

APLINKOJE ATSIRANDANČIOS RADIACIJOS POVEIKIS AVIACIJOS DARBUOTOJŲ
SVEIKATAI

Oksana Slauta

VGTU AGAI Aviacijos technologijų katedra

El. p. oksana.slauta@gmail.com

Santrauka. Vilniaus regione jūros lygio aukštyje kosminės radiacijos dozės vos siekia 0,04 μSv . Kylant aukštyn dėl apsauginio sluoksnio sumažėjimo jos didėja. Tarptautinių skrydžių metu orlaivių įgulos gaunamos kosminės radiacijos dozės kelis kartus yra didesnės, negu esančių ant žemės darbuotojų. Todėl pastoviai skraidantys žmonės gali gauti daug didesnes dozes, nei nustatyta leistinėmis normomis. Skaičiavimai buvo atlikti naudojant CARI-6 kompiuterinę programą. Ji skaičiuoja skrydžio metu gaunamą efektyvią dozę, atsižvelgiant į išskridimo ir paskirties aerodromų geografines koordinatas, skrydžio aukštį, laiką ir datą. Tyrimo metu paskaičiuota, kaip keičiasi radiacijos dozės Tarptautinio Vilniaus oro uosto aerodromo erdvėje ir tam tikro skrydžio metu, priklausomai nuo aukščio ir datos. Paskaičiuota, kiek identiškų skrydžių per metus gali būti atlikta be galimo neigiamo poveikio sveikatai. Jeigu skrydžių kiekis viršytų nustatytas ribas, turėtų būti naudojamos atitinkamos įgulos apsaugos nuo jonizuojančios spinduliuotės priemonės.

Reikšminiai žodžiai: jonizuojanti radiacija, radiacijos dozė, orlaivio įgula, kosminė radiacija.

1. Įvadas

Mūsų organizmą pastoviai veikia vieni ar kiti naudingi ar nuodingi gamtinės aplinkos faktoriai, tokie kaip: saulės spinduliai, oro užterštumas, transporto ir statybų sukeliamas triukšmas, vandens kokybė, atliekos, naujoviškos technikos elektromagnetiniai laukai ir kt. Dar vienas faktorius, neatsiejamas nuo aplinkos, kurioje gyvename, yra radiacijos fonas. Kaip aplinka ir oras apsupa mūsų organizmą, taip ir radiacija slypi visur, nuo jos neįmanoma pasislėpti ar visiškai apsaugoti, ji yra kiekvieno organizmo viduje ir kiekviename Žemės kampelyje. Visais laikais žmonės buvo veikiami skirtingo intensyvumo ir skirtingų šaltinių radiacijos, bet ne kiekvienas suprastavo ir susimąstydavo, kaip ji veikia organizmą. Pirmieji išbandę šio nematomo „priešo“ poveikį buvo mokslininkai V. Rentgenas (*W. Roentgen*), A. Bekerelis (*A. Becquerel*), Marija (*M. Curie*) ir Pjeras Kiuri (*P. Curie*), R. Sivertas (*R. Sievert*) ir kiti. 1895 m. vokiečių mokslininkas V. Rentgenas atrado iki tol nežinomus X spindulius; praėjus vos trims mėnesiams buvo sukonstruotas X spindulių aparatas. Metais vėliau (1896 m.), prancūzų mokslininkas A. Bekerelis, tyrinėdamas urano druskas, atrado radioaktyvumą. Kiuri šeima tuo metu irgi tyrinėjo radioaktyvias medžiagas. Marija Kiuri sugalvojo ir pradėjo naudoti radioaktyvumo terminą. Visi jie pastebėjo, kad radioaktyvios medžiagos spinduliuoja nematomą, negirdimą, neturinčią skonio ir kvapo jonizuojančią spinduliuotę, bet nei vienas jų nepagalvojo, kad jos reikia saugotis... Kuo ilgiau ir arčiau jie dirbo ir tyrinėjo šias medžiagas, tuo labiau trumpėjo jų gyvenimai. Yra žinoma, kad Marija Kiuri ir jos dukra I. Žolio-Kiuri (*I. Joliot-Curie*), mirė nuo neišgydomos sunkios ligos – leukemijos (*Urbelis ir kt.* 2005). Tais laikais ryšio tarp radiacijos ir vėžinių ligų nebuvo nustatyta, bet dabar yra įrodyta, kad žmonių, paveiktų jonizuojančiosios spinduliuotės apšvitos, tiki-

mybė susirgti piktybiniu naviku, endokrininės sistemos ligomis ar turėti genetinę mutaciją yra gerokai didesnė.

