

LYGIAVERTĖS DOZĖS GALIOS POTENCIALIOJE NAUJOS ATOMINĖS ELEKTRINĖS AIKŠTELĖJE ANALIZĖ IR REZULTŲ INTERPRETACIJA

Vigilija Cidzikienė

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Ivadas

Aplinkoje yra natūralios ir dirbtinės kilmės radionuklidų, kurie skleidžia jonizuojančiąją spinduliuotę ir sukuria lygiavertę dozės galią (LDG) pažemio ore (Brígido, 2005; Lebedytė, 2001).

Dirbtinės kilmės radionuklidų grupei priklauso žmogaus sukurti šaltiniai, kurie įvairiems tikslams naudojami medicinoje, pramonėje, transporte, moksliniuose tyrimuose ir panašiai. Prie dirbtinės kilmės šaltinių priskiriami ir radionuklidai, į aplinką patekę veikiant atominėms elektrinėms ir kitiems branduolinio kuro ciklo įrenginiams, bei radionuklidai, aplinkoje atsидūrę branduolinio ginklo bandymų bei atominų elektrinių avarijų metu (Faghihi, 2011; Pilkytė, 2006).

Jungtinių Tautų mokslo komiteto (UNSCEAR, 2000), nagrinėjančio jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį, duomenimis, gamtinės kilmės šaltiniai yra kosminė spinduliuotė ir gamtinės kilmės radionuklidai, esantys grunte, vandenyje, maiste ir kituose žmogų supančiuose objektuose, pvz., statybinėse medžiagose, patalpose žmogaus kūne.

Atlikti moksliniai tyrimai parodė, kad vienas svarbiausių žmogaus apšvitęs šaltinių yra gamtinės kilmės radionuklidai, esantys statybinėse medžiagose. Radionuklidų, esančių statybinėse medžiagose, jonizuojančioji spinduliuotė gali sukelti tiek vidinę, tiek išorinę žmogaus apšvitą (EC, 1999a). Kita svarbi šio šaltinio skiriamoji ypatybė yra ta, kad radionuklidai yra netolygiai pasiskirstę, t. y. apšvita nuo jų skirtingose vietose yra labai nevienoda (Pilkytė, 2006, Sonkawade, 2008).

Statybinių medžiagų savitieji aktyvumai

Tyrimo tikslas – įvertinti gama spinduliuotės lygiavertės dozės galios pasiskirstymą potencialioje

naujos atominės elektrinės (NAE) aikštelėje.

Uždaviniai: išanalizuoti išmatuotų LDG verčių pasiskirstymą nagrinėjamoje teritorijoje, įvertinti statybinių atliekų ir supiltnio grunto pasiskirstymą, išanalizuoti galimą LDG verčių, statybinių medžiagų ir supiltnio grunto sklaidos ryšį NAE aikštelėje.

Tyrimo vieta. NAE statybai svarstomos dvi alternatyvios aikštelės. Alternatyvios aikštelės yra parinktos Ignalinos atominės elektrinės (IAE) teritorijoje: aikštelė Nr. 1 į rytus nuo IAE antrojo bloko, o aikštelė Nr. 2 – į vakarus nuo esamų elektros paskirstymo įrenginių.

Statybinių medžiagų radiacinei saugai analizuoti visame pasaulyje naudojamosi radžio Ra-226, torio Th-232 ir kalio K-40 savitųjų aktyvumų tyrimų rezultatais. Bendrą šių radionuklidų jonizuojančiosios spinduliuotės poveikį atspindi aktyvumo rodiklis, kuris apskaičiuojamas atsižvelgiant į visų trijų radionuklidų ir jų radioaktyviųjų šeimų narių, esančių statybinėse medžiagose, jonizuojančiosios spinduliuotės įtaką žmonių apšvitai. Aktyvumo rodiklis I įvertinamas:

$$I = a_{\text{Ra}}/300 + a_{\text{Th}}/200 + a_{\text{K}}/3000 \quad (1)$$

kur: a_{Ra} , a_{Th} , a_{K} – radžio Ra-226, torio Th-232 ir kalio K-40 savitieji aktyvumai statybinėse medžiagose, Bq/kg. Pagrindinis kriterijus, nustatant, ar statybinę medžiagą radiacinės saugos požiūriu galima naudoti be apribojimų, – tai aktyvumo rodiklis, apskaičiuojamas (1) formule, kuri turi neviršyti 1. Jei-gu aktyvumo rodiklis viršija 1, būtina apskaičiuoti, kokia būtų apšvita nuo tokioje statybinėje medžiagoje esančių radionuklidų jonizuojančiosios spinduliuotės dozės. Lietuvoje gaminamų ir naudojamų statybinių medžiagų savitųjų aktyvumų tyrimų (Morkūnas, 2009) rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Radionuklidų savitieji aktyvumai statybinėse medžiagose

