

RADIOLOGINĖS TARŠOS POVEIKIO VANDENS TELKINIŲ FLORAI IR FAUNAI VERTINIMAS

Beata Vilimaitė-Šilobritienė, Rasa Morkūnienė

Aplinkos apsaugos agentūra

Santrauka

Tyrimo tikslas – naudojant ERICA programinį paketą įvertinti Baltijos jūros ir Drūkšių ežero biotos apšvitą nuo gamtinės bei dirbtinės kilmės radionuklidų.

Medžiaga ir metodai. Baltijos jūros ir Drūkšių ežero faunos bei floros išorinės, vidinės bei bendros apšvitos nuo dirbtinių radionuklidų (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{54}Mn ir ^{60}Co) ir natūralaus ^{40}K vertinimas pasitelkiant ERICA paketą bei antrąjį programos lygį ir naudojant 2007–2011 m. Valstybinio aplinkos monitoringo bei Ignalinos atominės elektrinės (IAE) atliekamo ūkio subjekto monitoringo duomenis.

Rezultatai. Didžiausią dozę galią Baltijos jūros augalams ir žuvims lemia ^{137}Cs , o Drūkšių ežere – gamtinis ^{40}K . Vandens augalai gauna didžiausią apšvitą nuo tirtųjų radionuklidų abiejose vandens ekosistemose. Bendra dozės galia nuo visų tirtųjų radionuklidų atskiroms biotos rūšims neviršijo ERICA rekomenduojamo vertinimo lygio, t. y. $10 \mu\text{Gy/val}$.

Išvados. Galima teigti, kad dabartinėje radiologinėje situacijoje jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis biotai yra nereikšmingas, o apšvita biotai dėl Černobylio avarijos aplinkoje atsiradusio ^{137}Cs yra didžiausia, palyginti su kitais dirbtinės kilmės radionuklidais.

Reikšminiai žodžiai: biota, apšvita, radioaktyvumas, Baltijos jūra, Drūkšių ežeras.

ĮVADAS

Ilgą laiką neigiamas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis buvo vertinamas tik žmogui. Tiek tarptautiniuose standartuose, tiek daugelio valstybių nacionaliniuose teisės aktuose vyravo nuostata, kad aplinka yra apsaugota, jeigu yra apsaugotas žmogus. Pastaruoju metu požiūris į aplinkos apsaugą keičiasi, ekocentrinis mąstymas keičia egocentrinį. Naujajame Tarptautinės atominės energetikos agentūros (TATE-NA) saugos standarte Nr. GSR (2011) [1] ir Tarptautinės radiacinės saugos komisijos publikacijoje Nr. 108 [2] yra pateikti nauji reikalavimai bei rekomendacijos biotos ir visos aplinkos apsaugai. Šiuo metu taip pat yra svarstomi ir nauji Europos Sąjungos pagrindiniai saugos standartai [3], kuriuose yra pateikiamas atskiras aplinkos apsaugos skyrius.

Poveikis aplinkai gali būti vertinamas įvairiai, t. y. galima vertinti poveikį įvairioms biotos rūšims atskirai arba taikyti integruotą priėjimą – vertinant aplinką, žmogų laikyti jos dalimi. Nepaisant to, tikslas yra vienas – atkreipti dėmesį į mus supančią aplinką.

Svarbu įvertinti, ar skirtingose situacijose žmonės bei įvairios biotos rūšys yra apsaugotos nuo pramoninių teršalų poveikio, įskaitant radionuklidus, ir esant poreikiui imtis atitinkamų priemonių, siekiant išvengti neigiamų pasekmių tiek žmogaus sveikatai, tiek aplinkos būklei [1].

Reikėtų atkreipti dėmesį ir į siūlymą taikyti žmogui ir biotai skirtingus apsaugos lygius, t. y. žmogaus atveju saugoti kiekvieną individą, o faunos ir floros rūšis saugoti populiacijos lygmeniu su tam tikromis išimtimis. Iš tikrųjų daugeliu atvejų gali būti taikoma prielaida, kad aplinka yra saugi, kai yra saugus žmogus [4]. Antra vertus, aplinkoje yra tokių vietų, kuriose žmonės nesilanko arba būna tik labai trumpą laiką, o ten esančios faunos ir floros rūšys yra nuolatos veikiamos jonizuojančiosios spinduliuotės (vandens telkinio dugnas, bandymų poligonai ir pan.).

