoří (červen 2010). Čísla, uvedená u jednotlivých konkrétních míst, značí minimální a maximální hodnotu koncentrace radonu v dané obci (měřená veličina je časově závislá, nemá proto smysl počítat chybu měření).

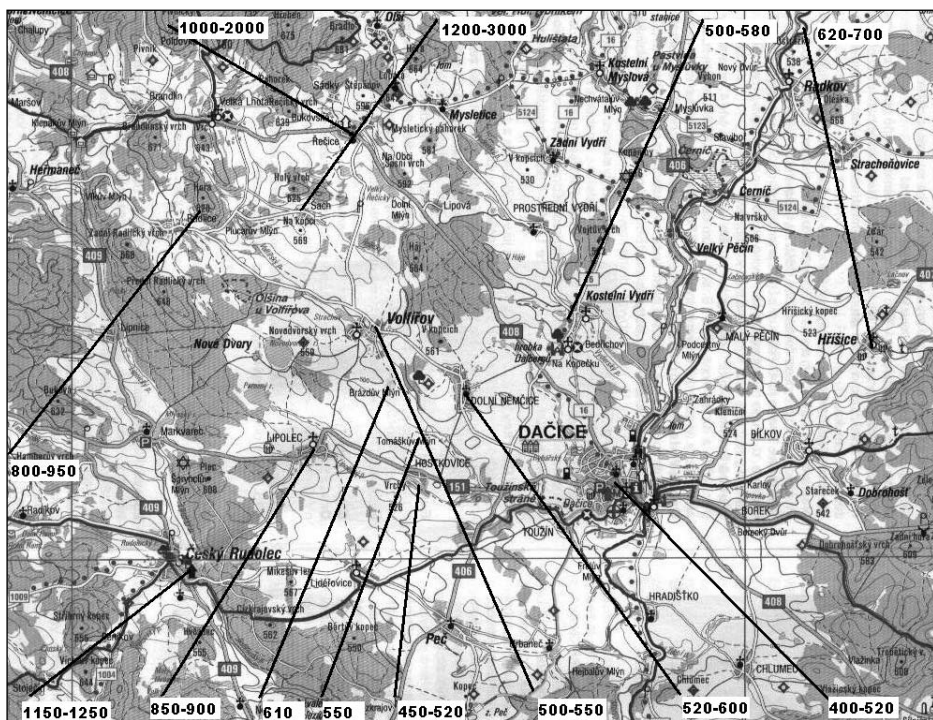
Z obrázku (mapy) plyne, že v levé části mapy (oblast žulového masivu Javoříckého pohoří) je koncentrace radonu vyšší, než v části pravé (kde je podloží rulové). Nejvyšší koncentrace radonu byla zaznamenána na rozhraní obou geologických oblastí, v geologickém zlomu (v tomto zlomu byla zjištěna přítomnost nevýrazného ložiska uranu).



Obr. 2. Radonová situace v ČR



Obr. 3. Pronikání radonu do lidských obydlí



Obr. 4. Měření koncentrace radonu (Jihozápadní Morava, červen 2010)

Literatura

COTHERN, C. R.; SMITH, J. E. *Environmental Radon*. Plenum Press 1987

RUTHERFORD, E.: *Phil Mag* (1903), 576-591

NERO, A. V. *Scientific American* 258, (1988), 42-48

BOTKIN, B.; KELLER, E. A. *Environmental Science*. Third Edition, John Wiley&Sons
I Inc.2000.

EVANS, R. E., *Health Phys.* 38, (1968), 1173 - 1197

RADON, ITS PROGENY AND HUMAN HEALTH

Abstract: There is no doubt that radon, radioactive noble gas, is an important factor influencing environment. Sources of radon, their geological distribution and occurrence of radon and its daughter products (harmful for human health) are discussed in the article. The conclusion of our considerations and our research work (measurement of radon concentration) is very simple: the daughter products of radon are responsible only for cancer of human lungs.

Key words: radon, environments, influencing human health, responsibility for cancer of human lungs