

# APLINKOS RADIOEKOLOGINĖS BŪKLĖS VERTINIMAS IR ŠIO VERTINIMO SVARBA LIETUVOJE

Danutė Marčiulionienė, Jonas Mažeika, Ričardas Paškauskas

Gamtos tyrimų centras

## Santrauka

**Tyrimo tikslas** – apibendrinti daugiamečių radioekologinių tyrimų rezultatai, kurie gauti atlikus Ignalinos atominės elektrinės (AE) aušintuve – Drūkšių ežere (1988–2009 m.) ir šios elektrinės regione iki uždariant elektrinę bei Plungės, Varėnos ir Ignalinos rajonuose po Černobylio AE avarijos (1993–2007 m.), įvertinant radioekologinių tyrimų svarbą Lietuvoje dėl uždaromos Ignalinos AE ir numatomos branduolinės energetikos plėtros.

**Medžiaga ir metodai.** Renkant ir ruošiant radionuklidų matavimams tirtų rajonų sausumos augalų ir dirvožemio bei Drūkšių ežero dugno nuosėdų, augalų (makrofitų) ir žuvų mėginius, buvo naudojamos standartinės radioekologinės metodikos. Radionuklidų g-spektrometriniai matavimai šiuose mėginiuose atlikti Fizikos institute ir Radiacinės saugos centre.

**Rezultatai.** Drūkšių ežere ir Ignalinos AE kanaluose atliktų daugiamečių tyrimų duomenys rodo, kad nuo 1995–1996 m.  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$  ir  $^{54}\text{Mn}$  savitojo aktyvumo koncentracijos dugno nuosėdose, makrofituose ir žuvyse pastoviai mažėjo. Tačiau  $^{137}\text{Cs}$  savitojo aktyvumo sumažėjimas dugno nuosėdose buvo žymiai mažesnis negu makrofituose ir žuvyse. Todėl pasikeitus aplinkos sąlygoms dugno nuosėdos, kaip ilgalaikė  $^{137}\text{Cs}$  ir kitų radionuklidų deponavimo terpė, gali tapti antriniu Drūkšių ežero taršos šaltiniu. Skirtingai po Černobylio avarijos  $^{137}\text{Cs}$  užterštų Plungės, Varėnos ir Ignalinos rajonų miško ekotopo indikatorinėse augalų rūšyse ir dirvožemyje stebima šio radionuklido savitojo aktyvumo mažėjimo tendencija, tačiau 1997 m. jos dar buvo žymiai didesnės (dirvožemyje – iki 21–55 Bq/kg, augaluose – iki 100 Bq/kg) negu iki Černobylio AE avarijos.

**Išvados.** Apibendrinus radionuklidų akumuliacijos ir sklaidos Ignalinos AE aplinkoje bei aušintuve – Drūkšių ežere duomenis, įvertinus radioekologinę būklę Lietuvos rajonuose, kurie buvo skirtingai užteršti radionuklidais po Černobylio AE avarijos, bei branduolinės energetikos plėtros perspektyvas, galima teigti, kad radioekologinių tyrimų Lietuvoje aplinkoje svarbą lemia: uždaroma Ignalinos AE, planuojama statyti AE Lietuvoje šalia uždaromos Ignalinos AE, 20 km nuo Lietuvos sienos Baltarusijoje ir Kaliningrado srityje.

**Reikšminiai žodžiai:** radionuklidai, Ignalinos AE regionas, Lietuvos rajonai, vandens ir sausumos augalai, žuvis, dugno nuosėdos, dirvožemis.

## ĮVADAS

Gamtos mokslo pažinimo pagrindas naujoms mokslo šakoms, tokioms kaip radiobiologija, radioekologija, radiochemija, radiacinė genetika ir kt., atsirasti buvo branduolinė fizika [1, 2]. Branduolinės fizikos, kaip mokslo disciplinos, atsiradimo pradžia galima laikyti XX a. pirmąjį dešimtmetį, atradus radioaktyvumo reiškinį, kuris priskiriamas prie žymiausių praėjo šimtmečio atradimų [2].