Jonizuojančiosios spinduliuotės poveikiui biotai vertinti naudojami įvairūs programiniai paketai: ERICA, RESRAD BIOTA, AECL, Dmax, ECOMOD, Lietdos, LakeCo. Kai kurie jų, pavyzdžiui ERICA ar RESRAD BIOTA, yra laisvai prieinami. Atlikus skirtingų metodų palyginimą, nustatyta, kad gaunami gana skirtingi rezultatai.

Viena iš priežasčių yra skirtingų perėjimo iš vienos terpės į kitą (vanduo → dugno nuosėdos, vanduo → biota, dugno nuosėdos → biota) koeficientų parinkimas modelyje [5]. Tokiu būdu konkrečios

Adresas susirašinėti: Beata Vilimaitė-Šilobritienė,
Aplinkos apsaugos agentūra,
Rudnios g. 6-501, 09300 Vilnius.
El. p. b.silobritiene@aaa.am.lt

1 lentelė. ^{137}Cs ir ^{90}Sr kiekis Lietuvos vandens telkinių dugno nuosėdose ir vandenyje 2007–2011 m. (Valstybinio aplinkos monitoringo duomenys)

	Dugno nuosėdos		Vanduo	
	^{137}Cs , Bq/kg	^{90}Sr , Bq/kg	^{137}Cs , Bq/m ³	^{90}Sr , Bq/m ³
Drūkšiai	50–250	1,4–10	0,9–2,5	1,4–15
Rubikiai*	4,0–82	2,4–23	0,1–2,4	0,4–7,3
Plateliai	1,0–9,7	1,4–5,9	0,1–2,4	0,3–3,3
Kauno marios	0,1–59	1,8–6,7	0,1–2,9	0,7–7,5
Upės	0,1–16	0,2–9,7	0,3–13	0,3–22
Kuršių marios	2,4–208	1,6–14	0,3–15	0,7–6,2
Baltijos jūra	7,0–588	1,1–9,1	25–46	0,9–15

*2007–2010 m. duomenys.

2 lentelė. Radionuklidų koncentracija Baltijos jūros ekosistemos komponentuose 2007–2011 m. (Valstybinio aplinkos monitoringo duomenys)

	^{137}Cs	^{40}K	^{90}Sr
Vanduo (Bq/m ³)	25–46	–	0,9–14,7
Dugno nuosėdos (Bq/kg s. sv.)	7,0–588	151–725	1,1–9,1
Žuvis (dugninė) (Bq/kg šl. sv.)	3,5–5,1	113–120	0,05–0,11
Žuvis (Bq/kg šl. sv.)	4,4–4,8	92–123	0,05–0,11
Augalai (Bq/kg orasausės masės)	10–30	165–667	1,7–3,2

3 lentelė. Radionuklidų koncentracija Drūkšių ežero ekosistemoje 2007–2011 m. (IAE regiono radiologinio monitoringo duomenys [9])

	^{137}Cs	^{40}K	^{90}Sr	^{54}Mn	^{60}Co
Vanduo (Bq/m ³)	0,85–3,8	–	5,95–12,3	0	0
Dugno nuosėdos (Bq/kg s. sv.)	0,55–178	365–1180	1,85–7,57	0,21	1,79–6,8
Žuvis (dugninė) (Bq/kg šl. sv.)	0,61–2,45	98–112	0,26–0,42	–	–
Žuvis (Bq/kg šl. sv.)	0,19–2,65	100–116	0,11–1,04	–	–
Augalai (Bq/kg orasausės masės)	0,36–24,4	54,1–743	0,22–17,7	0,33–3,59	0,98–2,73

vertinamos aplinkos eksperimentinių duomenų panaudojimas padidina vertinimo tikslumą ir sumažina neapibrėžtį. Šiame darbe skaičiavimams buvo pasirinktas ERICA modelis, nes jis suteikia galimybes įvertinti biotos gaunamą apšvitą tiek gelavandeniuose vandens telkiniuose, tiek jūrinėje aplinkoje.