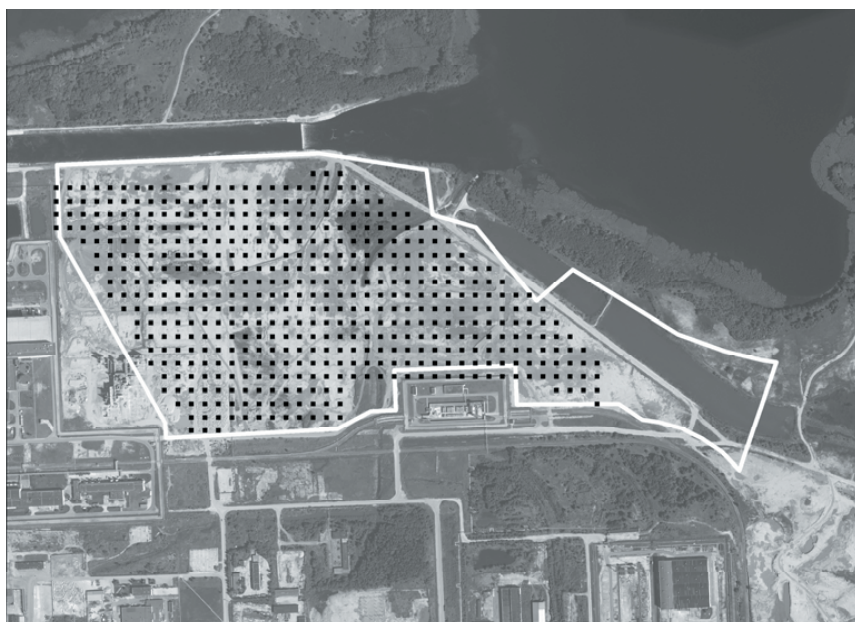
Statybinių medžiagų pavadinimas	Savitojo aktyvumo a vidurkis ir intervalas, Bq/kg			Aktyvumo rodiklio I vidurkis ir intervalas, Bq/kg
	Ra-226	Th-232	K-40	
Akmens ir marmuro gaminiai	37 ± 36	22 ± 19	292 ± 06	$0,33 \pm 0,31$
	$3,5 \div 113$	$0,3 \div 70$	$1,7 \div 1\,150$	$0,01 \div 1,08$
Asfaltas ir kelio danga	36 ± 9	20 ± 4	654 ± 110	$0,44 \pm 0,08$
	$10 \div 75$	$11 \div 41$	$399 \div 1\,030$	$0,30 \div 0,80$
Betonas, betoniniai ir gelžbetoniniai gaminiai	58 ± 30	22 ± 5	455 ± 54	$0,45 \pm 0,11$
	$3,2 \div 1030$	$1,3 \div 110$	$12 \div 1\,220$	$0,03 \div 3,78$

1 lentelės tęsinys

Granitas, granito skalda	60 ± 13 $5 \div 296$	41 ± 8 $2,9 \div 142$	$1\,103 \pm 141$ $220 \div 4\,690$	$0,77 \pm 0,11$ $0,13 \div 2,78$
Kalkės	53 ± 19 $5 \div 110$	$3,0 \pm 0,9$ $1,2 \div 9$	54 ± 12 $12 \div 92$	$0,21 \pm 0,07$ $0,04 \div 0,41$
Mediena kaip statybinė medžiaga	–	–	$24,3 \pm 6,5$ $1,1 \div 84$	$0,009 \pm 0,003$ $0,0004 \div 0,03$
Silikatinės plytos ir blokeliai	21 ± 9 $8 \div 84$	13 ± 6 $5 \div 60$	404 ± 80 $228 \div 1\,001$	$0,27 \pm 0,08$ $0,11 \div 0,91$
Šlakas	152 ± 67 $51 \div 250$	64 ± 21 $22 \div 90$	412 ± 16 $375 \div 434$	$0,96 \pm 0,29$ $0,50 \div 1,42$
Mineraliniai užpildai (smėlis, žvirgždas, žvirgždo skalda)	$26,3 \pm 1,8$ $2,4 \div 99$	$15,3 \pm 1,3$ $0,9 \div 64$	452 ± 22 $1,7 \div 964$	$0,31 \pm 0,02$ $0,01 \div 0,97$
Tinkas	17 ± 6 $4 \div 30$	$5,4 \pm 2,1$ $0,6 \div 12$	134 ± 67 $12 \div 366$	$0,12 \pm 0,05$ $0,02 \div 0,28$

