

Závěr

Geofyzikální měření v jižním okolí Abertam vymezilo rozsah mafické intruze gabrodioritů a ukazuje, že oddělené čočky těchto hornin zjištěné geologickým mapováním při povrchu jsou součástí většího tělesa v hloubce. Toto těleso je ve studovaném území protažené ve směru JZ–SV. Podařilo se určit jeho kontakt s okolními granite na JZ (profil 1, metráž 300) a na JV (profil 2, metráž 300). Na opačných koncích obou geofyzikálních profilů (SV a SZ) při kontaktu variských granitů s proterozoickými svory ukončení gabrodioritového tělesa zastízeno nebylo. Buď zde bazické těleso pokračuje dál za hranice profilů (směrem k SZ pravděpodobně zapadá směrem do hloubky), nebo fyzikální vlastnosti gabrodioritů a svorů jsou natolik podobné, že se

je v měřených fyzikálních polích nepodařilo rozlišit.

Terénní práce na lokalitě Abertamy jsou podporovány grantem GAČR č. 205/02/0458 – „Mafické intruze jako prekurzory peraluminických granitů v západním plutonu krušnohorského batolitu“.

Literatura

- JELÍNEK, E. – KACHLÍK, V. – ŠTEMPROK, M. – HOLUB, F. V. – KOVÁŘ-KOVÁ, P. (2003): Mafické intruze jako prekurzory peraluminických granitů krušnohorského batholitu. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2002.
 KORBA, F. (1970): Detailní gravimetrický průzkum v prostoru Boží Dar–Horní Blatná. – Závěrečná zpráva za roky 1968–1969, Geofyzika Brno, závod Praha.
 POKORNÝ, L. – BEDNÁŘ, J. – ŠTOVÍČKOVÁ, N. – CHLUPÁČOVÁ, M. – ČEJCHANOVÁ, B. (1966): Geofyzikální výzkum v oblasti Krušných hor a Slavkovského lesa. – Ústav užité geofyziky Brno, závod Praha.

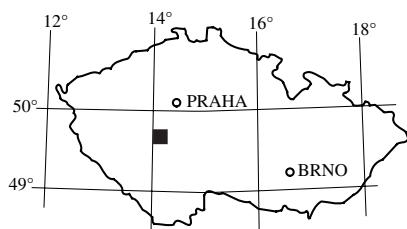
NOVÉ REFERENČNÍ PLOCHY PRO MĚŘENÍ RADONU V PŮDNÍM VZDUCHU V ČESKÉ REPUBLICE

New radon in soil air reference sites in the Czech Republic

MILAN MATOLÍN – ZDENĚK JÁNĚ

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Albertov 6, 128 43 Praha 2

(22-21 Příbram)



Key words: radon in soil air, radon reference sites, tests of radon measurements

Abstract: Radon activity concentration in soil air measurements are applied in geological investigation and radon risk mapping. Uniformity and reliability of radon estimates, carried out by various instruments, technique of soil gas sampling and data processing, is essential for site radon assessment. New 3 natural geological radon reference sites of various radon levels in soil air, Cetyně (31 kBq/m³), Bohostice (52 kBq/m³) and Buk (155 kBq/m³), have been established in the region of Příbram–Milín, central Bohemia, Czech Republic. Testing of reliability of radon data is based on the measurement of 15 stations at each reference site and data processing by the programme TestMOAR, based on statistical analysis.

Radon v horninách

Radioaktivní plyn radon, generovaný v horninách přírodními radionuklidy U a Th, je významný při geologických výzkumech a při monitorování a hodnocení radioaktivnosti pří-

rodního prostředí. Spolehlivost a jednotnost výsledků měření radonu v půdním vzduchu je testována na referenčních plochách.

Radon je plyn bezbarvý a bez zápachu, o objemové hmotnosti 9,73 kg/m³ větší, než je objemová hmotnost vzduchu 1,29 kg/m³. Radon patří do skupiny inertních plynů a má tři izotopy: přeměnami v přírodní přeměnové řadě ²³⁸U vzniká izotop ²²²Rn (radon), o poločasu přeměny T = 3,82 dne, přeměnami v přeměnové řadě ²³⁵U vzniká izotop ²¹⁹Rn (aktinon), T = 3,92 s, a přeměnami v přeměnové řadě ²³²Th vzniká izotop ²²⁰Rn (thoron), o poločasu přeměny T = 55,3 s. Radon, aktinon a thoron jsou radioaktivní a emitují záření alfa.