Tyrimo tikslas – naudojant ERICA programinį paketą įvertinti Baltijos jūros ir Drūkšių ežero biotos apšvitą nuo gamtinės bei dirbtinės kilmės radionuklidų. Remiantis Valstybinio aplinkos monitoringo duomenimis, šie vandens telkiniai Lietuvoje yra labiausiai užteršti radionuklidais (1 lentelė).

TYRIMO OBJEKTAS IR METODAI

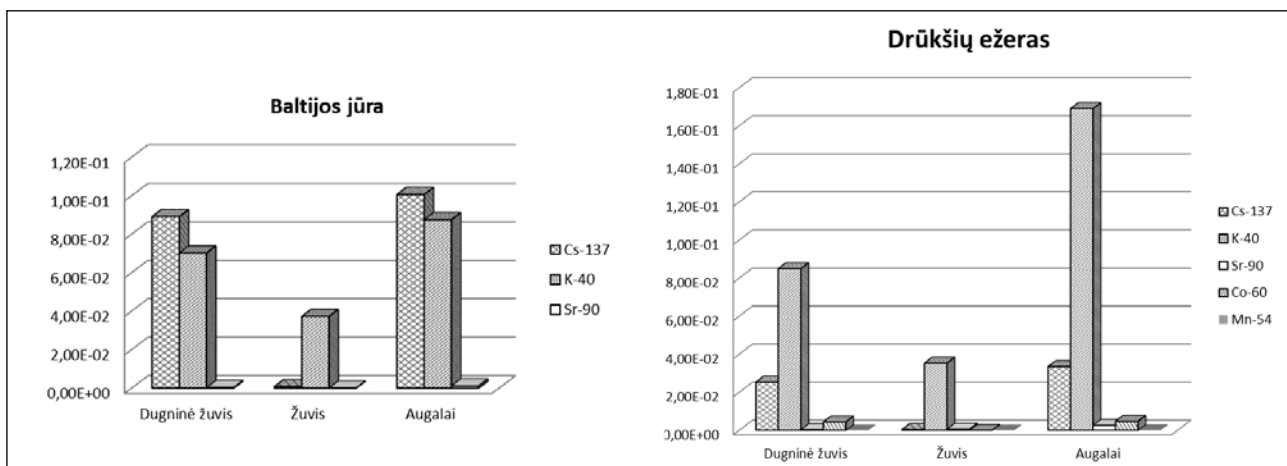
Naudojant ERICA programinį paketą [6], atliktas faunos ir floros išorinės, vidinės bei bendros apšvitos Baltijos jūroje ir Drūkšių ežere vertinimas. Skaičiavimai atlikti pagal antrąjį programos lygį (angl. Tier 2) naudojant 2007–2011 m. Valstybinio aplinkos

monitoringo bei Ignalinos atominės elektrinės (IAE) atliekamo ūkio subjekto monitoringo duomenis (2 ir 3 lentelės). Vertinimas atliktas Baltijos jūros menkei, jūros dumbliams bei Drūkšių ežero dumbliams ir įvairioms žuvims (lydekoms, ešeriams, kuojoms, lynams, karosams, karšiams). Apšvita vertinta nuo ilgaamžių dirbtinės kilmės radionuklidų ^{137}Cs ir ^{90}Sr bei gamtinio ^{40}K . Biotos apšvita nuo pastarojo radionuklido įvertinti Baltijos jūroje pasinaudota HELCOM-MORS duomenų baze [7], o šio radionuklido tūrinis aktyvumas Drūkšių ežere įvertintas perskaičius natūralaus kalio koncentraciją (perskaičiavimo koeficientas paimtas iš literatūros [8]). IAE biotos apšvita įvertinta papildomai nuo ^{54}Mn , ^{60}Co . Skaičiavimai atlikti naudojant analizuojamu laikotarpiu nustatytas maksimalias radionuklidų savitojo ir tūrinio aktyvumo vertes.

