

Fizikos institutes

RADIOEKOLOGINIS MONITORINGAS IGNALINOS AE POVEIKIO ZONOJE

Temos vadovas dr R.Jasiulionis

Vilnius, 2002

Ivadas

Bandiniai renkami Fizikos instituto stotyje 3,5 km nuo Ignalinos AE. Laikotarpiu nuo 2001 m lapkričio mėn. 1 d. iki 2002 m spalio mėn. 27 d. vykdyti reguliarūs radionuklidų koncentracijų ore matavimai Ignalinos AE aplinkoje.

Rezultatai

Energetiniai gama spinduliavimo spektrai matuoti 46 oro aerzolių bandiniuose, surinktuose prasiurbiant per filtrus FPP-15-0.1 po 80 000 - 300 000 m³ oro ir panaudojant skystu azotu šaldomą geroje apsaugoje nuo išorinių spindulių puslaidininkinį spektrometrą. Oro siurbimo greitis per filtrą yra apie 1800 m³/val. Filtrai presuojami į standartinio dydžio tabletes.

Rezultatai rodo, kad išlieka paskutiniais metais susiklosčiusios tendencijos. Ore didžiausios yra kosmogeninio ⁷Be koncentracijos. ⁷Be koncentracijos ore svyravo 900 ÷ 6500 mikroBq/m³ ribose. Daugumoje oro aerzolių bandinių registruojamas ¹³⁷Cs spinduliavimas. Stebėti keturi ryškūs ¹³⁷Cs koncentracijų ore padidėjimai. 2001.09.09-09.15., 2001.12.24-01.02., 2002.04.08-04.16., 2002.09.03.-09.10. Ignalinos AE emituoti ⁶⁰Co ir ⁵⁴Mn užregistruoti septyniuose bandiniuose.

Dauguma išmatuotų ¹³⁷Cs koncentracijų ore svyravo 0,1÷1,0 mikroBq/m³ ribose ir tai, tikriausiai, atspindi jo globalinį pasiskirstymą. Laikotarpiais 2002 m. balandžio mėn. 8 d. iki 2002 m. balandžio mėn. 16 d. ir 2002 m. rugsėjo mėn. 3 d. iki 2002 m. rugsėjo mėn. 10 d. buvo stebėti ¹³⁷Cs koncentracijos padidėjimai. Analogiški padidėjimai stebėti ir nuo 2001 m. rugsėjo mėn. 4 d. iki 2001 m. rugsėjo mėn. 11 d. bei nuo 2001 m. gruodžio mėn. 23 d. iki 2002 m. sausio mėn. 2 d. Šiais laikotarpiais tikėtinas ¹³⁷Cs patekimas iš lokalių šaltinių ir reikalinga oro masių pernešimo analizė. Šiems laikotarpiams atlikti nešamų į Ignalinos rajoną oro masių trajektorijų skaičiavimai.

Rezultatų aptarimas

Padidintos ¹³⁷Cs koncentracijos pažemio ore per ketverius pastaruosius metus buvo stebimos rugsėjo – spalio mėn. ir atskirais atsitiktiniais laikotarpiais. Viena iš priežasčių tokiems procesams yra antrinis ¹³⁷Cs patekimas į orą iš regionų užterštų po Černobylio avarijos. Kita oro masių užteršimo ¹³⁷Cs priežastis tai emisija į orą iš veikiančių branduolinių įmonių (Leningrado AE) ar iš ketvirto Černobylio AE reaktoriaus gaubto.

¹³⁷Cs koncentracijų šaltinio nustatymui naudojame oro masių pernešimo trajektorijų skaičiavimo modelį HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) prieinamą Interneto naudotojui NOAA Oro resursų laboratorijos tinklapyje. Buvo skaičiuotos oro masių pernašos trajektorijos (trijuose aukščiuose: 100, 500 ir 1000 m.) į Ignalinos AE rajoną (56.55 N ir 26.57 E) per 96 valandas.

Ankstesnėse radioekologinio monitoringo ataskaitose, kai 1999 m. spalio 15-23 d. buvo stebėta didžiausia per pastaruosius metus ¹³⁷Cs aktyvumo koncentracija ore (22 mikroBq/m³), buvo įtarta, kad į Ignalinos AE rajoną pateko oro masės praėjusios po Černobylio avarijos užterštą rajoną. Tą patvirtino dabar atlikti oro masių trajektorijų skaičiavimas.