Produkty přeměny izotopů Rn jsou zdroji jaderného záření alfa, beta a gama. Převážná část atomů radioizotopů Rn, vzniklých v horninách přeměnami z U a Th, zůstává v pevné fázi horniny, zbytek je uvolněn do intergranulárních prostor, stává se součástí půdního vzduchu a migruje. V horninovém prostředí se radioizotopy Rn šíří difuzí a konvekcí. S ohledem na poločasy přeměn izotopů Rn a s nimi spojenými migračními délkami v horninovém a jiném prostředí a velmi malou koncentrací ²³⁵U v horninách je přítomnost ²¹⁹Rn v přírodním prostředí bezvýznamná. Rozpustnost radonu v kapalinách je nepřímo úměrná teplotě a vzrůstá v organických kapalinách. Veličinou pro vyjádření přítomnosti izotopů Rn v půdním vzduchu je objemová aktivita, jednotkou becquerel na krychlový metr (Bq/m³). Objemová aktivita radonu a thoronu v horninách je řádu kBq/m³.

Měření radonu a thoronu v horninovém prostředí

Přítomnost ^{222}Rn a ^{220}Rn v půdním vzduchu se stanovuje převážně měřením záření alfa vzorků půdního vzduchu, méně často detekcí jaderného záření produktů jejich přeměny, deponovaných na vhodných kolektorech. K terénnímu měření radonu a thoronu se užívají přenosné přístroje s ionizačními komorami nebo Lucasovými komoramí jako detektory záření alfa. Vzorky vzduchu se odebírají pomocí zatlučených dutých tyčí do stanovené hloubky v zeminách, sáním a převodem do detektoru. Rozlišení ^{222}Rn a ^{220}Rn je založeno na rozdílnosti časové změny záření alfa obou izotopů a jejich krátce žijících produktů přeměny a tomu odpovídajícímu měření v různých časech po převodu vzorku půdního vzduchu do detektoru přístroje. Thoron (^{220}Rn) s následnými krátce žijícími produkty – zdroji záření alfa – se rozpadá přibližně za dobu 10 minut. Systém odběru vzorku půdního vzduchu, převod do přístroje, měření a výpočet objemové aktivity jsou souborem úkonů, které mohou spolehlivost výsledků ovlivnit.

Použití měření radonu a thoronu v horninách

V geologickém výzkumu se měření radioaktivních emanací uplatní v několika úlohách. Přítomnost radonu v půdním vzduchu je význačným indikátorem akumulace radioaktivních surovin v podloži. Radonovým průzkumem s kvalitativním stanovením ^{222}Rn bylo objeveno 40 z celkového počtu 164 uranových ložisek a rudních objektů v České republice (ŠURÁN 1998). Šíření radonu po oslabených zónách umožňuje podle anomálních hodnot radonu identifikaci tektoniky území. Mapování hornin a stanovení hranic lithologických celků je založeno na profilových měřeních objemové aktivity radonu a thoronu v půdním vzduchu, která odražejí koncentraci mateřských radionuklidů U a Th v hornině, koeficient emanování horniny a její póravitost a fyzikální parametry pro šíření plynů.

Významnou úlohu má radon pro monitorování radioaktivity životního prostředí a pro ochranu obyvatelstva před ionizujícím zářením. V absorbovaných dávkách z přírodních zdrojů radiace se radon podílí přibližně 48 % (sine 1999) při zásadních expozicích jedinců v obytných objektech, kde hlavním zdrojem radonu je geologické podloží staveb. Prevencí zvýšených objemových aktivit radonu v obytných objektech je zjištění úrovně radonu v geologickém podloží a následná odpovídající ochrana stavby proti vnikání radonu ze základových zemin.

Zákon č. 18/1997 Sb. (atomový zákon), ve znění pozdějších změn, a vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB) č. 307/2002 Sb. definují služby a způsob stanovení radonovení indexu pozemku jako ukazatele pro návrh ochrany stavby. Na spolehlivost kvantitativních stanovení radonu v půdním vzduchu pro účely určení radonového indexu pozemku jsou kladený značné nároky a organizace provádějící tuto činnost musí mít povolení SÚJB. Jedním z předpokladů získání tohoto povolení je ověření správnosti měření radonu v půdním vzduchu na referenčních plochách.