Kadangi šiuo metu nėra jokių nacionalinių ir tarptautinių mastu patvirtintų apšvitos vertinimo

4 lentelė. Vidutinė išorinė, vidinė ir bendra dozės galia $\mu\text{Gy}/\text{val.}$ Baltijos jūros ir Drukšų ežero biotai

	Biota		^{137}Cs	^{90}Sr	^{40}K	^{54}Mn	^{60}Co
Baltijos jūra	Žuvis dugninė	Vidinė	$8,67 \times 10^{-4}$	$6,60 \times 10^{-5}$	$3,56 \times 10^{-2}$	–	–
		Išorinė	$8,82 \times 10^{-2}$	$2,28 \times 10^{-4}$	$3,47 \times 10^{-2}$	–	–
		Bendra	$8,91 \times 10^{-2}$	$2,94 \times 10^{-4}$	$7,02 \times 10^{-2}$	–	–
	Žuvis	Vidinė	$8,64 \times 10^{-4}$	$6,82 \times 10^{-5}$	$3,71 \times 10^{-2}$	–	–
		Išorinė	$1,33 \times 10^{-5}$	$3,97 \times 10^{-7}$	$1,71 \times 10^{-4}$	–	–
		Bendra	$8,77 \times 10^{-4}$	$6,86 \times 10^{-5}$	$3,72 \times 10^{-2}$	–	–
	Augalai	Vidinė	$7,02 \times 10^{-4}$	$2,70 \times 10^{-4}$	$2,71 \times 10^{-2}$	–	–
		Išorinė	$1,00 \times 10^{-1}$	$9,11 \times 10^{-4}$	$6,04 \times 10^{-2}$	–	–
		Bendra	$1,01 \times 10^{-1}$	$1,18 \times 10^{-3}$	$8,75 \times 10^{-2}$	–	–
Drūkšų ežeras	Žuvis dugninė	Vidinė	$4,66 \times 10^{-4}$	$2,65 \times 10^{-4}$	$3,42 \times 10^{-2}$	0	0
		Išorinė	$2,49 \times 10^{-2}$	$7,96 \times 10^{-5}$	$5,08 \times 10^{-2}$	$4,41 \times 10^{-5}$	$4,42 \times 10^{-3}$
		Bendra	$2,54 \times 10^{-2}$	$3,44 \times 10^{-4}$	$8,50 \times 10^{-2}$	$4,41 \times 10^{-5}$	$4,42 \times 10^{-3}$
	Žuvis	Vidinė	$4,77 \times 10^{-4}$	$6,55 \times 10^{-4}$	$3,53 \times 10^{-2}$	0	0
		Išorinė	$1,10 \times 10^{-6}$	$2,88 \times 10^{-7}$	$2,52 \times 10^{-5}$	0	0
		Bendra	$4,78 \times 10^{-4}$	$6,55 \times 10^{-4}$	$3,54 \times 10^{-2}$	0	0
	Augalai	Vidinė	$5,98 \times 10^{-4}$	$1,24 \times 10^{-3}$	$2,85 \times 10^{-2}$	$8,18 \times 10^{-6}$	$3,54 \times 10^{-5}$
		Išorinė	$3,29 \times 10^{-2}$	$1,40 \times 10^{-3}$	$1,41 \times 10^{-1}$	$5,04 \times 10^{-5}$	$4,76 \times 10^{-3}$
		Bendra	$3,35 \times 10^{-2}$	$2,64 \times 10^{-3}$	$1,69 \times 10^{-1}$	$5,86 \times 10^{-5}$	$4,80 \times 10^{-3}$

**1 pav.** Bendra dozės galia $\mu\text{Gy}/\text{val.}$ Baltijos jūros ir Drūkšų ežero biotai

kriterijų, gautiems modeliavimo rezultatams vertinti buvo naudotas ERICA pateiktas rekomenduojamas ribinis dozės galios lygis – $10 \mu\text{Gy}/\text{val.}$