Radioekologijos, kaip mokslo, plėtojimosi pagrindinė priežastis buvo branduolinio ginklo bandymai (1945–1963 m.) bei jo panaudojimas Hirosimoje ir Nagasakyje (Japonija, 1945 m.), taip pat avarijos

branduolinėje pramonėje (1957 m. TSRS, Didžiojoje Britanijoje). Dėl to į aplinką pateko nekontroliuojami technogeninių radionuklidų kiekiai, t. y. aplinkoje atsirado naujas žmogaus sukurtas, labai kenksmingas, efektyviai veikiantis gamtą antropogeninis veiksnys – technogeninių radionuklidų skleidžiama jonizuojančioji spinduliuotė. Terminas „radioekologija“ pradėtas vartoti tik 1956 m. Šį terminą pasiūlė Rusijos mokslininkai A. Kuzinas ir A. Peredelskis bei Amerikos mokslininkas E. Odumas. Didelį indėlį formuojant radioekologiją, kaip savarankišką mokslo šaką, įnešė žymūs Rusijos mokslininkai N. Timofejevas-Resovskis ir G. Polikarpovas. Radioekologija taip pat susijusi su ekotoksikologija, nes į aplinką kartu su radionuklidais patenka įvairios cheminės medžiagos bei kita tarša. Be to, po Černobylio AE avarijos atsirado nauja radioekologijos kryptis – radionuklidų toksikologija, kurios plėtrai didelės reikšmės turėjo Rusijos mokslininkų V. Ševčenkos ir S. Geraskino darbai [3, 4].

**Adresas susirašinėti:** Danutė Marčiulionienė,  
Gamtos tyrimų centras,  
Akademijos g. 2, 08412 Vilnius.  
El. p. radeko@ar.fi.lt

Pastaruoju metu terminas „radioekologija“, taip pat kaip ir „ekologija“, dažnai vartojamas platesne prasme ir ne visada teisingai. Radioekologija, kaip mokslas, tiria gyvų organizmų tarpusavio sąveikos ir jų sąveikos su juos supančios aplinkos abiotiniais komponentais dėsningumus bei procesus, esant radioaktyviai taršai, ir į aplinką patekusių radionuklidų jonizuojančiosios spinduliuotės biologinį poveikį [1].

Šio tyrimo tikslas – apibendrinti radioekologinių tyrimų rezultatus, atliktus Ignalinos AE aušintuve – Drūkšių ežere (1988–2009 m.) ir šios elektrinės regione iki uždariant elektrinę bei Plungės, Varėnos ir Ignalinos rajonuose po Černobylio AE avarijos (1993–2007 m.), įvertinant radioekologinių tyrimų svarbą Lietuvoje dėl uždarnos Ignalinos AE ir numatomos branduolinės energetikos plėtros.

## TYRIMO OBJEKTAS IR METODAI

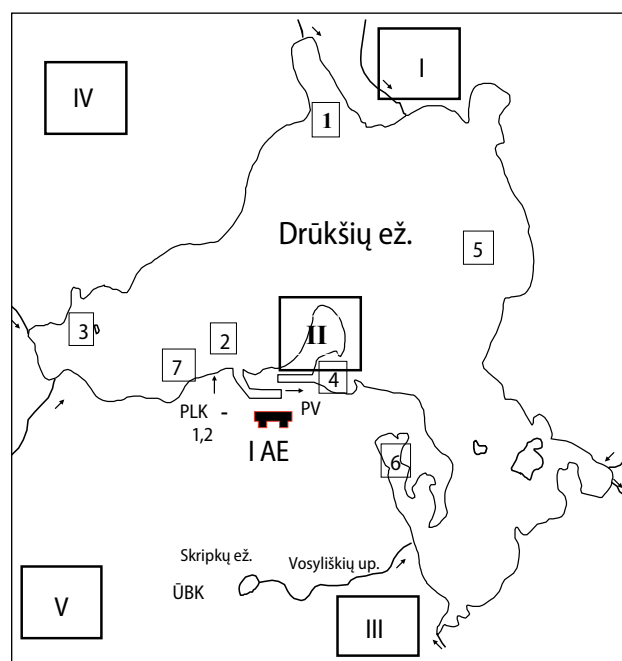
Pagrindinis atliktų radioekologinių tyrimų objektas – Ignalinos AE regionas (1 B pav.). Ypatingas dėmesys skiriamas Drūkšių ežerui – šios elektrinės aušintuvui. Dugno nuosėdų ir vandens augalų (makrofitų) mėginiai buvo renkami septyniose Drūkšių ežero stotyse ir Ignalinos AE nuotekų kanaluose (1 B pav.). Dirvožemio ir sausumos augalų mėginiai buvo renkami Ignalinos AE regiono penkiose etaloningose aikštelėse.