Referenční plochy pro měření radonu v České republice

V rámci radonového programu ČR a účelové dotace pro vědu a výzkum pro projekt č. R/2/2000, jehož nositelem byla firma Radon v.o.s., byly Přírodovědeckou fakultou Univerzity Karlovy v Praze, v období 2000–2002, vyhledány a zřízeny 3 referenční plochy pro srovnávací měření objemové aktivity radonu v půdním vzduchu (MATOLÍN et al. 2001) a sestaven program pro testování výsledků. Požadavky na referenční plochy zahrnují rozdílnou úroveň radonu, rovnoměrnou distribuci radonu v mezích referenční plochy, mocnost a plynopropustnost zemin, umožňující odběry vzorků půdního vzduchu v hloubce 0,8 m, znalost geologicko-strukturální situace a koncentrace K, U, Th v horninách, časových změn objemové aktivity radonu v půdním vzduchu a jejich přijatelnost, přístup na referenční plochy pro vozidla a přístroje a jejich vzájemnou malou vzdálenost.

Při vyhledávání a výzkumu ploch byly použity metody měření radonu, gama-spektrometrie, geoelektrické metody, mělká seismika, ruční vrty a analýza zemin a měření plynopropustnosti zemin. Časové změny radonu v půdním vzduchu, teploty, vlhkosti půd a plynopropustnosti byly určeny v období září 2000 až srpen 2001 opakováním měření (N = 14) na referenčních plochách a měřením vzorků v laboratoři.

Tři nové referenční plochy leží 60 km jz. od Prahy, v oblasti Milín, jsou na travnatých plochách, každá referenční plocha zahrnuje 15 stabilizovaných bodů v měříčkové síti 5 × 5 m. Referenční plocha Cetyl leží 5 km jv. od Milína, podloží tvoří leukokrátní biotitická ortorula jílovského pásma, která je pokrytá fluválními kvartérními písčitými hlínami a hlinitými píska. Střední hodnota mediánů objemové aktivity radonu v půdním vzduchu na ploše, stanovená z ročních opakování měření, je 31,6 kBq/m³ a thoronu 44,7 kBq/m³, koncentrace přírodních radionuklidů v zeminách je 1,2 % K, 2,0 ppm eU a 8,9 ppm eTh. Plynopropustnost je v jednotlivých bodech plochy nízká až vysoká.

Referenční plocha Bohostice leží 7 km jv. od Milína, podloží je tvořeno leukokratní biotitickou ortorulou, kterou pokrývají kvartérní písčité hliny a hlinité píska. Střední hodnota mediánů objemové aktivity radonu v půdním vzduchu na ploše je 51,8 kBq/m³ a thoronu 39,7 kBq/m³. Koncentrace přírodních radionuklidů v zeminách je 1,4 % K, 2,3 ppm eU, 7,0 ppm eTh. Plynopropustnost zemin je nízká až vysoká, odběry vzorků vzdalu jsou snadné.

Referenční plocha Buk leží 2 km ssv. od Milína, podloží tvoří středně zrnitý biotitický až amfibol-biotitický granodiorit (milínský typ) středočeského plutonu. Zeminy odpovídají eluviu granodioritu. Střední hodnota mediánů objemové aktivity radonu v půdním vzduchu na ploše je 154,7 kBq/m³ a thoronu 119,5 kBq/m³. Koncentrace přírodních radionuklidů v zeminách je 2,3 % K, 3,6 ppm eU a 13,8 ppm eTh. Plynopropustnost zemin je vysoká a odběry vzorků půdního vzduchu jsou snadné.

Testy spolehlivosti stanovení radonu na referenčních plochách

Testy spolehlivosti výsledků měření objemové aktivity radonu v půdním vzduchu jsou založeny na srovnání výsledků testované organizace s výsledky správce referenčních ploch a dalších organizací v den měření a se souborem dat všech předcházejících měření na referenčních plochách. Organizace ověřující si správnost hodnot stanovení objemové aktivity radonu v půdním vzduchu změří a stanoví vlastním postupem a přístrojem hodnoty u patnácti stabilizovaných bodů měřícké sítě na každé referenční ploše.