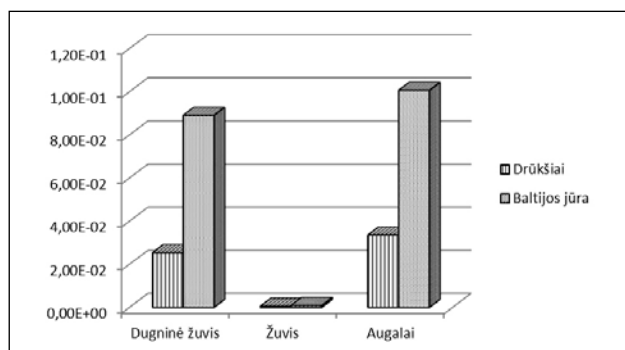
REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Apskaičiuotos išorinės, vidinės ir bendrosios dozės galios vertės Baltijos jūros ir Drūkšų ežero ekosistemų biotai pateiktos 4 lentelėje. Iš gautų rezultatų matyti, kad Baltijos jūroje didžiausias biotos apšvitos šaltinis yra ^{137}Cs (1 pav.). Dozės galia, lemiamą šio radionuklido, kinta nuo $0,0009$ iki $0,1 \mu\text{Gy}/\text{val.}$, panašios dozės galios vertės yra gaunamos ir Botnijos jūroje (šiaurinė Baltijos jūros dalis) [4].

Didžiausią bendrą apšvitą patiria jūros dumbliai, kiek mažesnę – dugno žuvis. Didžiąją laiko dalį

vandens stovymėje praleidžiančioms žuvisms ji yra mažesnė nei gyvenančioms arti jūros dugno. Šią situaciją lemia radionuklido akumuliacija Baltijos jūros dugno nuosėdose. Biotos apšvita gamtinės kilmės radionuklidu ^{40}K visoms tirtoms rūšims yra didžiausia vidinė apšvitos atveju. Mažiausią dozės galią tiek žuvis, tiek augalai gauna nuo ^{90}Sr . Jo lemiamą apšvitą yra iki kelių eilių mažesnė nei nuo ^{137}Cs .

Drūkšų ežere didžiausias biotos apšvitos šaltinis yra ^{40}K (1 pav.). Panašią išvadą pateikia ir kiti biotos apšvitos vertinimą Drūkšų ežere atlikę autoriai [10]. Jo apšvita 1–2 eilėmis viršija apšvitą nuo ^{137}Cs . Didžiausią apšvitą nuo šio radionuklido gauna dumbliai – iki $0,169 \mu\text{Gy}/\text{val.}$ Dugninių žuvų ir žuvų, didžiąją laiko dalį praleidžiančių vandens stovymėje,



2 pav. Dozės galia $\mu\text{Gy/val.}$ Baltijos jūros ir Drūkšių ežero biotai, nulemta visų tirtųjų radionuklidų

apšvita nuo šio radionuklido yra atitinkamai 2 ir beveik 5 kartus mažesnė. ^{137}Cs yra antras pagal savo indėlį į apšvitos dozę. ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{90}Sr indėlis į apšvitos dozę yra palyginti menkas ir yra 2–4 eilėmis mažesnis nei ^{40}K .

Bendra dozės galia nuo visų tirtųjų radionuklidų atskiroms biotos rūšims neviršijo ERICA rekomenduojamo vertinimo lygio, t. y. $10 \mu\text{Gy/val.}$ Tad galima teigti, kad dabartinėje radiologinėje situacijoje jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis biotai

yra nereikšmingas, o apšvita biotai dėl ČAE avarijos aplinkoje atsiradusio ^{137}Cs yra didžiausia, palyginti su kitais dirbtinės kilmės radionuklidais.

IŠVADOS

1. Didžiausią biotos apšvitą Baltijos jūroje lemia ^{137}Cs , Drūkšių ežere – gamtinis ^{40}K . Kitų radionuklidų (^{90}Sr , ^{54}Mn , ^{60}Co) indėlis bendrai apšvitai yra labai menkas.
2. Didžiausią apšvitą nuo tirtųjų radionuklidų abiejuose vandens baseinuose gauna dumbliai.
3. Apšvita biotai dėl ČAE avarijos aplinkoje atsiradusio ^{137}Cs yra didžiausia, palyginti su kitais dirbtinės kilmės radionuklidais.
4. Bendra dozės galia nuo visų tirtųjų radionuklidų atskiroms biotos rūšims neviršijo ERICA rekomenduojamo vertinimo lygio, t. y. $10 \mu\text{Gy/val.}$ Tad galima teigti, kad dabartinėje radiologinėje situacijoje jonizuojančiosios spinduliuotės poveikis biotai yra nereikšmingas.

