

TABAKO DŪMŲ ĮTAKA RADONO TRUMPAAMŽIŲ SKILIMO PRODUKTŲ TŪRINIO AKTYVUMO POKYČIAMS PATALPOSE

DAINIUS JASAITIS, ALOYZAS GIRGŽDYS
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Raktažodžiai: *radono trumpaamžiai skilimo produktai, tūrinis aktyvumas, rūkymas, radioaktyviosios pusiausvyros koeficientas, laisvosios frakcijos koeficientas.*

Santrauka

Tirta tabako dūmų įtaka radono ir jo trumpaamžių skilimo produktų tūrinio aktyvumo pokyčiams gyvenamosiose patalpose.

Nustatyta, kad padidinus aerolio dalelių koncentraciją ore (patalpoje prirūkius) padaugėja laisvųjų radono trumpaamžių skilimo produktų atomų, prisijungusių prie aerolio dalelių. Šiuo atveju registruojamas didesnis alfa dalelių tūrinis aktyvumas. Todėl prirūkytose patalpose įkvėpiami didesni kiekiai radono skilimo produktų ir padidėja tikimybė pažeisti organizmą.

Gauta aiški teigiama radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento ir aerolio dalelių koncentracijos patalpų ore koreliacija.

ĮVADAS

Radonas ^{222}Rn yra radioaktyviosios bekvapės ir bespalvės inertinės dujos. Jos susidaro skylant radžiui ^{226}Ra , kuris yra urano izotopo ^{238}U skilimo grandinės narys. Radonas ir jo skilimo produktai sudaro didžiausią jonizuojančiosios spinduliuotės dalį. Gyventojų vidutinė metinė apšvitos dozė Lietuvoje, sukelta gamtinės kilmės šaltinių, yra apie 2,2 mSv, iš kurios didžiausią dalį – apie 1 mSv lemia radono ir jo skilimo produktų jonizuojančioji spinduliuotė [1].

Radonas – inertinės dujos (pusėjimo trukmė 3,824 paros), todėl didesnę poveikį žmogaus sveikatai turi jo nedujiniai trumpaamžiai skilimo produktai: ^{218}Po (pusėjimo trukmė 3 min.), ^{214}Pb (27 min.), ^{214}Bi (20 min.), ^{214}Po (164 μs).

Didžiąją dalį radono ir jo skilimo produktų spinduliuotės nesunkiai sugeria žmogaus odos paviršius, todėl svarbiausia yra žmogaus vidinė apšvita, t. y. apšvita dėl kvėpuojant į organizmą patekusių radono skilimo produktų. Įkvėpus radono trumpaamžiais skilimo produktais prisotinto oro, jie nusėda ir suskyla kvėpavimo takuose. Tuomet išsiskyrusios alfa dalelės įsiskverbia ir pažeidžia audinius.

Dėl to po tam tikro laiko gali išsivystyti plaučių ar kvėpavimo takų vėžys [2].

Lietuvoje, kaip ir daugelyje šalių, didžiausias radono šaltinis yra gruntas [3]. Inertinės radono dujos lengvai patenka į patalpas pro plyšius iš grunto, ant kurio stovi namas, taip pat išsiskirdamos iš statybinių medžiagų ar net iš vandens. Taip patalpose susikaupia dideli radono kiekiai ir po jo skilimo susidaro pavojingi trumpaamžių produktų tūriniai aktyvumai, ypač jei patalpos yra nevedinamos [4]. Kuo ore daugiau aerolio dalelių, tuo didesnė radono skilimo produktų dalis nusės ant jų, o ne ant baldų, sienų ar užuolaidų. Todėl prirūkyto kambario ore radono trumpaamžių skilimo produktų yra daugiau, negu „švaraus“ kambario su tokiu pat radono kiekiu ore [3, 5].

Tyrimais nustatyta, kad rūkymas neigiamą radono poveikį sustiprina. Rūkantis žmogus, būdamas su nerūkančiu patalpose, kuriose yra toks pat radono kiekis, susirgti vėžiu rizikuoja netgi labiau nei nerūkantysis, nes radono skilimo produktai nusėda ant smulkučių tabako dūmų (t. y. aerolio) dalelių, o atsiradusios naujos dalelės kvėpavimo takus veikia daug stipriau. Nors bendras rūkymo ir radono poveikis dar tyrinėjamas, yra duomenų, rodančių, kad radono kiekiui patalpose padidėjus 4 kartus, tikimybė rūkančiam žmogui susirgti plaučių vėžiu yra apie 9 kartus didesnė negu nerūkančiam žmogui [6].