Výsledky vyjádřené v kBq/m³ radonu (²²²Rn) se testují počítačovým programem TestMOAR, sestaveným J. Bartoněm, pracovníkem oddělení Aplikované matematiky a výpočetní techniky PřF UK v Praze, za užití statistických metod. Data jsou podrobena třem dílčím testům.

Test 1 je založen na výpočtu rozdílů hodnot objemové aktivity radonu na jednotlivých bodech (N = 15) referenční plochy a mediánu odpovídajících hodnot uvedených správcem a dalšími organizacemi ve skupině v den měření. Test 1 je použit pro úroveň spolehlivosti = 1 %.

Test 2 určuje těsnost lineární regrese $y = a + bx$ a její parametry mezi objemovými aktivitami radonu v půdním vzduchu všech bodů tří referenčních ploch (N = 3 · 15 = 45), uvedenými testovanou organizací (y), a mediány (x) hodnot pro odpovídající body uvedenými správcem a organizacemi měřícími ve skupině. Test 2 je použit pro úroveň spolehlivosti = 1 %.

Test 3 stanoví aritmetické průměry objemové aktivity radonu v půdním vzduchu uvedené testovanou organizací pro jednotlivé referenční plochy a normuje je ve dvou krocích k odpovídajícím hodnotám správce a poté k hodnotám souboru dat všech předcházejících měření organizací na referenční ploše. Ideální hodnota normované veličiny je rovna 1, přípustné odchylky jsou v mezích 0,7–1,3. Test je proveden pro měření na každé referenční ploše.

Výsledný protokol uvádí vypočtené numerické údaje a kritické hodnoty jednotlivých testů. Kontrolní měření objemové aktivity radonu na referenčních plochách je organizováno správcem referenčních ploch (Přírodovědeckou fakultou Univerzity Karlovy v Praze, odd. užité geofyziky) pro skupiny zájemců.

Výzkum byl realizován v rámci VaV projektu č. R/2/2000 a při využití výsledků a za podpory výzkumného zájemu MSM 1131 00006.

Literatura

- MATOLÍN, M. – BARTOŇ, J. – JÁNĚ, Z. – KARPÍŠEK, P. – STEHLÍK, E. – ZOC, J. – ZOCOVÁ, J. (2001): Vývoj testovacích referenčních ploch pro stanovení objemové aktivity radonu v půdním vzduchu. – Zpráva, Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Praha.
 ŠURÁŇ, J. (1998): Hodnocení efektivnosti metod vyhledávání uranových ložisek. – Uhlí, Rudy, geol. Průzk., 12, Praha, 387–389.
 sine (1999): Environmental Activities in Uranium Mining and Milling. – A Joint NEA/IAEA Report, Nuclear Energy Agency, OECD, Paris.

STANOVENÍ ¹³⁷CS V PŮDÁCH OBLASTI JESENÍKŮ TERÉNNÍ GAMA-SPEKTROMETRIÍ A OVĚŘENÍ SPOLEHLIVOSTI VÝSLEDKŮ

Ground gamma-ray spectrometry determination of ¹³⁷Cs in soils of the Jeseníky region and verification of its reliability

MILAN MATOLÍN¹ – IVAN KAŠPAREC² – JAROMÍR HANÁK³

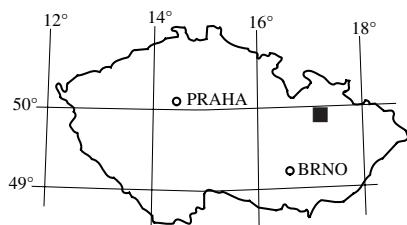
¹ Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Albertov 6, 128 43 Praha 2

² Exploranum CZ, s.r.o., Hudcová 56b, 621 00 Brno

³ Geofyzika, a.s., Ječná 29a, 621 00 Brno

(14-42 Rýmařov)

Key words: Environmental radiation, terrestrial radiation, nuclear fallout, ground gamma-ray spectrometry



Abstract: The Jeseníky region in northern Moravia, Czech Republic, was a relatively highly contaminated area by nuclear fallout from Chernobyl accident in 1986, attaining locally ¹³⁷Cs surface activity of 100 kBq/m². Ground gamma-ray spectrometry with portable spectrometers GS-256, GR-320 and GR-130 was applied at the locality Klepáčov, Jeseníky region, in 2002. The objectives of field experiments were the estimates of ¹³⁷Cs in soil 16 years after nuclear fallout contamination, and determination of