Straipsnyje nagrinėjamas LDG pasiskirsty-

mas pirmoje IAE aikštelėje, kurios plotas – 36,92 ha (1 pav.).



1 pav. Alternatyvios aikštelės geografinė padėtis ir LDG matavimo vietos

Ignalinos AE statybos metu ši teritorija buvo rezervuota trečiajam ir ketvirtajam IAE blokams. Teritorija savo šiaurine dalimi ribojasi su pirmo ir antro bloko aušinimo vandens išleidimo kanalu. Pietuose ši teritorija apribota vakarų–rytų krypties keliu. Rytinė aikštelės dalis yra trikampės formos dėl jos rytiniame pakraštyje esančio šiaurės vakarų–pietryčių krypties geležinkelio. Rytuose teritorija apribota pradėtu kasti aušinimo vandens kanalu, anksčiau planuotu ketvirtajam IAE blokui. Pietinėje pusėje yra IAE pirmojo ir antrojo energetinių blokų laikinoji panaudoto branduolinio kuro saugykla. Prie alternatyvios aikštelės vakarinės sienos taip pat numatoma pastatyti buferinę labai mažo aktyvumo trumpaamžių radioaktyviųjų atliekų saugyklą ir IAE radioaktyviųjų atliekų atitikties nebe kontroliuojamiesiems lygiams

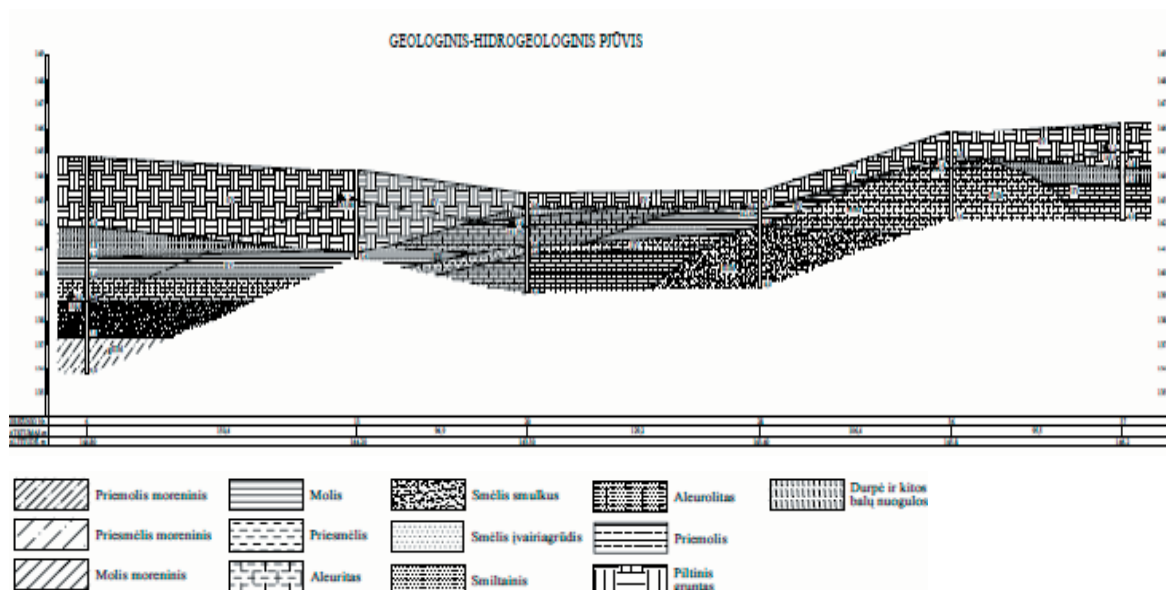
vertinimo įrenginius (Pöyry Energy Oy, 2009). Šioje teritorijoje buvo statomas Ignalinos atominės elektrinės trečias blokas, vėliau nugriautas iki pamatų. Gelžbetonio konstrukcijos išardytos iki 1 m gylio. Sklype liko masyvios gelžbetonio konstrukcijos (pamatų), siekiančios iki 10 m gylio. Tiriama teritorija rekultivuota. Visa tiriamoji teritorija, išskyrus kelias vietas, yra padengta piltiniu technogeniniu gruntu. Šio grunto storis visoje tyrimų aikštelėje yra labai įvairus ir kinta nuo 0,2 m iki 10,0 m. Didžiausias jis yra centrinėje ir vakarinėje sklypo dalyje, kur siekia 4,0–10,0 m. Minėtose sklypo vietose buvo pradėti statyti trečiasis ir ketvirtasis IAE blokai bei pagalbiniai statiniai, kurie vėliau buvo demontuoti ir likęs statybinis laužas palaidotas buvusių statinių pamatų duobėse. Statybinių atliekų pasiskirstymas – 2 pa-