Santykį tarp radono ir jo skilimo produktų kiekių apibrėžia radioaktyviosios pusiausvyros koeficientas, dažnai vadinamas tiesiog – F faktoriumi [5, 7]:

$$F = \frac{(0,105C_1 + 0,516C_2 + 0,379C_3)}{C_0}, \quad (1)$$

čia: C_0 – radono tūrinis aktyvumas. C_1 , C_2 , C_3 – ^{218}Po , ^{214}Pb ir $^{214}\text{Bi}/^{214}\text{Po}$ tūriniai aktyvumai ore.

Šis koeficientas apibūdina radono ir jo skilimo produktų radioaktyviąją pusiausvyrą. Labiausiai radioaktyviosios pusiausvyros koeficientas priklauso nuo vedinimo intensyvumo ir aerolio dalelių koncentracijos ore [3].

Radioaktyviosios pusiausvyros koeficientas naudojamas kaip koeficientas pereiti nuo radono tūrinio aktyvumo prie jo skilimo produktų tūrinio aktyvumo patalpose, arba

priešingai. Žinant radioaktyviosios pusiausvyros koeficientą, galima skaičiuoti radono patalpose sąlygotą efektinę dozę.

Kitas svarbus parametras, apibūdinantis radono skilimo produktus patalpose, yra laisvosios frakcijos koeficientas, kuris parodo, kokia vieno ar kito radono skilimo produkto dalis patalpos ore yra nenusėdusi ant aerosolio dalelių [8]:

$$f_i = \frac{C_{lyg}^i}{C_i}, \quad (2)$$

čia: C_{lyg}^i – pusiausvyris lygiavertis aktyvumas. C_i yra i-tojo radono skilimo produkto laisvųjų atomų tūrinis aktyvumas.

Šio darbo tikslas – ištirti ir įvertinti tabako dūmų įtaką radono trumpaamžių skilimo produktų tūrinio aktyvumo pokyčiams patalpose, apskaičiuoti radioaktyviosios pusiausvyros koeficientą ir nustatyti jo priklausomybę nuo aerosolio koncentracijos.

DARBO METODIKA

Matavimams buvo panaudotas sukurtas trumpaamžių radono skilimo produktų tūrinių aktyvumų ore nuolatinį matavimų metodas bei įranga [9].

Naudojamą matavimo įrangą sudaro: optinis aerosolio dalelių skaitiklis, filtravimo įrenginys su radiometru ir oro tūrio matuoklis su siurbliu.

Filtravimo įrenginio metaliniame korpuse padarytos dvi angos. Pro vieną angą yra traukiamas aplinkos oras, prie kitos yra prijungtas siurblys. Oro įsiurbimo angos plotis 20 mm. Siurbimo oro srautas 40 l/min., jis kontroliuojamas oro srauto matuokliu. Įrenginio korpuse esantis oras pasikeičia per 25 s. 800 W galios oro siurblys aplinkos orą siurbia per filtrinę 50 mm pločio juostą „Fiberglaz“. Ant filtro nusėdusių dalelių skleidžiamą spinduliuotę matuoja radiometras GM-45.

GM-45 yra nedidelis, lengvas ir labai jautrus jonizuojančiosios spinduliuotės detektorius. Jis turi Geigerio ir Miulerio skaitiklį, kuris jautrus alfa, beta ir gama spinduliuotėms (alfa per 3 MeV, beta per 50 keV, gama per 7 keV). Žėručio langelio skersmuo – 42 mm. Įrenginys aprūpintas RAD (Radiation Acquisition and Display) programa. Naudojant RAD programą realizuota galimybė sukaupti ir pervesti duomenis į MS Excel programą, kur juos galima apdoroti. Matavimo metu duomenys automatiškai įrašomi ir išsaugomi.

Radiometras įtaisytas taip, kad ties jo matavimo langu slinktų filtrinė juosta, pro kurią siurbiamas oras.

Elektroniniais laikmačiais TS-ED1 nustatomi ir užprogramuojami siurblio veikimo bei juostos sukimosi laikai.

Taip sudaryta galimybė prietaisui dirbti nenutrūkstamai, nustačius, kad matavimai automatiškai vyktų norimomis valandomis.

Aerosolio dalelių koncentracija ore matuojama optiniu aerosolio dalelių skaitikliu AZ-5. Aerosolio skaitiklis veikia matuojant atskiros aerosolio dalelės šviesos sklaidą ir gali išmatuoti aerosolio daleles, kurių dydis kinta nuo 0,4 iki 10 μm .