Radioekologiniai tyrimai taip pat buvo atlikti Plungės, Varėnos ir Ignalinos rajonuose, kurie buvo skirtingai užteršti radionuklidais po Černobylio AE avarijos (1 A pav.). Tyrimams buvo renkamos sausumos augalų indikatorinės rūšys ir jų augimviečių dirvožemio mėginiai.

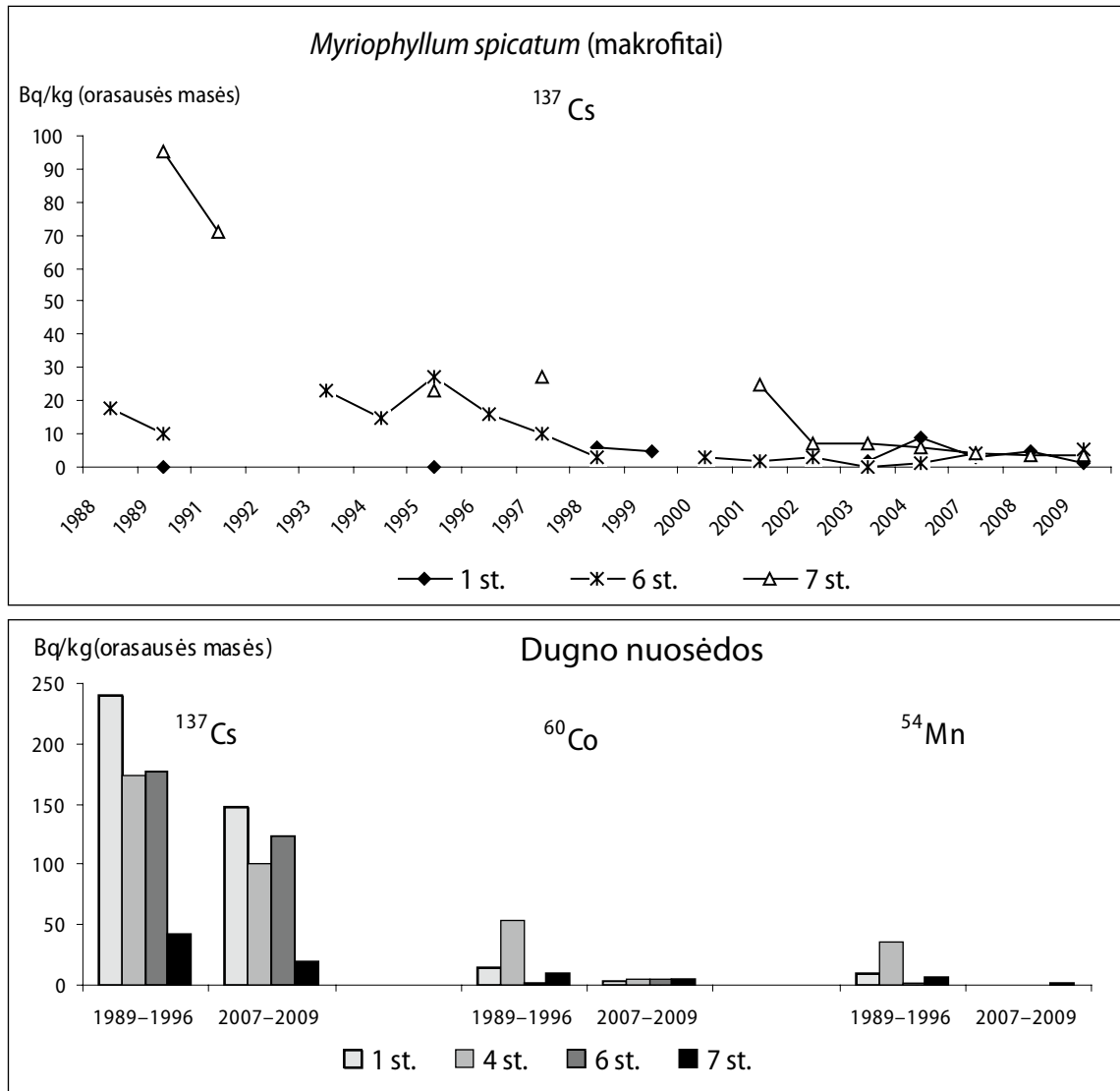
Radionuklidų matavimams surinkti vandens ir sausumos augalų, žuvų, dugno nuosėdų ir dirvožemio mėginiai buvo džiovinami iki orasausės masės, po to deginami krosnyje 400 °C temperatūroje. Radionuklidų  $\gamma$ -spektrometriniai matavimai biotinių ir abiotinių vandens bei sausumos ekosistemų komponentų mėginiuose buvo atlikti Fizikos institute [5] ir Radiacinės saugos centre. Duomenims statistiškai įvertinti buvo skaičiuojamas aritmetinis vidurkis, standartinis nuokrypis ir standartinė paklaida.

## REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

**Drūkšių ežero radioekologinė būklė iki uždariant Ignalinos AE.** Pastaruoju metu vieni iš svarbesnių objektų, vertinant aplinkos radioekologinę būklę, yra tiek veikiančios, tiek ir uždarnos atominės elektrinės. Yra žinoma, kad iš atominų elektrinių daugiausiai radionuklidų patenka į baseinus aušintuvus. Daugiamečių tyrimų, atliktų Ignalinos AE baseino aušintuvo Drūkšių ežero makrofituose, duomenys



**1 pav.** Sausumos, vandens augalų, dirvožemio ir dugno nuosėdų mėginių surinkimo regionai: A – Lietuvos regionų foninio monitoringo stotys (Plungės, Varėnos, Ignalinos rajonai); B – Ignalinos AE regiono etaloningos aikštelės (I – Tilžė, II – Grikiniškės, III – Vosyliškės, IV – Šakiai – Zavisiškės, V – Visaginas); B – Drūkšių ežero 1–7 stotys ir Ignalinos AE nuotekų kanalai (PVK – pašildyto vandens kanalas; PLK-1,2 – pramoninės-lietaus kanalizacijos nuotekų kanalas)



**2 pav.** Radionuklidų aktyvumo koncentracijos Drūkšų ežero (1, 4, 6, 7 stotys) makrofituose ir dugno nuosėdose

rodo, kad didžiausios radionuklidų aktyvumo koncentracijos juose buvo nustatytos 1988–1993 m., o nuo 1995 m. jos nuolat mažėjo. 7-os stoties, į kurią patenka pramoninės-lietaus kanalizacijos nuotekos, radionuklidų aktyvumo koncentracijos makrofituose dažniausia buvo didesnės negu kitose tirtose stotyse. Ignalinos AE nuotekų kanalų, taip pat ir Drūkšų ežero makrofituose nuo 1995 m. buvo stebima radionuklidų aktyvumo koncentracijos, ypač  $^{60}\text{Co}$  ir  $^{54}\text{Mn}$ , mažėjimo tendencija. Daugeliu atvejų  $^{60}\text{Co}$  ir  $^{54}\text{Mn}$  aktyvumo koncentracija makrofituose PLK-1,2 kanale buvo didesnė negu PVK kanale.

Atliktų tyrimų duomenys rodo, kad nuo 1988 m. iki 1997 m. Drūkšų ežero 1 ir 6 stotyse  $^{137}\text{Cs}$  aktyvumo koncentracija makrofituose siekė iki 20 Bq/kg, o nuo 1998 m. iki 2009 m. mažai keitėsi ir neviršijo

kelių Bq/kg. Tik 7 monitoringo stotyje jos buvo žymiai didesnės, ypač 1989–1991 m., o 1995 m., 1997 m. ir 2001 m. siekė iki 25 Bq/kg (2 pav.).