veiksle. Statybinės atliekos pažymėtos juodu kontūru ir balta spalva. Tyrinėtą statybos sklypą dengiantis piltinis gruntas yra sudarytas iš priesmėlio, priemolio, įvairaus rupumo smėlio, durpių, juodžemio tarpsluoksnių. Gilesnis nei 1 m gruntas yra sumaišytas su statybinėmis atliekomis. Statybinės atliekos – be-

tono liekanos, armatūra, plastikas, skalda, mediena. Po minėtais gruntais, vietomis, slūgso moreninis Baltijos stadijos priesmėlis ir priemolis su smėlio lėšiais ar tarpsluoksniais (Geotestus, 2009). Aikštelės geologinio pjūvio pavyzdys pateiktas 3 paveiksle.



2 pav. Statybinės atliekos potencialioje NAE aikštelėje (UAB „Pramprojektas“, 2009)



3 pav. Potencialios NAE aikštelės geologinio pjūvio pavyzdys (UAB „Geotestus“, 2009)

Lygiavertės dozės galios vertinimas

LDG pažemio ore matavimai atlikti potencialioje NAE aikštelėje. Matavimus atliko Radiacinės saugos centro darbuotojai. LDG matuoti dozės galios matuokliu FH 40 G-L 10. Aikštelė buvo padalinta į 500 tyrimų plotelių. Plotelių suskirstymas pažymėtas (1 pav.) juodais kvadratais. Kiekvienas plotelis buvo apie 750 m². Tiriamojo sklypo teritorijoje matavimai buvo atliekami maždaug 1 m aukštyje virš

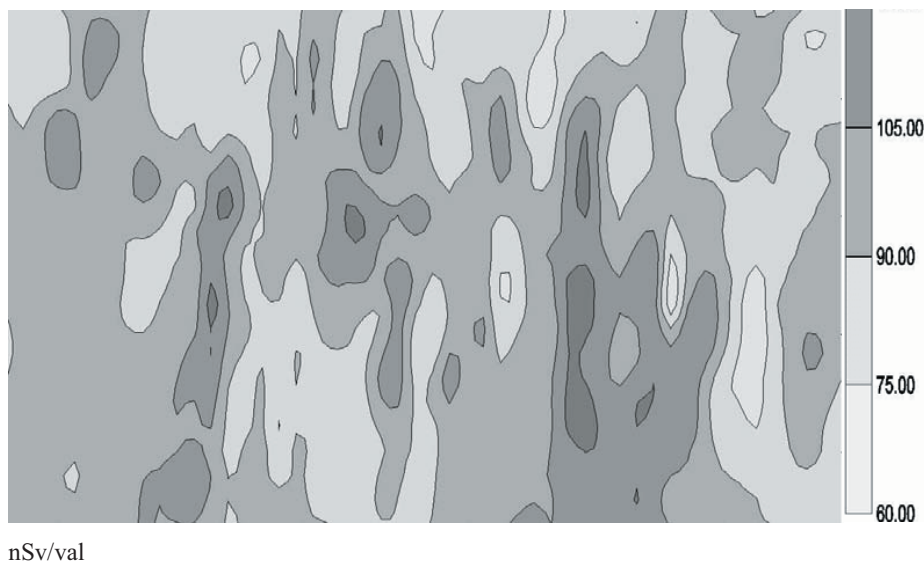
dirvožemio paviršiaus. Kiekvienai daliai suteiktas identifikacinis numeris, kuris buvo pažymimas žemėlapyje. Identifikacinį numerį sudaro raidė ir skaičius (A1, A2, ..., B1, B2... ir t. t.). Matavimai atlikti pagal Radiacinės saugos centro kokybės vadybos sistemos kokybės vadovo darbo instrukcijoje DI-0 (P-07) „Jonizuojančiosios spinduliuotės lygiavertės dozės galios tyrimas“ nurodytą tvarką. Matuojant buvo stebimas dozės galios kitimas, o dozės galios vertės bu-