Ataskaitiniu laikotarpiu užregistruotam ¹³⁷Cs aktyvumo koncentracijos padidėjimui 2002 m. balandžio mėn. 12 – 15 dienomis paaiškinti atlikta 12 trajektorijų skaičiavimų. 2002 m. balandžio mėn.

oro masių pernašos trajektorijos kirto potencialų stebimo radionuklido (^{137}Cs) šaltinį – Ukrainos respublikos pasienyje veikusios Černobylio AE užterštus plotus. Nuo 2002 m. balandžio mėn. 12 d. 09 val. iki 15 d. 23 val., oro masių pasiekiančių Ignalinos AE pernašos trajektorijos buvo tiesiai virš minėtos vietovės. Tikėtina, kad registruojamas radionuklidas į filtrą pateko iš Černobylio AE avarijos užterštų rajonų.

Analogiškos oro masių trajektorijos buvo stebėtos ir 2001 metų rugsėjo mėn. registruoto ^{137}Cs aktyvumo koncentracijų ore padidėjimo metu.

Trajektorijų skaičiavimai buvo atlikti ir kitais ^{137}Cs aktyvumo koncentracijų ore padidėjimų atvejais. Laikotarpiui nuo 2001 m. gruodžio mėn. 23 d. iki 2002 m. sausio mėn. 2 d. atlikti 22 trajektorijų skaičiavimai. 2001 m. gruodžio mėn. 23 d. oro masių pernašos trajektorijos kirto kitą potencialų ^{137}Cs šaltinį – Leningrado srityje esančią Leningrado AE. Nuo 2001 m. gruodžio mėn. 23 d. 09 val. iki 17 val. Ignalinos rajoną pasiekiančių oro masių pernašos trajektorijos buvo tiesiai virš minėtos jėgainės. Tikėtina, kad registruojamas radionuklidas į filtrą pateko iš Leningrado AE.

Oro masės lėtai judėjo Leningrado AE rajone. Oro pernaša keitė kryptį. Praktiškai naujai susiformavusi oro masė po paros pasiekė mūsų bandinių paėmimo vietą. Tokios palankios oro sąlygos radionuklidų išlėkusių per Leningrado AE kaminus patekimui į mūsų oro filtrus išsilaikė daugiau nei pusę paros.

Tokioms oro masių pernešimo kryptims Leningrado AE yra ne vienintelis potencialus radionuklidų patekimo į orą šaltinis. Netoli Murmansko laikoma šimtai povandeninių atominių laivų. Chibinų kalnuose ir Naujojoje Žemėje buvo vykdomi požeminiai ir antžeminiai branduolinių bombų sprogdinimai. Tačiau žiemos metu iš pastarųjų rajonų, kur viskas uždengta sniego sluoksniu, antrinis radionuklidų patekimas į orą mažai tikėtinas. Esant šių krypčių pernešimui galimas ^{137}Cs patekimas į filtrą ir iš Ignalinos AE, tačiau šiuo atveju pernešimo trajektorija buvo tokia, kad Ignalinos AE regione vyravo pernaša iš vakarų.

Atidesnis žvilgsnis į ankstesnių metų radioekologinio monitoringo Ignalinos AE poveikio zonoje rezultatus parodė, kad panaši situacija buvo susiklosčiusi 2000 m. rugsėjo mėnesį. Šiuo atveju bandinyje buvo registruojamas ir Ignalinos AE gaminamų ^{60}Co ir ^{54}Mn spinduliavimas.

Šio laikotarpio oro masių pernešimo trajektorijos nė karto nekirto Černobylio AE rajonų. 8 pav. pateiktos trajektorijos beveik tiksliai eina per Leningrado atominę elektrinę. Papildomai tam kas pasakyta apie radionuklidų šaltinius Šiaurėje, galima paminėti potencialią atominio povandeninio laivo avariją Barenco jūroje. Kad tiksliau nustatyti radionuklidų emisijos šaltinį šiais atvejais reikėtų turėti didelio jautrumo ksenono radioizotopų koncentracijų ore ir jų santykių matavimo rezultatus.