Daugelis žmonių bijo nematomos jonizuojančios spinduliuotės dėl to, kad turi mažai žinių apie jos veikimą. Jos neįmanoma išmatuoti neturint specialių matavimo prietaisų. Kalbėdami apie radiaciją, mokslininkai naudoja sunkiai suprantamus terminus ir apibrėžimus, kurie gąsdina dar labiau.

Radiacija yra visur, tik jos intensyvumas ir galimas apšvitos stiprumas priklauso nuo to, kaip toli jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinis nutolęs nuo veikiamo objekto. Jonizuojančios spinduliuotės šaltiniai skirstomi į dvi kategorijas: gamtinės ir dirbtinės kilmės. Prie gamtinės kilmės kategorijos priskiriama radiacija, kuri atkeliauja į Žemę iš kosmoso erdvės arba slypi po žeme esančiose uolienose. Dirbtinės radiacijos foną sudaro iš atominių elektrinių atliekų sklindantis spinduliavimas, medicinos radiologinių procedūrų sukeliamas fonas ir branduolinio ginklo bandymų metu sukeltų pasekmių.

Žemę pasiekia tik mažoji visos radiacijos, esančios kosmose, dalis. Kosmoso jonizuojantys spinduliai, pasiekiantys Žemę, sudaryti iš protonų, jonų ir elektronų. Pagrindinis „skydas“, apsaugantis Žemės gyventojus nuo gamtinės kosminės radiacijos, tai atmosferos ir ozono sluoksniai. Mikroskopinės dulkių dalelės ir debesys, esantys Žemės atmosferoje, sugeria didžiausią jonizuojančiosios spinduliuotės dalį. Taigi kylant nuo jūros lygio aukštyn, radiacijos intensyvumas palaipsniui didėja. Norint plačiau nagrinėti kosminės radiacijos srautus, reikia atkreipti dėmesį į didžiausios žvaigždės – Saulės – aktyvumą. Neįtikėtina, bet būtent Saulė apsaugo Žemę nuo kosminės radiacijos. Ričardas Mjvaldtas (*Richard Mewaldt*) iš Kalifornijos technologijų universiteto teigia, kad kosminiai spinduliai – tai dėl tolimųjų žvaigždžių sprogamų atsirandantys galingi protonų srautai, išigreitėję beveik iki šviesos greičio. Toks spinduliavimas gali būti pavojingas palydovų elektronikai. Dėl Saulės aktyvumo

sumažėjimo heliosferos „burbulas“ aplink Saulės sistemą mažėja. Kosminiai spinduliai iš išorės atakuoja heliosferą ir prasiskverbia į sistemos vidų. Toks reiškinys buvo stebimas 2007–2010 m., kai Saulės aktyvumas pasiekė mažiausias per pastaruosius 50 metų reikšmes (Cosmic... 2009).

Panagrinėjus radiacijos lygių suvestines skirtinguose Žemės taškuose, aiškiai matyti, kad ir planetos paviršiuje radiacijos lygio pokyčiai turi tam tikrą priklausomybę. Yra įrodyta, kad kaip planeta Žemė turi savo magnetinį lauką su šiaurės ir pietų poliais. Radioaktyvią spinduliuotę sudaro elektriškai įkrautos dalelės, todėl, neprieštaraujant pagrindiniams fizikos dėsniams, tos dalelės turi savybę kauptis ties magnetiniais Žemės poliais. Todėl mažiausias jonizuojančios spinduliuotės lygis yra ekvatoriaus zonoje, o didžiausias – polių zonoje. Radiacijos lygis priklauso nuo geografinės platumos ir stebima tokia tendencija: kosminių spindulių intensyvumas išlieka pakankamai pastovus 15 laipsnių platumoje iš abiejų ekvatoriaus pusių ir sparčiai auga iki 50 laipsnių platumos, o iki polių vėl išlieka beveik nepakitęs.