Aerosolio skaitiklį AZ-5 sudaro šviesos jutiklis, siurblys ir elektrinė dalis. Šviesos jutiklis kiekvienai dalelei sukuria elektrinį impulsą. Amplitudė priklauso nuo dalelių dydžio. Siurblys siurbia orą per šviesos jutiklį matavimo zoną (talpa 1,2 l/min). AZ-5 gali išmatuoti aerosolio dalelių koncentraciją ore nuo 0 iki $3 \cdot 10^6$ dalelių litre. Matavimo sisteminė paklaida yra $\pm 20\%$.

Šiame matavimo metode aerosolio dalelių skaitiklis sujungtas su kompiuteriu, į kurį siunčiami ir įrašomi duomenys. Nenutrūkstamai veikiančio prietaiso duomenys naudojant duomenų kaupiklį ADC-16 kaupiasi kompiuteryje. Taip nuolat kontroliuojama aerosolių dalelių koncentracija ir jos pokyčiai.

Įvertinta trumpaamžių radono skilimo produktų matavimo metodo paklaida. Ji priklauso nuo filtrinės juostos efektyvumo pokyčių, oro srauto greičio per ją, ekspozicijos laiko, skilimo produktų koncentracijos ore. Nustatyta paklaida buvo ne didesnė nei 6 %.

REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

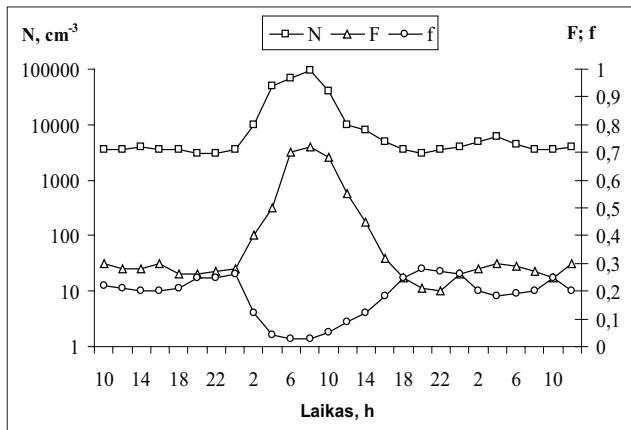
Tyrimai atlikti individualaus namo kambariuose įprastomis gyvenimo sąlygomis bei dirbtinai padidinus aerosolio dalelių koncentraciją ore, t.y. prirūkius.

Tyrimų metu patalpos temperatūra ir santykinė oro drėgmė buvo apie 22 °C ir 40 %, o vidutinė aerosolio dalelių koncentracija patalpoje siekė $1,3 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$. Vėdinimo greitis patalpoje buvo apie $0,2 \text{ h}^{-1}$. Prirūkius patalpoje aerosolio dalelių koncentracija buvo padidinta iki $95 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$. Matavimo rezultatai pateikti 1 lentelėje. Čia pateikti matavimų statistiniai vidurkiai. Iš viso atlikta 50 matavimų.

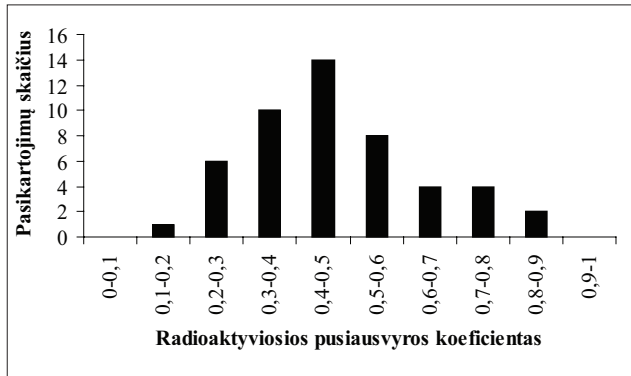
Esant įprastoms aplinkos sąlygoms laisvosios frakcijos koeficiento f vertės kito nuo 0,09 iki 0,70, o vidutinė reikšmė gauta $0,32 \pm 0,02$. Radioaktyviosios pusiausvyros koefi-

1 lentelė. Aerosolių koncentracija ore (N), laisvosios frakcijos koeficientai (f) ir radioaktyviosios pusiausvyros koeficientai (F) esant skirtingoms aerosolinėms sąlygoms patalpoje