vo fiksuojamos apytiksliai kas 9 metrai. Tokiu būdu kiekvienoje sklypo dalyje buvo užregistruojamos 3 dozės galios vertės, iš kurių apskaičiuota vidutinė dozės galios vertė ir standartinis nuokrypis.

Prieš atliekant LDG matavimus, buvo išmatuojama foninė dozės galios vertė šalia tiriamosios sklypo teritorijos. Pažymėta foninės dozės galios spinduliuotės matavimo vieta: vietovės pavadinimas, koordinatės (Radiacinis saugos centras, 2009).

Rezultatų aptarimas

Buvo iškelta hipotezė, kad LDG verčių pasiskirstymas gali būti susijęs su grunte esančių medžiagų rūšimis ir jų kiekiu. Darbe atlikta išmatuotų LDG verčių pasiskirstymo tirtame sklype lyginamoji analizė (4 pav.). 4 paveiksle pavaizduotas LDG pasiskirstymas. Pilkos spalvos intensyvumas žymi LDG koncentracijos dydį kas 15 nSv/val. Rezultatai rodo, kad tiriamoje aikštelėje LDG vertės kito nuo 60 iki 130 nSv/val.



4 pav. LDG verčių pasiskirstymas potencialioje NAE aikštelėje. Spalvų intensyvumas atitinka LDG verčių dydžius, nSv/val.

Išmatuotos LDG dydį galėjo lemti kosminė spinduliuotė, anksčiau veikusios IAE tarša, gruntas bei statybinės medžiagos. Kosminė spinduliuotė turi įtakos LDG lygiui (Lebedytė *et al.* 2001), tačiau jos poveikis visoje aikštelėje LDG yra vienodas, kadangi aikštelės plotas yra nedidelis. UNSCEAR duomenimis, šiuo metu pažemio ore kosminės spinduliuotės sukurta LDG laikoma pastovia ir šiaurės pusrutulyje jūros lygyje sudaro 32 nSv/val (UNSCEAR 2000). Radiacinės saugos centro duomenimis, šiuo metu Lietuvoje LDG yra 43 nSv/val (0,38 nSv/m) (Radiacinis saugos centras, 2010). 2009 metais IAE sanitarinės apsaugos zonos teritorijos (šalia tiriamos aikštelės) LDG svyravo nuo 66 iki 159 nSv/val. (VĮ Ignalinos atominė elektrinė 2010), tad tiriamoje aikštelėje išmatuotas LDG lygis neviršijo Ignalinos AE sanitarinėje zonoje esančio lygio. Išmatuotos aikštelės foninės LDG vertės diapozonas 80–112 nSv/h (Radiacinis saugos centras, 2009). Aikštelės LDG fonas matuotas šalia tiriamo sklypo, matavimai atlikti tuo pačiu metu kaip ir tiriamoje aikštelėje. Taigi, kosminės spinduliuotės IAE teritorijoje galimai sukurta tarša derėtų laikyti pastoviais dydžiais. Remiantis informacija apie piltinių gruntų bei statybinių me-