Radiacijos intensyvumui aukštis yra reikšmingesnis negu geografinė platumą, pavyzdžiui, Denverio miesto (JAV), kuris yra 1,6 km aukštyje, gyventojai gauna kosminės spinduliuotės dozę $\approx 0,9$ mSv per metus, 4500 m aukštyje radiacijos spinduliuotės dozės siekia 3 mSv per metus, o Everesto viršūnėje – 8 mSv per metus. Tuo tarpu gyvenantys 15 ir 50 laipsnių platumose žmonės vidutiniškai gauna 0,35 ir 0,5 mSv per metus dozes (Bannikov 1998).

Organizmas ar bet kuri kita medžiaga yra paveikiama toje vietoje, kur yra sąveika su jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniu. Jonizuojančios spinduliuotės poveikis žmogui priklauso nuo sugertosios apšvitos dozės. Ji gali būti dviejų rūšių: išorinė – kai radionuklidai, esantys ore arba nusėdę ant įvairių paviršių, veikia žmogų iš išorės; ir vidinė – kai radioaktyviosios medžiagos patenka į žmogaus organizmą su maistu, įkvepiamu oru, per odą ar atviras žaizdas. Nuo išorinės apšvitos apsisaugoti daug paprasčiau, negu nuo vidinės, nes ją galima nutraukti vien tik nutolus nuo jonizuojančios spinduliuotės šaltinio, naudojant apsauginius ekranus arba mažinant buvimo šalia jo laiką. Tuo tarpu vidinė apšvita veikia žmogų tol, kol radioaktyviosios medžiagos yra organizme. Veikiančios iš išorės alfa ir beta dalelės nėra labai kenksmingos (priklauso nuo sugertos dozės dydžio), palyginti su tomis pačiomis dalelėmis, bet veikiančiomis iš vidaus. Organizmo viduje radioaktyviosios medžiagos gali būti kaupiamos, todėl iškyla labai didelis pavojus žmogaus sveikatai. Apsisaugojimo nuo išorinės jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio būdai totaliai skiriasi nuo vidinės jonizuojančiosios spinduliuotės apsisaugojimo būdų. Natūralus jonizuojančiosios spinduliuotės fonas įvertinamas sugertosios dozės galia ir kad būtų lengviau įvertinti biologinį poveikį, jis gali būti išreikštas efektinės dozės matavimo vienetais – mSv arba μ Sv per metus. Svarbu žinoti, koks jonizuojančiosios spinduliuotės kiekis tikriausiai bus nepavojingas sveikatai – tam yra nustatytos tam tikros ribinės normos. Praeitį rodo, kad kuo daugiau žmonės sužinodavo apie neigiamą radiacijos poveikį biosferai, tuo labiau buvo mažinamos leistinos dozės. Taip pirmą kartą apie būtiną apsaugą nuo jonizuojančios

spinduliuotės 1902 m. paskelbė anglų mokslininkas V. Rolinsas (V. Rollins). Jo pasiūlyta saugi dozė buvo lygi fotografinio popieriaus patamsėjimą sukeliančiai radiacijos dozei, kas yra 100 mSv per parą. Vėliau buvo pastebėta, kad tokia dozė nėra saugi, nes ji sukelia odos pažeidimus. 1934 m. Tarptautinė apsaugos nuo rentgeno ir radžio spindulių komisija rekomendavo mažesnę ribinę dozę, kuri sudarė 0,2R per dieną (2mSv per dieną), arba 1R per savaitę (10mSv per savaitę). Šios normos buvo patvirtintos ir galiojo iki 1948 m., kai Tarptautinė radiologinės apsaugos komisija (angl. – *International Commission of Radiological Protection*, TRAK) sumažino leistiną ribinę dozę iki 300 mR per savaitę, arba 50 mR per parą (150mSv per metus). Šeštame dešimtmetyje mokslininkai susidomėjo genetiniais tyrimais ir buvo atsižvelgta į amerikiečio H. D. Miulerio (H. D. Muller) 1928 m. darytas išvadas, kad rentgeno spinduliuotė sukelia genų mutaciją. 1958 m. buvo nuspręsta, kad didžiausia leistina dozė neturi viršyti 50 mSv, ir visi organai buvo suskirstyti į tris grupes pagal radiacinį jautrumą, joms buvo nustatytos atskiros normos (Urbelis ir kt. 2005). Šios normos tapo HN 73:2001 „Pagrindinės radiacinės saugos normos“ dokumento pagrindu. Jis reglamentuoja tokias gyventojų apšvitos ribines dozes:

- 1) 1 mSv metinė efektinė dozė;
- 2) 5 mSv metinė efektinė dozė esant sąlygai, kad 5 metus iš eilės vidutinė dozė nebus didesnė kaip 1mSv/m;
- 3) 15 mSv metinė lygiavertė dozė akies lęšiukui;
- 4) 50 mSv metinė lygiavertė dozė galūnėms ir odai.