Nustatyta, kad nuo 1998 m. iki 2007 m.  $^{60}\text{Co}$  ir  $^{54}\text{Mn}$  aktyvumo koncentracija tirtų stočių makrofituose siekė tik kelis Bq/kg, tačiau 2008 m. 7-os stoties makrofituose buvo pastebėtas šių radionuklidų aktyvumo koncentracijos ryškus padidėjimas (atitinkamai iki 38 ir 67 Bq/kg). Atliktų tyrimų duomenys rodo, kad daugiausia radionuklidų iš Ignalinos AE į Drūkšų ežerą pateko per pramoninės-lietaus kanalizacijos (PLK-1,2) kanalą.

Nuo 1996 m. iki 2001 m.  $^{137}\text{Cs}$  aktyvumo koncentracija nuolat mažėjo ir Drūkšų ežero žuvyse (kuojuje – nuo 11 iki 1, karšyje – nuo 8 iki 1, ešeryje – nuo 35 iki 3, lydekoje – nuo 22 iki 12 Bq/kg drėgno svorio).

1994 m.  $^{60}\text{Co}$  ir  $^{54}\text{Mn}$  aktyvumo koncentracija žuvyse nesiekė 1 Bq/kg drėgno svorio, o 1997 m. ji buvo jau mažesnė už išmatuojamą lygį.

2007–2009 m.  $^{60}\text{Co}$  ir  $^{54}\text{Mn}$  aktyvumo koncentracija mažėjo dugno nuosėdose, tačiau  $^{137}\text{Cs}$  aktyvumo koncentracijos sumažėjimas dugno nuosėdose buvo žymiai mažesnis negu makrofituose ir žuvyse (2 pav.). Tai rodo, kad dugno nuosėdos yra ilgalaikė  $^{137}\text{Cs}$  deponavimo terpė. Po Ignalinos AE uždarymo, pasikeitus aplinkos sąlygoms, dugno nuosėdos gali tapti Drūkšių ežero antriniu taršos  $^{137}\text{Cs}$ , taip pat ir kitais radionuklidais šaltiniu (2 pav.).

**Lietuvos regionų radioekologinė būklė po Černobylio AE avarijos.** Radioekologiniai tyrimai tapo ypač aktualūs po Černobylio AE avarijos, nes į aplinką patekę radionuklidai pasklido palyginti didelėse teritorijose. 1993–2007 m. buvo atlikti  $^{137}\text{Cs}$  aktyvumo koncentracijos tyrimai po Černobylio AE avarijos skirtingai užterštų radionuklidais Plungės, Varėnos ir Ignalinos rajonų miško ekotopo indikatorinėse augalų rūšyse ir dirvožemyje. Nustatyta, kad 1993–2007 m.  $^{137}\text{Cs}$  aktyvumo koncentracijos tirtų rajonų dirvožemyje sumažėjo: Plungėje – nuo 340 iki 55, Varėnoje – nuo 115 iki 30 ir Ignalinoje – nuo 59 iki 21 Bq/kg, o tirtuose augaluose – atitinkamai nuo 365 iki 91; nuo 243 iki 99 ir nuo 118 iki 27 Bq/kg. Tačiau dirvožemyje šio radionuklido aktyvumo lygis, kuris buvo nustatytas po Černobylio avarijos, buvo didesnis negu iki šios avarijos [6]. 2007 m. gana aukštos  $^{137}\text{Cs}$  aktyvumo koncentracijos išliko ir augaluose.

Ignalinos AE regione ir kituose tirtuose rajonuose  $^{137}\text{Cs}$  aktyvumo koncentracijų vidutinės vertės tose pačiose augalų rūšyse (mėlynėje, lendrūne, atžalinėje gūžtvėje) palyginimas rodo, kad jeigu 1994–2007 m.  $^{137}\text{Cs}$  aktyvumo koncentracijos Plungės, Varėnos ir Ignalinos rajonų augaluose nuolat mažėjo, o Ignalinos AE regiono augaluose  $^{137}\text{Cs}$  aktyvumo koncentracija per visą tyrimo laikotarpį svyravo panašiose ribose ir tik 2007 m. sumažėjo po pirmojo AE energobloko uždarymo. Tai rodo, kad iš Ignalinos AE į aplinką nuolat pateko  $^{137}\text{Cs}$ , t. y. vyko šio radionuklido emisija į atmosferą.