2002 m. Ignalinos AE gaminamų ^{60}Co ir ^{54}Mn buvo užregistruota mažesniame kiekyje bandinių nei 2002 metais. HYSPLIT modelį galima taikyti išlėkų iš Ignalinos AE kamino dispersijų pažemio ore skaičiavimui. Metų pabaigoje vienu atveju buvo užregistruotas Ignalinos AE gaminamo ^{60}Co spinduliavimas. Šiam oro siurbimo per filtrą laikotarpiui skaičiuotos oro masių pernešimo iš Ignalinos AE trajektorijos, ir išskirtas laikotarpis, kada vėjo kryptis buvo iš Ignalinos AE į matavimo stotį:

^{60}Co emisijos dydis registruojamu laikotarpiu buvo gautas iš Ignalinos AE radiacinės kontrolės ataskaitos ir buvo lygus 1000 Bq/val. Buvo skaičiuotas atvejis, kai visam laikotarpiui ^{60}Co koncentracija išlėkose buvo pastovi. Išmetimo aukštis 140 – 150 m., koncentracijų vertės pažemio ore vidutinės valandai.

Išmatuotos koncentracijos artimos teoriškai paskaičiuotoms įvertinant koncentracijų vidurkinimo intervalus (skirtingos spalvos rodo skirtingas koncentracijas; jų vertės pateiktos po paveikslu). Radionuklidų pernešimo atmosferoje aprašymui taikant HYSPLIT modelį, ^{60}Co koncentracijas ore galima susieti su išmetimo per kaminus greičiu ir meteorologinėmis sąlygomis.

^7Be koncentracijos pažemio ore sietinos su vertikaliuoju atmosferos oro srautų persiskirstymu. Žinoma, kad ^7Be ir ^{22}Na koncentracijų maksimumas yra 16 km aukštyje. Didesnės koncentracijos stebimos tuo laikotarpiu, kai atmosferos oro srautai leidžiasi žemyn. Tais atvejais, kada mes

registruojam ir ${}^7\text{Be}$ ir ${}^{22}\text{Na}$ spinduliavimą viename bandinyje galimas kiekybinis vertikalaus turbulentinės difuzijos koeficiento įvertinimas.

Vidutinė ${}^{22}\text{Na}$ koncentracijų ore vertė buvo gauta 0.29 mikroBq/m^3 . ${}^7\text{Be}$ koncentracija tuose pačiuose bandiniuose buvo 2890 mikroBq/m^3 . Remiantis skaičiavimais, kai įvertinama kosmogeninių radionuklidų produkcija vertikaliame atmosferos stulpe ir ieškoma turbulentinės difuzijos koeficiento kintančio pagal aukštį su maksimumu troposferoje ir 10 kartų mažesnio stratosferoje bei atmosferos išplovimo debesimis koeficiento pastovaus iki 4 km aukščio kuriems esant susidaro išmatuotos koncentracijos gauname, kad 2002 m vasarą vidutinis turbulentinės difuzijos koeficientas buvo $4,5 \text{ m}^2/\text{s}$, o išplovimo koeficientas - $3 \times 10^{-6} \text{ 1/s}$.

Jonizuojančiosios spinduliuotės dozės Ignalinos AE aplinkoje

Jonizuojančiosios spinduliuotės dozės branduolinių įrenginių aplinkoje yra pagrindinis saugaus jų darbo kriterijus. Ignalinos AE aplinkoje gyventojams normuojamas ribinis dozės dydžio priedas $0,2 \text{ mSv/metai}$. Laikoma, kad jei apsaugotas žmogus apsaugota ir gamta. Norma yra tokia, kad dėl elektrinės darbo aplinkoje galimas 25% priedas prie gamtinės jonizuojančiosios spinduliuotės dozės ribojant bendrą dozę dydžiu 5 mSv/metai . TATENA (IAEA) ateityje siūlo įteisinti ekologinę normą $1,5 \text{ mSv/metai}$.