Šios ribinės dozės netaikomos tiems, kuriems būtina jonizuojančiosios spinduliuotės apšvita mediciniais tikslais arba jie savanoriškai padeda pacientams, kai jiems yra atliekamos diagnostikos gydymo procedūros. Pacientų, kuriems taikomos branduolinės medicinos procedūros, lankytojų ir bendraujančių su jais asmenų, gautos apšvitos dozės neturi viršyti 5 mSv (suaugusiems) ir 1 mSv (vaikams) (Pagrindinės... 2001). Orlaivių įgulos metinė efektinė dozė, kaip ir gyventojų, lygi 1 mSv, jei yra tikimybė, kad dėl kosminės spinduliuotės bus viršyta ši nustatyta norma, reikėtų imtis apsaugos priemonių.

Yra daugybė skirtingų nuomonių apie tai, kaipgi iš tikrųjų radiacija veikia gyvuosius organizmus. Vieni šaltiniai sako, kad jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis visuomet kenkia žmogui: mažos radiacijos dozės skatina vėžinius susirgimus, didelės – suardo ląsteles, pažeidžia organizmo audinius ir priartina mirtį. Kituose šaltiniuose sakoma, kad radiacijos poveikis gyviesiems organizmams dar nėra visiškai pažintas ir dėl to abejojama, ar radiacija iš tiesų neša mums tik blogį. Net labai didelės, laikomos mirtinosiomis dozės, sukelia tik nedidelius iš išorės nepastebimus pokyčius; jie pasireiškia per keletą valandų ar dienų; mažų dozių poveikio rezultatai beveik nematomi ir išryškėja ne anksčiau, kaip per vieną – du dešimtmečius. Tuo metu genetinis pakitimų poveikis pasirodo dar vėliau, kitoje arba tolimesnėje kartose. Šie teiginiai gąsdina, bet praėjusių šimtmečių patirtis rodo, kad ne visi žmonės, gavę dideles radiacijos apšvitos dozes, yra pasmerkti. Žmogaus organizmas turi stebuklingą savybę – atsinaujinti, tiesiog padidėja tikimybė ir rizika tokiam žmogui

susirgti tam tikromis ligomis. Petras Šibulskis pateikia tokius faktus (Lent.) (Šibulskis 1995):

Lentelė. Tikėtinos didelių radiacijos dozių apšvitos pasekmės

Table. Potential effects of irradiance by high dose radiation

Gauta dozė	Per kiek laiko miršta	Nuo kokių pažeidimų
10000 R (1193 Sv)	per keletą valandų ar dienų	dėl centrinės nervų sistemos pažeidimo
1000-5000 R (119-596 Sv)	po 1-2 savaitių	dėl vidinio kraujo išsilyjeimo skrandžio-žarnyno trakte
300-500 R (35-59 Sv)	50% miršta per 1-2 mėnesius	dėl kaulų čiulpų ląstelių pažeidimo

Jonizuojanti spinduliuotė gali paveikti organizmą tiesioginiu ar netiesioginiu būdu. Pagal netiesioginio poveikio teoriją, spinduliuotė pirmiausia veikia ląstelėje esančias vandens molekules, dėl jų skilimo susidaro laisvieji radikalai (atomai ir molekulės, turinčios nesuporuotų elektronų, todėl labai reaktyvūs ir nestabilūs), kurie sąveikaujant su DNR (dezoksiribonukleino rūgštis) molekule, sukelia jos struktūros ir cheminius pokyčius. Tiesioginio poveikio teorijos esmė yra tokia, kad jonizuojančioji spinduliuotė veikia ląstelę tiesiogiai ją pažeisdama, suardo cheminius ryšius. Šis procesas sukuria elektringus, chemiškai aktyvius jonus. Manoma, kad 50-70% visų jonizuojančiosios spinduliuotės sąveikos su ląstele efektų lemia netiesioginis poveikis (Urbelis ir kt. 2005).