**Radioekologinių tyrimų svarba Lietuvoje pastaruosiu metu.** Nutraukus Ignalinos AE eksploataciją, vyksta esminiai pertvarkymai šiame pramoniniame-gamtiniame komplekse, be to, suintensyvės aplinkos tarša aeroliniais radionuklidais. Todėl būtina atkreipti dėmesį į tai, jog Ignalinos AE eksploatacijos nutraukimas ir numatoma naujos AE statyba šalia jau veikusios ir uždaromos AE labai jautrioje

pažaidai gamtinėje aplinkoje yra išskirtinis precedentas pasaulinėje tokio tipo objektų veiklos praktikoje.

Viena iš aktualiausių spręstinių problemų, nutraukus Ignalinos AE eksploataciją, yra Drūkšių ežero radioekologinės, taip pat ekologinės ir ekotoksikologinės būklės įvertinimas pasikeitus aplinkos sąlygoms. Sprendžiant galimybę panaudoti Drūkšių ežerą kaip naujos AE aušintuvą, nepakanka įvertinti tik būsimą jo šiluminę apkrovą, bet dėl ežere vykstančių pokyčių naujai peržiūrėti ir šio ežero poveikio aplinkai vertinimą. Tam reikalingi išsamūs Drūkšių ežero, kaip bendros ekosistemos, tyrimai.

Prie Nemuno ir Neries upių Baltarusijoje ir Kaliningrado srityje minimi branduolinės energetikos objektai tikriausiai bus įgyvendinti jau 2015–2018 m. Todėl pastaruosiu metu ypač aktualus šių Lietuvai svarbių upių sistemos „Neris–Nemunas–Kuršių marios“ biologinės ir radioekologinės būklės įvertinimas, kurį būtina atlikti ne tik iki AE veiklos pradžios, bet ir iki jų statybos pradžios. Tačiau iki šiol Nemune ir Kuršių mariose buvo atlikti tik pavieniai radioekologiniai tyrimai, ir tie tik prieš 10 metų, o Neryje tokie tyrimai iš viso nebuvo vykdomi.

## APIBENDRINIMAS

Apibendrinus radionuklidų akumuliacijos ir sklaidos Ignalinos AE aplinkoje ir Drūkšių ežere duomenis, įvertinus radioekologinę būklę Lietuvos rajonuose po Černobylio AE avarijos bei branduolinės energetikos plėtros perspektyvas, galima teigti, kad radioekologinių tyrimų Lietuvos aplinkoje svarbą lemia:

1. Uždaroma Ignalinos AE. Nutraukus elektrinės eksploataciją suintensyvės aplinkos tarša aeroliniais radionuklidais, daugiau radionuklidų pateks ir į Drūkšių ežerą.
2. Planuojama statyti Visagino AE šalia jau veikusios Ignalinos AE.
3. Drūkšių ežeras – kaip naujos Visagino AE aušintuvas. Pasikeitus šio ežero radioekologinei, taip pat ekologinei ir ekotoksikologinei būklei, nutraukus Ignalinos AE eksploataciją, nepakanka įvertinti tik būsimą šio ežero šiluminę apkrovą, bet dėl ežere vykstančių pokyčių reikėtų naujai peržiūrėti poveikio aplinkai vertinimą.
4. Dar žymiai didesnės  $^{137}\text{Cs}$  aktyvumo koncentracijos tirtų Lietuvos rajonų dirvožemyje (21–55 Bq/kg) ir indikatorinėse augalų rūšyse (iki 100 Bq/kg) negu iki Černobylio AE avarijos.
5. Planuojama statyti AE Baltarusijoje 20 km nuo sienos su Lietuva. Kaip pagrindinis vandens šaltinis

AE darbui numatyta upė Neris, kurios radioekologinė būklė dar nėra įvertinta.

6. Planuojama statyti AE Kaliningrado srityje 20 km nuo sienos su Lietuva. Iki šiol neatliktas išsamesnis Nemuno ir Kuršių marių radioekologinės būklės įvertinimas.

Atliekant vandens ir sausumos ekosistemų radioekologinės būklės vertinimą, neabejotinai svarbūs ne

mažiau kaip 3 metų kompleksiškai atlikti radioekologiniai, biologiniai ir ekotoksikologiniai tyrimai, kurių tikslas – išsamiai ir nuosekliai pažinti, įvertinti ir apibendrinti esamą poveikio aplinkai pobūdį bei apimtį.