Žinoma, kad pagrindinį dozės priedą AE aplinkoje prideda trumpaamžių inertinių dujų radionuklidų išlekiančių per kaminą spinduliavimas. Dozimetrais šis priedas praktiškai yra neišmatuojamas. Pradiniu AE darbo laikotarpiu dozės padidėjimą aplinkoje buvo galima užregistruoti praeinant AE fakelui virš matavimo taško. Metines jonizuojančiosios spinduliuotės dozes remiantis tokiais matavimais galima įvertinti tikrai turint pakankamai pilnus meteorologinius duomenis ir nuosekliai valanda po valandos, para po paros atliekant fakelo skaičiavimus. Praktikoje dažniausiai skaičiuojama remiantis radionuklidų koncentracijų duomenimis išlėkose taikant dozių koeficientus kiekvienam radionuklidui ir daugiau ar mažiau pagrįstus metinius meteorologinio priemaišų praskiedimo AE fakele faktorius.

Viena iš jonizuojančiosios dozės AE aplinkoje komponentų susidaro spinduliuojant patekusiems į pažemio orą ir iškritusiems ant paklotinio paviršiaus Ignalinos AE pagamintiems radionuklidams. Šių ir gamtinių radionuklidų koncentracijos ore AE aplinkoje išmatuojamos patikimai ir yra pirminiai eksperimentiniai duomenys jonizuojančiosios spinduliuotės dozių įvertinimui. Tačiau šiuo atveju reikalingas biosferinių atskirų radionuklidų ir jų spinduliavimo sukurtų jonizuojančiosios spinduliuotės dozių modelių parinkimas ir modelių parametų nustatymas.

Po Černobylio avarijos didelėse teritorijose atsirado galimybė matuoti atskirų tehnogeninių radionuklidų koncentracijas ore, iškritose, dozimetrais matuoti dozės galią ir stebėti radionuklidų kaupimosi procesus gyventojų organizme. Svarbus Černobylio avarijos pasekmių tyrimo rezultatas yra biosferinių modelių parametų nustatymas, panaudojant technogeninių radionuklidų koncentracijų duomenis [9]. Tokių duomenų pagrindu parengta kompiuterinė programa INTERRAS, kurios pagalba galima skaičiuoti jonizuojančiosios spinduliuotės dozes turint eksperimentinius radionuklidų koncentracijų ore ir iškritose rezultatus. Ši programa panaudota radionuklidų atneštų į regioną iš globalinių šaltinių, kosmogeninio ${}^7\text{Be}$ ir radionuklidų patenkančių į pažemio orą iš Ignalinos AE spinduliavimo dozių įvertinimui.

Metinių jonizuojančiosios spinduliuotės dozių įvertinimui, skaičiuojant minėta programa, panaudoti ataskaitinio laikotarpio ir ankstesnių metų radioekologinio monitoringo rezultatai. Pastarųjų metų matavimo duomenų pagrindu atlikti analogiški skaičiavimai, kaip ir ankstesniaisiais metais. Skaičiavimams naudotos vidutinės metinės koncentracijos ore gautos iš daugelio matavimų reikšmių. Atskirų radionuklidų spinduliavimo dozės sumuotos. 2002 metais gauti rezultatai pateikti piešinėlyje pratęsiant ankstesnėse ataskaitose naudotą laiko skalę. Taip pateikiant rezultatus atsiranda pokyčių įvertinimo galimybė.

Kosmogeninio ^7Be spinduliavimo metinė dozė svyruoja 0,08-0,11 mSv/metai intervale. metais. Per stebėjimo laikotarpį suskilus į regioną atnešamiems dalijimosi produktams, išskyrus ^{137}Cs , iškritose aptinkamų dalijimosi produktų spinduliavimo dozė pastaraisiais metais svyruoja 0,0002-0,0005 mSv/metai intervale. Ši dozė dabar apie 100 kartų mažesnė nei kosmogeninio ^7Be spinduliavimo dozė. Ignalinos AE pagamintų radionuklidų ^{60}Co ir ^{54}Mn aptinkamų ore spinduliavimo dozė dar mažesnė ir svyruoja intervale 0,01-0,1 mikroSv/metai. Paveikslėlyje atspindimos ore pernešamų radionuklidų jonizuojančiosios spinduliuotės dozės yra išorinės apšvitos dozės gyventojams.

Pateikti dozių skaičiavimai neatspindi ir dozių, kurios gali susidaryti radionuklidų susikaupimo zonose- pašildyto vandens kanale, pavėjinėse ežero pakrantėse, saugyklų teritorijoje ir valymo įrenginių dumblo karjere. Dozes šiose vietose reikėtų lyginti su siūloma ekologine technogeninių radionuklidų spinduliavimo - 1,5 mSv jonizuojančiosios spinduliuotės metinės dozės norma.