Kai jonizuojanti spinduliuotė paveikia DNR molekules, joje atsiranda trūkių, kurie gali būti pašalinami, iš dalies pašalinami ar visai nepašalinami. Atsiradę pažeidimai sukelia modifikacijas ir mutacijas, kurios gali būti perduodamos kitoms ląstelėms, o po tam tikro laiko gali pasireikšti pakitusių ląstelių vėžys. Lytinių ląstelių apšvita sukelia paveldimus pažeidimus, kurių atsiradimo tikimybė propocinga gautos dozės dydžiui. Tokie reiškiniai atsiranda atsitiktinai, todėl vadinami stochastiniais. Kai pažeistos ląstelės nustoja dalytis, žūva, sutrinka audinio arba organo funkcijos, tai yra nulemtieji reiškiniai arba determinuotieji. Šiuo atveju yra laiko, per kurį pasireiškia klinikiniai simptomai, priklausomybė nuo jonizuojančiosios spinduliuotės dozės: kuo didesnė dozė – tuo trumpesnis laikas.

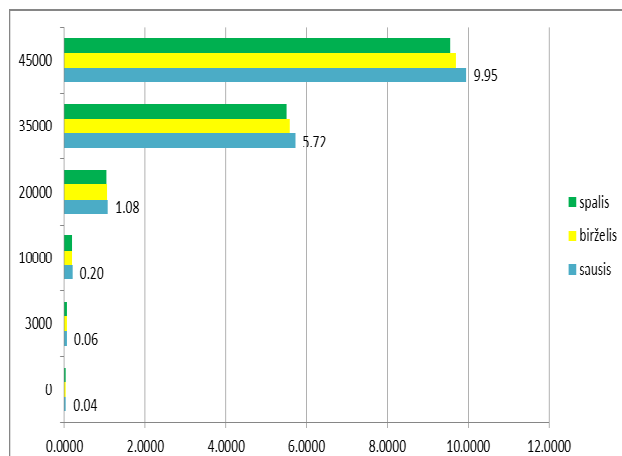
Ląstelių jautrumas jonizuojančiajai spinduliuotei iš esmės priklauso nuo medžiagų apykaitos intensyvumo. Ląstelės, kuriose šie procesai intensyvesni, labiau veikiamos jonizuojančiosios spinduliuotės. Pačios jautriausios radiacijos poveikiui yra kaulų čiulpų, žarnyno gleivinės ląstelės ir limfocitai, nejautrūs – eritrocitai ir trombocitai. Jei pažeistas tam tikras procentas organo ar audinio ląstelių, jis gali visiškai prarasti savo funkcijas ir mirti. Pati jautriausia yra kraujodara. Greičiausiai žūsta limfocitai, dėl to prarandamas imunitetas ir pažeidžiama virškinimo sistema.

2. Tyrimo metodas

Tyrimas atliktas naudojant Federalinės aviacijos administracijos Civilinės aeronautikos medicinos institute (angl. – FAA's Civil Aerospace Medical Institute) sukurta

kompiuterinę programą CARI-6 (Federal... 2013). Ši programa skaičiuoja atskiro organizmo gaunamą efektingą radiacijos dozę pasirinkto skrydžio metu. Skrydžio trajektorija skaičiuojama kaip trumpiausias geodezinis atstumas tarp išskridimo ir paskirties aerodromų, taip pat skaičiavimuose įvertinamas skrydžio aukštis, bei aerodromų geografiniai parametrai (platumos ir ilgumos). Programa yra laisvo naudojimo, nemokama ir ją galima parsisiųsti iš Federalinės aviacijos administracijos (angl. – *Federal Aviation Administration*, FAA) interneto puslapio. Tam, kad būtų paskaičiuota efektinga dozė atskiram skrydžiui, naudotojas turi įvesti keletą parametrų: išskridimo ir paskirties aerodromus, skrydžio profilio duomenis, laiką, kurį orlaivis buvo tam tikram aukštyje, mėnesį ir metus, kada buvo vykdomas skrydis. Programos vykdomų skaičiavimų pagrindas – tai skrydžio data (metai ir mėnuo) ir duomenų bazė, kuri sukurama atsižvelgiant į planetos magnetinių laukų pasikeitimus ir saulės aktyvumo parametrus, kurie turi įtakos galaktiniams radiacijos srautams. Programa gali paskaičiuoti radiacijos lygį bet kokiame Žemės erdves taške, bet turi aukščio ribas – 60000 pėdų ir laikotarpio pradinę ribą – nuo 1958 m. sausio.