	Įprastomis sąlygomis	Prirūkytoje patalpoje
$N \times 10^3, \text{ cm}^{-3}$	$1,3 \pm 0,2$	$95 \pm 6,5$
f	$0,32 \pm 0,02$	$0,027 \pm 0,002$
F	$0,17 \pm 0,01$	$0,62 \pm 0,05$



1 pav. Laisvosios frakcijos koeficiento ir radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento pokyčiai, kintant aerozolio dalelių koncentracijai ore prirūkus patalpas



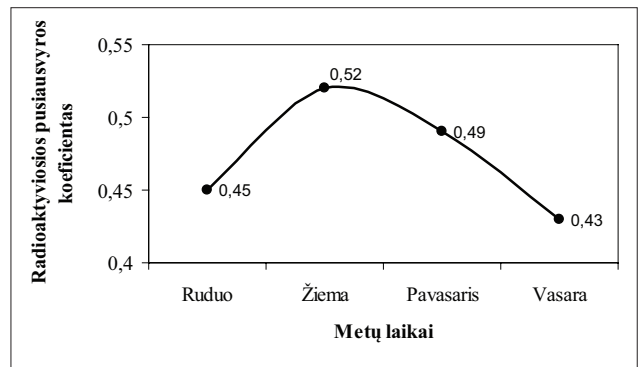
2 pav. Radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento pasikartojimo dažnis patalpų ore

ciento F vidutinė vertė $0,17 \pm 0,01$, o verčių pasiskirstymas buvo nuo $0,05$ iki $0,50$.

Įprastomis sąlygomis aerozolio dalelių koncentracija patalpoje nėra didelė. Tuomet prie dalelių prisijungia mažai radono skilimo produktų. Dėl šios priežasties po skilimo atsiradę trumpaamžiai radono produktai daugiausia yra laisvi, neprisijungę ir nusėda ant paviršių. Tai turi įtakos radioaktyviosios pusiausvyros nebuvimui tarp radono ir jo skilimo produktų. Didėjant aerozolio dalelių koncentracijai, didėja radioaktyviosios pusiausvyros koeficientas, nes prisijungimo procesas tampa greitesnis už neprisijungusių dalelių nusėdimą ant paviršių.

Patalpoje prirūkus radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento vidutinė vertė padidėjo iki $0,62 \pm 0,05$.

1 paveiksle pavaizduotas tipinis laisvosios frakcijos koeficiento ir radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento pokyčių laike pavyzdys, kintant aerozolio dalelių koncen-



3 pav. Radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento sezoniniai pokyčiai tirtų patalpų ore

tracijai patalpos ore, ją prirūkant. Čia pastebimas laisvosios frakcijos koeficiento mažėjimas didėjant aerozolio dalelių koncentracijai – laisvosios frakcijos koeficientai siekdavo vos $0,03 - 0,05$. Tuo metu radioaktyviosios pusiausvyros faktorius labai padidėjo, jo vertės siekdavo $0,7 - 0,8$, o kai kuriais atvejais apie $0,9$.

Buvo nustatyta atvirkštinė priklausomybė tarp laisvosios frakcijos koeficiento ir radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento (tai matyti ir 1 pav.) bei pakankamai aiškus ryšys tarp radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento ir aerozolio dalelių koncentracijos patalpų ore – gautas koreliacijos koeficientas $r = 0,9$.

2 paveiksle pavaizduotas įvairių tirtų patalpų ore apskaičiuotų radioaktyviosios pusiausvyros koeficientų pasikartojimo dažnis.

Dažniausiai pasikartojanti radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento vertė yra $0,4 - 0,5$.

Radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento vidutinės vertės įvairiais metų laikais patalpų ore pavaizduotos 3 paveiksle.

Buvo nustatyta, kad radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento vertės tirtame name skirtingais sezonais kito nuo $0,43$ iki $0,52$ [10].

Žiemą patalpos yra mažai vėdinamos, namai hermetiški – tai leidžia patalpose kauptis radonui bei jo skilimo produktams. Dėl to radioaktyviosios pusiausvyros koeficientas tarp radono ir jo skilimo produktų padidėja. Vasarą kambariai dažniausiai būna gerai išvėdinti, o tai mažina radioaktyviąją pusiausvyrą tarp radono ir jo skilimo produktų.

Nustatytosios radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento vertės yra panašios į kitose Europos šalyse apskaičiuotas vertes [11, 12]. Pastebėta, kad skirtingose vietose radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento variacijos yra didelės, todėl rekomenduojama jį atskirai skaičiuoti konkreitiems regionams.