Išvados

1. 2002 metais Ignalinos AE aplinkos pažemio ore didžiausios koncentracijos buvo kosmogeninio ^7Be . Globaliai pasiskirsčiusio ^{137}Cs koncentracijos svyravo $0,1 \div 1,0$ microBq/m³ intervale. Atskirais laikotarpiais stebėtos ^{137}Cs koncentracijos didesnės nei galima būtų paaiškinti globaliu pasiskirstymu.
2. Skaičiuojant virš Ignalinos AE praeinančių oro masių trajektorijas, nustatyta, kad vienu atveju ^{137}Cs galėjo būti atneštas iš Leningrado srityje esančios Leningrado AE, kitais – iš Černobylio AE avarijos metu radionuklidais užterštų rajonų.
3. Atliktas Ignalinos AE gaminamų ^{60}Co ir ^{54}Mn matuotų ir skaičiuotų koncentracijų ore palyginimas. Podyta, kad meteoroduomenų matavimais remiant skaičiavimo rezultatus galima gauti radionuklidų pasiskirstymo AE aplinkoje charakteristikas.
4. Atskiruose bandiniuose registruotas ir ^7Be ir ^{22}Na spinduliavimas. Turimomis skaičiavimo metodikomis nustatytas vidutinis laikotarpiui turbulentinės difuzijos koeficientas atmosferoje - 4,5 m²/s; aerolių išplovimo koeficientas - 3×10^{-6} 1/s.
5. Pratestas jonizuojančiosios spinduliuotės dozės skaičiavimas, panaudojant radioekologinio monitoringo Ignalinos AE aplinkoje gautus radionuklidų atneštų į regioną iš globalinių šaltinių, kosmogeninio ^7Be ir radionuklidų patenkančių į pažemio orą iš Ignalinos AE koncentracijų ore duomenis. Parodyta, kad stebimos jonizuojančiojo spinduliavimo dozės apie 1000 kartų mažesnės už dabartinius norminius aktais reglamentuotą leistiną jonizuojančiosios spinduliuotės dozės gyventojams ribą metams ~5 mSv.

Literatūra

1. Radioekologinis monitoringas Ignalinos AE aplinkoje, ataskaita, tema Nr. 4m-1.2.3, Vilnius, 1999
2. Draxler, R.R. 1996, Boundary layer isentropic and kinematic trajectories during the August 1993 North Atlantic Regional Experiment Intensive, J. Geophys. Res., Vol 101, No. D22, pp. 29255-29268
3. Draxler, R.R. and G.D. Hess, 1998, An overview of the HYSPLIT_4 modelling system for trajectories, dispersion and deposition, Aust. Met. Mag., 47, 295-308. <http://www.arl.noaa.gov/ready/protect/hysplit4.html>
4. Jasiulionis R. and Arlauskaitė L. (1999) Modeling of ^7Be and ^{22}Na concentration distribution in the atmosphere, Environmental and Chemical Physics 21, No2, Vilnius, 22-26
5. Sanitarinės aominių elektrinių projektavimo ir eksploatacijos taisyklės SPAES-79 No 615-79, Energoatomizdat, M, 1981
6. Lietuvos higienos norma HN73: 1997 "Pagrindinės radiacinės saugos normos", Vilnius, 1998

7. Linsley G. Protection of the natural environment and internationally accepted practice, International symposium on ionising radiation, Stockholm, May 20-24, 1996, Proceedings Vol. I, 27-35
8. R. Jasiulionis (1998) Atmospheric Dispersion Modelling for Determination of Accidental Admixture Emission in Boundary Air Layer, // Environmental Physics, 20 No 1 p.27-32
9. Report of the VAMP Multiple Pathways Assessment Working Group, IAEA-TECDOC-795 (1995)
10. INTERRAS, International Radiological Assessment System, version 1.2, IAEA, Vienna, (1997)
11. Jasiulionis R, Jonizuojančiosios spinduliuotės dozės Lietuvoje po Černobylio avarijos, Sveikatos aplinka, priedas 3, (2000) 42-47