Kaip jau buvo minėta, radiacijos lygis kinta priklausomai nuo aukščio virš jūros lygio: kuo aukščiau pakyla orlaivis, tuo didesnių jonizuojančiosios spinduliuotės dozių bus veikiami jame esantys žmonės. Į paveiksle matyti tyrimo metu gauti skaičiavimai. Skaičiavimams atlikti buvo naudojamos Tarptautinio Vilniaus oro uosto (ICAO: EYVI) WGS-84 sistemoje naudojamos geografinės koordinatės (54°38' N 25°17'E) ir 2011 metų duomenys, parinkti skirtingi aukščiai.



1 pav. Skirtingų aukščių kosminės radiacijos lygių suvestinė Vilniaus oro uosto zonoje, 2011 m. (μSv/val)

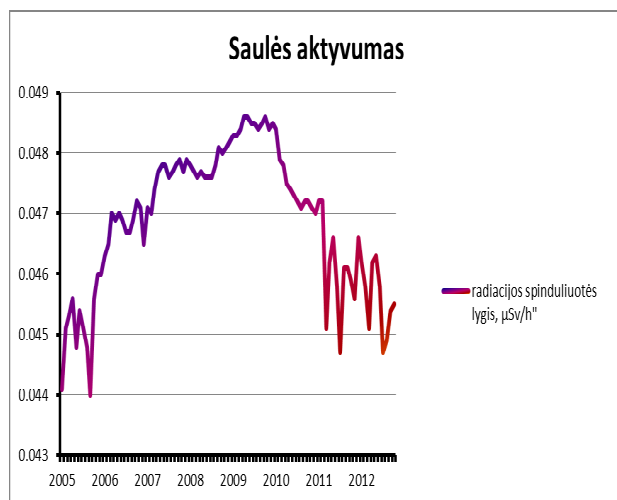
Fig. 1. Summary of cosmic radiation levels at different heights in Vilnius International Airport area in 2011 (μSv/h)

Akivaizdu, kad radiacijos lygis užauga nuo 0,04 μSv/val jūros lygio aukštyje iki 5,72 μSv/val 350 skrydžių lygyje, kur dažniausiai ir skraido šiuolaikiniai keleiviniai orlaiviai. Kylant iki 450 skrydžių lygio, efektingos dozės reikšmė auga dar labiau ir siekia 9,95 μSv/val. Svarbu žinoti, kad μSv/val matavimo vienetas rodo, kiek mikrosivertų dozę gauna organizmas praleidęs tam tikrame aukštyje vieną valandą; jeigu laikas būtų ilgesnis, rezultatą reikėtų dauginti iš atitinkamo valandų skaičiaus.

Radiacijos dozės lygis taip pat priklauso nuo Saulės aktyvumo, kuo aktyvesnė Saulė – tuo mažesnis radiacijos lygis. Išimtį sudaro tik Saulės blyksniai, tokiais momentais radiacijos lygis padidėja kelis kartus. Šie reiškiniai įvyksta pakankamai retai ir dėl jų neilgalaiškumo beveik neturi įtakos metinių efektyvių radiacijos dozių reikšmėms.

3. Tyrimo rezultatai

Saulės aktyvumas turi didelę įtaką metinių radiacijos dozių nustatymams. Kreivė rodo, kaip keitėsi radiacijos lygis Tarptautinio Vilniaus oro uosto rajone 1000 pėdų virš jūros lygio aukštyje nuo 2005 m. sausio mėn. iki 2012 m. spalio mėn. (2 pav.)