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

---

#### Literatūra

1. Поликарпов ГГ. Радиоэкология морских организмов. М. Атомиздат. 1964:1-295.
2. Алексахин ПМ, Пристер БС. Радиоэкология как отрасль естествознания: Некоторые размышления об интересном прошлом, сложном и важном настоящем и перспективах на будущее. Радиационная биология. Радиоэкология. 2008;48(6):645-653.
3. Шевченко ВА. Радиационная генетика одноклеточных водорослей. М. Наука. 1979:253.
4. Гераскин СА, Дикарев ВГ, Удалова АА, Дикарева НС. Влияние комбинированного действия ионизирующего излучения и солей тяжелых металлов на частоту хромосомных абераций в листовой меристеме ярового ячменя. Генетика. 1996;32(2):279-288.
5. Gudelis A, Remeikis V, Plukis A, Lukauskas D. Efficiency calibration of HPGe detectors for measuring environmental samples. Environmental and Chemical Physics. 2000;22(3-4):117-125.
6. Буткус Д, Моркунас Г, Стиро О. Изучение зон с повышенным уровнем гамма излучения поверхности земли. Физика атмосферы (сборник научных трудов). Вильнюс. Мокслас. 1989;14:53-60.

# Assessment of radioecological state of environment and importance of this assessment to Lithuania

Danutė Marčiulionienė, Jonas Mažeika, Ričardas Paškauskas

Nature Researche Centre

## Summary

**The aim** of this study was to summarize the data of long-term radioecological investigations performed in Lake Drūkšiai, used as cooling reservoir of the Ignalina Nuclear Power Plant, in 1988–2009 and in the vicinity of NPP before decommissioning of this Power Plant in 2004, as well as in Plungė, Varėna and Ignalina regions (1993–2007) after the Chernobyl NPP accident, as well as to estimate the importance of radioecological investigations in Lithuania due to decommissioning of the Ignalina NPP and planned development of nuclear energy.

**Methods.** For selection and preparation of terrestrial plants, soil, bottom sediments, macrophytes and fish for measurement the standard radioecological methods were used. Radionuclide  $\gamma$ -spectrometric measurements of samples were carried out in the Institute of Physics and Radiation Protection Centre.

**Results.** Long-term investigations performed in Lake Drūkšiai and in channels of Ignalina NPP showed that concentration activity of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$  and  $^{54}\text{Mn}$  in macrophytes, bottom sediments and fish declined steadily. However, the decrease of  $^{137}\text{Cs}$  concentration activity in bottom sediments was significantly lower than in macrophytes and fish. Therefore, if environmental conditions changed, bottom sediments of Lake Drūkšiai, as long-term deposit medium of  $^{137}\text{Cs}$ , may become secondary pollution source of the Lake. The tendency towards the decrease of  $^{137}\text{Cs}$  activity concentration is observed in the indicated species of plants and soil from the forest ecotopes of Plungė, Varėna and Ignalina regions which were unevenly contaminated

by  $^{137}\text{Cs}$  after the Chernobyl NPP accident. However, the activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in 1997 was significantly higher (in plants up to 21–55 Bq/kg and in soil up to 100 Bq/kg) than before the Chernobyl NPP accident.

**Conclusions.** Generalization of the data of radionuclide accumulation and distribution in Ignalina NPP vicinity and in Lake Drūkšiai – cooling reservoir of this NPP – assessment of radioecological state of Lithuanian regions unevenly contaminated after the Chernobyl accident and evaluation of the perspectives of the development of nuclear energy showed that the importance of the radioecological investigations in Lithuania is related with decommissioning of the Ignalina NPP, plans to build new NPP near the decommissioned Ignalina NPP, as well as the decisions to build new NPPs in Kaliningrad region and in Belarus.

**Keywords:** radionuclides, Ignalina NPP vicinity, regions of Lithuania, terrestrial and aquatic plants, fish, bottom sediments, soil.

**Correspondence to** Danutė Marčiulionienė,  
Nature Researche Centre,  
Akademijos 2, LT-08412 Vilnius, Lithuania.  
E-mail: radeko@ar.fi.lt

Received 7 June 2012, accepted 29 June 2012