džiagų pasiskirstymą aikštelėje (2 ir 3 pav.), buvo ieškota galimų sąryšių tarp statybinių medžiagų liekanų, grunto prigimties ir LDG dydžio. Išanalizavus aikštelės geologinę sandarą, nustatyta, kad didžiąją sklypo dalį sudaro supiltinis gruntas, sumaišytas su statybinėmis medžiagomis. Rezultatai parodė, kad LDG verčių pasiskirstymas nagrinėjamoje teritorijoje kito nevienodai, neužfiksuota labai didelių LDG verčių. Supiltinis gruntas ir statybinės medžiagos (2 ir 3 pav.) taip pat paplitę nevienodai po visą nagrinėjamą teritoriją. Supiltinis gruntas pasiskirstęs po aikštelę labai skirtingu storiu, statybinės medžiagos išsibarstę po visą teritoriją ir jų sudėtis labai įvairi (mediena, betonas, žvirgždas ir kt.). 1 lentelėje nurodyta, kad nustatyti dideli statybinių medžiagų aktyvumo *I* betoninių ir gelžbetoninių gaminių, mineralinių užpildų, kelio dangos rodikliai. Šių statybinių medžiagų liekanų aptikta aikštelėje, todėl tikėtina, kad jos turėjo įtakos didesnėms LDG vertėms tose vietose. Atlikus analizę, galima daryti išvadą, kad LDG verčių pasiskirstymą nulėmė supiltinio grunto ir statybinių medžiagų pasiskirstymas aikštelėje. Tiriamos aikštelės LDG vertės iš esmės nėra didelės ir neviršija nustatytų leistinų normų. Atlikus palygini-

mą su kituose Lietuvos miestuose esančia LDG tarša, nustatyta, kad aikštelėse išmatuota LDG kito Lietuvos aplinkos foninio lygio ribose.

Išvados

1. Gama spinduliuotės lygiavertės dozės verčių pasiskirstymo analizė parodė, kad LDG svyravimams lemiamos įtakos turėjo supiltinis gruntas ir statybinės medžiagos.
2. Išmatuota aikštelėje lygiavertės gama dozės galia kito 60 iki 130 nSv/h ribose ir yra artima foninei vertei.
3. Atlikta LDG pasiskirstymo analizė parodė, kad tirtose teritorijose papildomo jonizuojančios spinduliuotės šaltinio ar užteršto ploto nėra.

Padėka. Dėkoju VGTU doc. dr. Raselei Girgždienai už mokslinius patarimus.

Literatūra

1. Brígido F. O, Montalván E. A., Zerquera T., 2005, Natural radioactivity in some building materials in Cuba and their contribution to the indoor gamma dose rate. *Radiat Prot Dosimetry*.
2. EC – European Commission., 1999, Radiological protection principles concerning the natural radioactivity of building materials. *Radiation Protection*. No. 112.
3. EC – European Commission., 1999, Enhanced radioactivity of building material. *Radiation Protection*. No. 96.
4. Faghihi R., Mehdizadeh S., Sina S., 2011, Natural and artificial radioactivity distribution in soil of Fars province, Iran. *Radiat Prot Dosimetry*. No. 145 (1).
5. Lebedytė M., Butkus D., 2001, 222Rn skilimo produktų gama spinduliuotės sukelta lygiavertės dozės galia pažemio ore. *Aplinkos inžinerija*. IX t. Nr. 3.
6. Lebedytė M., 2001., *Gama spinduliuotės intensyvumo laukų pažemio ore ir jų kaitos Lietuvoje tyrimai*. Daktaro disertacija. Fizikos institutas, Vytauto Didžiojo universitetas.
7. Morkūnas G., Pilkytė R., Ladygienė B., Gricienė, 2009, Radonas ir gamtinė apšvita. *LĮ „Kriventa“*. Vilnius. P. 10–32.
8. Pilkytė L., 2006, *Radionuklidų savitojo aktyvumo statybinėse medžiagose Lietuvoje eksperimentinis tyrimas, jų sukeltos apšvitos modeliavimas ir vertinimas*. Daktaro disertacija: Technologijos mokslai, aplinkos inžinerija ir kraštotvarka – 04T, Vilnius.
9. Pöyry Energy Oy, Lietuvos energetikos institutas, 2009, *Poveikio aplinkai vertinimo ataskaita Nauja atominė elektrinė Lietuvoje*.
10. Radiacinės saugos centro informacinis biuletėnis Nr. 6, 2010. <<http://www.rsc.lt/index.php/pageid/354>>.
11. UNSCEAR., 2000 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.
12. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2000, *Exposures from natural sources*. UNSCEAR report. Vienna.
13. UAB „Geotestus“, 2009, *Naujos Visagino atominės elektrinės statybos sklypo preliminarūs ekogeologiniai tyrimai Drūkšinių k., Visagine*. I–II dalis. P. 4–7.
14. Sonkawade R. G., Kant K., Muralithar S., Kumar R., Ramola R. C., 2008, Natural radioactivity in common building construction and radiation shielding materials. *Atmospheric Environment*. No. 42 (9).
15. VĮ „Ignalinos atominė elektrinė“, 2010, *IAE regiono 2009 m. Radiacinio monitoringo rezultatų ataskaita 2010*.