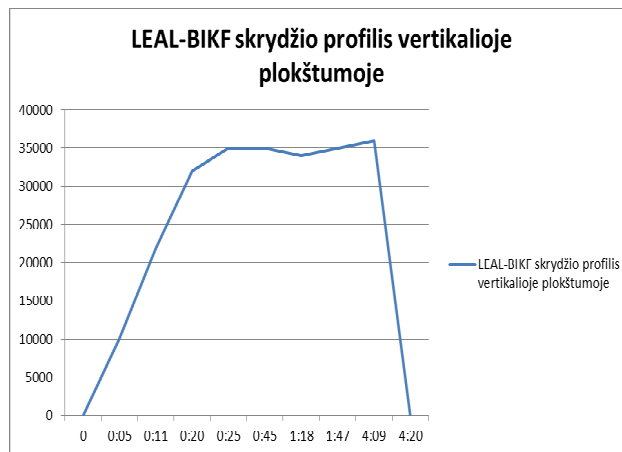


2 pav. Kosminės radiacijos lygio kitimas nuo 2005 m. sausio mėnesio iki 2012 m. spalio mėnesio, Vilniaus oro uosto regionas, 1000 pėdų virš jūros lygio

Fig. 2. Variation of cosmic radiation level from January 2005 to October 2012 in the region of Vilnius International Airport, 1000 feet above sea level

Kaip matyti 2 paveiksle, radiacijos lygis skirtingais metais nebuvo pastovus ir keitėsi nuo 0,0441 μSv mažiausios reikšmės (2005 m. sausis) iki didžiausios 0,0486 μSv (2009 m. spalio). Bendras radiacijos lygio augimas sudarė 10,2%. 2009 m. buvo stebimos didžiausios reikšmės ir tai atitinka Ričardo Mjūaldto darytas išvadas, kad kosminės radiacijos lygis ant Žemės priklauso nuo Saulės aktyvumo, nes būtent 2009 m. jis buvo pats mažiausias per pastaruosius 50 metų.

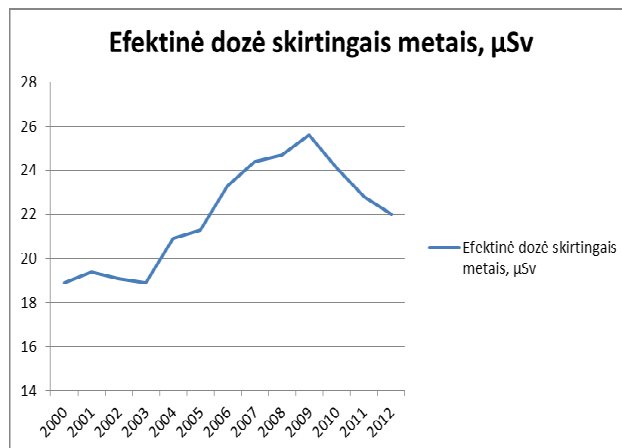
Norint paskaičiuoti aviacijos personalo gaunamas radiacijos dozes, reikia atitinkamai įvertinti kiekvieno vykdomo skrydžio metu gautas efektyvias dozes. Skaičiuojant tam tikro skrydžio efektyvią dozę reikia žinoti skrydžio profilio vertikaliojo plokštumoje reikšmes (aukščius, kuriuose skrido orlaivis ir laiką, praleistą juose). 3 paveiksle matyti skrydis iš Alicante oro uosto (ICAO: LEAL) Ispanijoje į Keflavik oro uostą (ICAO: BIKF) Islandijoje.



3 pav. Skrydžio profilis vertikaliojo plokštumoje

Fig. 3. Flight profile on a vertical plane

Diagramos vertikalioji ašis nurodo aukštį pėdomis, o horizontalioji – laiką. Ilgiausią skrydžio dalį orlaivis praleido aukštyje, artimame 350 skrydžio lygiui ir bendras laikas praleistas šiame aukštyje sudarė 3 val. 44 minutes. Šio skrydžio metu gauta efektyvi dozė sudarė 22,5 μSv , tai lygu 0,0225 mSv, arba 0,0000225 Sv. Palyginus ją su gyventojams nustatyta leistina norma (1 mSv), ji sudaro tik 2,25%. Tam, kad piloto organizme susikauptų 1 mSv dozė, jam reiktų atlikti 45 identiškus skrydžius. Minėto skrydžio metu gautos dozės taip pat skiriasi, priklausomai skrydžio atlikimo datos. 4 paveiksle matyti to paties skrydžio, jeigu jis būtų atliekamas skirtingais metais, efektyvių dozių reikšmės.