IŠVADOS

1. Įprastomis aplinkos sąlygomis laisvosios frakcijos koeficiento ir aerolio dalelių koncentracijos vidutinė vertė gautos $0,32 \pm 0,02$ ir $(1,3 \pm 0,02) \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$. Prirūkytose patalpose atitinkamai – $0,027 \pm 0,002$ ir $(95 \pm 6,5) \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$. Nustatyta, kad padidinus aerolio dalelių koncentraciją ore padaugėja prisijungusių laisvųjų radono trumpaamžių skilimo produktų atomų prie aerolio dalelių, todėl fiksuojamas didesnis alfa dalelių tūrinis aktyvumas.

2. Išmatuota radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento vidutinė vertė normaliai vėdinamose patalpose $0,17 \pm 0,01$, tuo tarpu prirūkytose patalpose vertės dažnai siekė $0,7–0,8$, todėl prirūkytose patalpose didesnė tikimybė įkvėpti radono skilimo produktų ir pažeisti organizmą.

3. Nustatyta atvirkštinė priklausomybė tarp laisvosios frakcijos koeficiento ir radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento bei radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento ir aerolio dalelių koncentracijos patalpų ore teigiamas koreliacinis ryšys $r = 0,9$.

4. Dažniausiai pasikartojanti radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento vertė yra $0,3–0,4$. Nustatyta, kad radioaktyviosios pusiausvyros koeficiento vertės yra mažesnės vasarą, negu kitais metų laikais. Tai lemia geresnis patalpų vėdinimas šiltuoju metų laiku.

Literatūra

- UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2000 report to the General Assembly, Vol 1. United Nations, New York, 2000; 654.
- Lubin JH. Studies of radon and lung cancer in north America and China. National cancer institute, USA, Radiation Protection Dosimetry 2003; 104(4): 315–319.
- Clavensjo B., Akerblom G., Morkūnas G. Radonas patalpose. Jo kiekio mažinimo būdai. Vilnius, 1999; 126.
- Morkūnas G. Radono sąlygotos efektinės dozės individualiuose namuose įvertinimas: daktaro disertacija. Vilnius, 2000; 89.
- Mohamed A. Study on radon and radon progeny in some living rooms, Radiation Protection Dosimetry 2005; 105(4): 143–148.
- Radiacinės saugos centro informacinis biuletenis. 2008; 2: 6.
- Baixeras C, Amgarou K, Font L, Domingo C. Long-term radon levels and equilibrium factor in some Spanish workplaces measured with a passive integrating detector. Radiation Protection Dosimetry. 1999; 85(1–4): 233–236.
- Yu KN, Young ECM, Li KC. A study of factors affecting indoor radon properties. Health Physics 1996; 71(2): 179–184.
- Jasaitis D., Girgždys A. Hourly measurement method for radon progeny volumetric activity in air. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management 2007; 15(3): 158–165.
- Jasaitis D., Girgždys A. Influence of aerosol particle concentration on volumetric activities of indoor radon progeny. Lithuanian journal of physics 2011, 51 (2): 155-161.
- Cavallo A. The radon equilibrium factor and comparative dosimetry in homes and mines. Radiation Protection Dosimetry 2000; 92(4): 295–298.
- Kreuzer M, Heinrich J, Wölke G, Rosario A, Gerken M, Wellmann J, Keller G, Kreienbrock L, Wichmann H. Residential radon and risk of lung cancer in eastern Germany. Epidemiology 2003; 14(5): 559–568.

THE INFLUENCE OF TOBACCO SMOKE ON CHANGES OF VOLUMETRIC ACTIVITIES OF INDOOR RADON SHORT-LIVED DECAY PRODUCTS

D. Jasaitis, A. Girgždys

Summary

Key words: Radon short – term decay products, volumetric activity, aerosol, radioactive equilibrium factor, unattached fraction factor.

The influence of tobacco smoke on changes of volumetric activities of radon and its short-lived decay products was investigated.

An increase of radon short-lived decay products atoms attached to aerosol particles was obtained during in smokefilled compartments. In this case larger volumetric activity of the alpha particles was registered. Therefore there is a higher possibility to inhale radon progeny and damage organism in the smoking premises.

Well as positive correlation coefficient between the radioactive equilibrium factor and aerosol particle concentration in the air of accommodations has been determined.

Correspondence to: Dainius.Jasaitis@vgtu.lt

Gauta 2012-01 24