Straipsnis gautas 2012-06-07, priimtas 2012-06-29

Literatūra

1. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3 (interim), Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. International Atomic Energy Agency Vienna, 2011.
2. International Commission on Radiological Protection. Environmental Protection: the Concept and Use of Reference Animals and Plants. ICRP Publication 108. 2008. Ann. ICRP 38(4-6).
3. Draft European Basic Safety Standards Directive: Version 24 February 2010 (final).
4. Outola I, Vetikko V, Silobritiene B. Assessment of doses to biota in the Baltic Sea. NSFS Conference, Current Challenges in Radiation Protection, Conference Proceedings, Reykjavik. August 22–25, 2011. Session 12.
5. Beresford NA, Barnett CL, Beaugelin-Seiller K et al. Findings and recommendations from an international comparison of models and approaches for the estimation of radiological exposure to non-human biota. Radioprotection. 2009;44(5):565-570.
6. Brown JE, Alfonso B, Avila R, Beresford NA, Copplestone D, Pröhl G, Ulanovsky A. The ERICA Tool. Journal of Environmental Radioactivity. 2008;99:1371-1383.
7. HELCOM MORS (2010). HELCOM MORS database on environmental radioactivity in the Baltic Sea. Baltic Marine Environment Protection Commission, Helsinki.
8. LST ISO 9697:2009 „Vandens kokybė. Visuminio beta aktyvumo matavimas nemineralizuotame vandenyje. Storasluoksniu šaltinio metodas (tapatus ISO 9697:2008)“, 2009.
9. 2007–2011 metų IAE regiono radiologinio monitoringo rezultatų ataskaitos.
10. Nedveckaitė T, Filistovic V, Marciulionienė D, Prokoptchuk N, Plukienė R, Gudelis A, Remeikis V, Yankovich T, Beresdorf NA. Background and anthropogenic radionuclide derived dose rates to freshwater ecosystem – Nuclear power plant cooling pond – Reference organisms. Journal of Environmental Radioactivity. 2011;102:788-795.

Assessment of impact of radiological pollution on water reservoirs flora and fauna

Beata Vilimaitė-Šilobritienė, Rasa Morkūnienė

Environmental Protection Agency

Summary

Aim of work – to assess the dose rate from anthropogenic and natural radionuclides to biota of the Baltic Sea and Druksiai Lake using the ERICA Tool.

Material and methods. The assessment of external, internal and total dose rates from anthropogenic nuclides (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{54}Mn and ^{60}Co) and natural ^{40}K to biota of the Baltic Sea and Druksiai Lake using the ERICA Tool (Tier 2) was carried out. National Environmental Monitoring data and Ignalina Nuclear Power Plant environmental monitoring data (2007-2011) were used.

Results. It was found that the doses to the Baltic Sea biota were mainly dominated by ^{137}Cs , while in Druksiai Lake by ^{40}K . In both water basins the highest dose rates were associated with plants. The dose rates from the evaluated radionuclides were clearly below the ERICA screening level $10\mu\text{Gy/h}$. Conclusions. Therefore, biological effects of ionizing radiation on biota in the Baltic Sea and Druksiai

Lake can be concluded to be negligible in the current radiation situation. Biota exposure from ^{137}Cs introduced to the environment after Chernobyl accident is the highest if compared with other anthropogenic radionuclides.

Keywords: biota, exposure, radioactivity, Baltic Sea, Druksiai Lake.

Correspondence to Beata Vilimaitė-Šilobritienė,
Environmental Protection Agency,
Rudnios 6-501, LT-09300 Vilnius, Lithuania.
E-mail: b.silobritiene@aaa.am.lt

Received 7 June 2012, accepted 29 June 2012