4 pav. LEAL-BIKF skrydžio efektyvių radiacijos dozių, paskaičiuotų skirtingais metais

Fig. 4. LEAL-BIKF flight effective radiation doses calculated in the period 2000–2012

Aiškiai matyti, kad mažiausias radiacijos dozės rodiklis atitinka 2000 m. ir sudaro 18,9 μSv , o didžiausias atitinka 2009 m. ir sudaro 25,6 μSv . 2009 m. Pilotams užtektų atlikti vos 40 tokių skrydžių, kad leistina norma būtų viršyta.

Skrydžio metu gaunamas jonizuojančiosios spindulių apšvitos lygis priklauso nuo vietovės, aukščio, laiko ir datos. Norint reguliuoti efektyvią dozę lygį ir

neviršyti nustatytų leistinų normų, turi būti atitinkamai sudaromas tvarkaraštis ir skrydžio profilis.

4. Išvados

Mokslininkų atliekami panašūs skaičiavimai rodo, kai kurių „Air France“ kompanijos skraidančio personalo darbuotojų metinės efektinės dozės siekia 2-3 mSv. Tokie skaičiavimai gali būti padaryti tik įvertinus visus metų bėgyje įgulos atliktus skrydžius. Jeigu yra tikimybė, kad nustatytos leistinos normos bus viršijamos, orlaivių įgulos nariai turi būti perspėti ir atitinkamai sukuriamas jų skrydžių tvarkaraštis. Įgulos nariai – ypač moterys reikalauja ypatingo dėmesio sprendžiant radiacijos apšvitos klausimus. Jų atsakomybė yra pranešti darbdaviui apie nėštumą tam, kad būtų imamasi priemonių, skirtų sumažinti jas veikiančios radiacijos apšvitos lygį. Mūsų technologijų amžiuje daug dėmesio skiriama žmogaus sveikatai ir siekiama kuo efektyviau apsaugoti Žemės gyventojus nuo įvairių šaltinių galimo neigiamo poveikio. Radiacinės medicinos ar branduolinės energetikos darbuotojams skirtos prevencinės ir apsaugos priemonės nenaudojamos aviacijos darbuotojų apsaugai nuo jonizuojančios spinduliuotės. Bet kosminė spinduliuotė nėra išimtis ir, kaip rodo tyrimai, irgi reikalauja atitinkamo dėmesio ir įvertinimo.

Literatūra

- Bannikov, Ju. 1998. *Radiacija. Dozų, efekty, risk* [Radiation. Doses, Effects, Risks]. Moskva: Mir. 80 c.
- Cosmic Rays Hit 50-Year High*. 2009. [interaktyvus] [žiūrėta 2013 m. balandžio 9 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.space.com/7349-cosmic-rays-hit-50-year-high.html>
- Federal Aviation Administration [interaktyvus] [žiūrėta 2013 m. balandžio 9 d.]. Prieiga per internetą: http://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/aeromedical/radiobiology/cari6/
- Pagrindinės radiacinės saugos normos*. HN 73:2001. 2001 Vilnius.
- Šibilskis, P. 1995. *Radiacija ir mityba*. Panevėžys. 48 p.
- Urbelis, A.; Adlienė, D.; Atkočius, V., ir kt. 2005. *Radiacija: sauga, sveikata, ekologija*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla. 226 p.

THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL RADIATION UPON THE AVIATION STAFF HEALTH

O. Slauta

Summary

Effective radiation dose due to cosmic radiation at sea level in Vilnius region is about 0,04 μ Sv. The dose rate which is caused by cosmic radiation increases with altitude due to the decrease in attenuation of cosmic radiation by the atmosphere. Dose rates for international flight crews are ten times higher than at sea level. For this reason constantly flying crew members may obtain higher doses than defined in regulations. To evaluate potential effective doses, which may be received by members of aircrews, some calculations were carried out with the help of the code CARI-6. Such parameters as flight route, solar activity, duration and altitude of flight were taken into account. The results were compared with the data obtained in other studies and with regulations.

Keywords: cosmic radiation, ionizing rays, aircrew, radiation dose.