THE ASSESSMENT OF GAMMA RADIATION EQUIVALENT DOSE RATE LEVELS FOR THE POTENTIAL SITE OF THE NEW NUCLEAR POWER PLANT AND THEIR INTERPRETATION

Vigilija Cidzikienė

Abstract

Gamma radiation Equivalent Dose Rate (EDR) in air at the new nuclear power plant site was investigated. Building material and backfill soil influence on the level of the equivalent dose rate was evaluated as well. Equivalent dose rate of gamma radiation varies from 60 to 130 nSv/h. Geological structure, possible contamination of new construction site by the previously used nuclear power plant, building material composition and the distribution of territory and other factors of alternative site were analysed as well. EDR of the potential new nuclear power plant site could be determined by cosmic radiation, the previously used nuclear power plant pollution, soil and building materials. It was found that cosmic radiation has an effect on the level of EDR, but its contribution to EDR in the whole site is the same as in a small park area. According to the data of the Radiation Safety Center at present in Lithuania EDR is 43 nSv/h. The measured value of the EDR in construction sites varied from 80 to 112 nSv/h. The measurements were carried out alongside the park. Available data showed that the dominant influence on the non-uniform spatial distribution of gamma radiation equivalent dose rate was caused by natural radioactivity in the backfill soil and building materials. The analysis showed that during

the measurements no increases in EDR rates over the background levels were detected and no contamination or radiation sources were discovered at the investigated sites.

Keywords: equivalent dose rate, ionizing radiation, radionuclides, contamination, soil, building material, nuclear power plant.

LYGIAVERTĖS DOZĖS GALIOS POTENCIALIOJE NAUJOS ATOMINĖS ELEKTRINĖS AIKŠTELĖJE ANALIZĖ IR REZULTŲ INTERPRETACIJA

Vigilija Cidzikienė

Santrauka

Straipsnyje nagrinėjamas gama spinduliuotės lygiavertės dozės galios (LDG) pasiskirstymas potencialioje naujos atominės elektrinės (NAE) aikštelėje, statybinių atliekų ir piltinio grunto įtaka LDG vertėms. Išmatuotos potencialios NAE aikštelės LDG vertės kaitos intervale 60–130 nSv/val. Darbe išnagrinėta aikštelės geologinė sandara, galimai padaryta tarša anksčiau veikusios IAE, aikštelėje esančių statybinių atliekų sudėtis ir pasiskirstymas teritorijoje bei kiti veiksniai, lemiantys LDG vertes. Potencialios NAE aikštelės LDG dydį galėjo lemti kosminė spinduliuotė, anksčiau veikusios IAE tarša, gruntas bei statybinės medžiagos. Nustatyta, kad kosminė spinduliuotė turi įtakos LDG lygiui, tačiau jos poveikis vi-soje aikštelėje LDG yra vienodas, kadangi aikštelės plotas yra nedidelis. Radiacinės saugos centro duomenimis, šiuo metu Lietuvoje LDG yra 43 nSv/val (0,38 nSv/m). Išmatuotos aikštelės foninės LDG vertės kito nuo 80 iki 112 nSv/h. Foniniai matavimai buvo atlikti šalia tyrimui parinktos aikštelės. Turimi duomenys parodė, kad didžiausią įtaką gama spinduliuotės lygiavertės dozės netolygiam pasiskirstymui ir didesnėms LDG vertėms turėjo supiltinis gruntas ir statybinės atliekos. Atlikta analizė parodė, kad matavimo metu LDG vertės neviršijo ribinių verčių, nenustatyta padidėjimo virš foninio lygio. Aikštelėje jonizuojančios spinduliuotės šaltinio ar užteršto ploto nerasta.

Prasminiai žodžiai: lygiavertė dozės galia, jonizuojanti spinduliuotė, radionuklidai, tarša, supiltinis gruntas, statybinės atliekos, atominė elektrinė.

Įteikta 2011-06-08