

Įsakymas netenka galios 2023-01-01:

Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, Įsakymas

Nr. [D1-9](#), 2021-01-07, paskelbta TAR 2021-01-07, i. k. 2021-00264

Dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2000 m. spalio 16 d. įsakymo Nr. 417 „Dėl normatyvinių dokumentų, reglamentuojančių aplinkos elementų užterštumo radionuklidais matavimus, patvirtinimo“ pripažinimo netekusiu galios

Suvestinė redakcija nuo 2014-01-01 iki 2022-12-31

Įsakymas paskelbtas: Žin. 2000, Nr. [101-3208](#), i. k. 100301MISAK00000417

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTRO

Į S A K Y M A S

**DĖL NORMATYVINIŲ DOKUMENTŲ, REGLAMENTUOJANČIŲ APLINKOS
ELEMENTŲ UŽTERŠTUMO RADIONUKLIDAIŠ MATAVIMUS, PATVIRTINIMO**

2000 m. spalio 16 d. Nr. 417

Vilnius

Siekdamas užtikrinti aplinkos monitoringo duomenų kokybę ir vadovaudamasis Lietuvos Respublikos aplinkos monitoringo įstatymu (Žin., 1997, Nr. [112-2824](#); 2006, Nr. 57-2025) bei Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos nuostatais (Žin., 1998, Nr. [84-2353](#)):

Preambulės pakeitimai:

Nr. [D1-982](#), 2013-12-20, Žin., 2013, Nr. 138-6964 (2013-12-30); paskelbta TAR 2013-12-31, i. k. 2013-00082

1. T v i r t i n u šiuos Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos normatyvinius dokumentus:

1.1. LAND 36-2013 „Aplinkos objektų taršos radionuklidais matavimas – gama spektrometriniai mėginių tyrimai spektrometru, turinčiu germanio detektorių“ (pridedama).

Punkto pakeitimai:

Nr. [D1-982](#), 2013-12-20, Žin., 2013, Nr. 138-6964 (2013-12-30); paskelbta TAR 2013-12-31, i. k. 2013-00082

1.2. Neteko galios nuo 2014-01-01

Punkto naikinimas:

Nr. [D1-982](#), 2013-12-20, Žin. 2013, Nr. 138-6964 (2013-12-30) ; paskelbta TAR 2013-12-31, i. k. 2013-00082

2. Aplinkos ministerijos informacijos kompiuterinėje sistemoje vadovautis reikšminiais žodžiais „valdymo sistema“.

3. Nustatau, kad šio įsakymo 1.1 punkte nurodytas aplinkos apsaugos normatyvinis dokumentas peržiūrimas 2018 m.

Papildyta punktu:

Nr. [D1-982](#), 2013-12-20, Žin., 2013, Nr. 138-6964 (2013-12-30); paskelbta TAR 2013-12-31, i. k. 2013-00082

APLINKOS MINISTRAS

DANIUS LYGIS

PATVIRTINTA

Lietuvos Respublikos aplinkos ministro

2000 m. spalio 16 d. įsakymu Nr. 417

(Lietuvos Respublikos aplinkos ministro

2013 m. gruodžio 20 d. įsakymo Nr. D1-982

redakcija)

**LAND 36 – 2013. APLINKOS OBJEKTŲ TARŠOS RADIONUKLIDAIŠ MATAVIMAS –
GAMA SPEKTROMETRINIAI MĖGINIŲ TYRIMAI SPEKTROMETRU, TURINČIU
GERMANIO DETEKTORIŲ****I. BENDROSIOS NUOSTATOS**

1. Šiame aplinkos apsaugos normatyviniame dokumente aprašomas gama kvantus spinduliuojančių radionuklidų aktyvumo aplinkos objektų mėginiuose tyrimo gama spektrometru, turinčiu germanio detektorių ir spektrometrinės sistemos valdymo bei spektrų apdorojimo programinę įrangą, metodas. Jis privalomas asmenims, vykdančioms valstybinį, savivaldybių ir ūkio subjektų aplinkos radiologinį monitoringą.

2. Naudojant šį metodą galima tuo pačiu metu išmatuoti įvairių gama kvantus spinduliuojančių radionuklidų aktyvumus energijų intervale nuo 40 keV iki 3 MeV.

3. Matavimo ribos – paprastai nuo 1 Bq iki 10 kBq mėginius matuojant tiesiogiai (neskiedžiant ir nekoncentruojant).

4. Aptikimo riba priklauso nuo santykinio detektoriaus efektyvumo, foninės spinduliuotės, matuojamojo radionuklido savybių (gama kvantų energijos ir kvantų spinduliavimo tikimybės) bei matavimo trukmės.

5. Mėginio matavimo trukmė priklauso nuo jo aktyvumo, detektoriaus efektyvumo, foninės spinduliuotės, matuojamojo radionuklido savybių bei reikiamo matavimo tikslumo ir gali būti nuo kelių minučių iki kelių parų.

6. Naudojant šį metodą būtina laikytis teisės aktų tvarka nustatytų radiacinės saugos, darbo su cheminėmis medžiagomis, elektros prietaisais ir kriogeniniais indais reikalavimų bei būti susipažinus su įprasta darbo laboratorijoje tvarka.

II. NUORODOS

7. Šis aplinkos apsaugos normatyvinis dokumentas parengtas vadovaujantis tarptautiniais standartais:

7.1. CEI IEC 1452:1995 (E). „Branduoliniai prietaisai. Radionuklidų gama kvantų spinduliavimo spartos matavimas. Germanio spektrometrų kalibravimas ir naudojimas“ („Nuclear instrumentation – Measurement of gamma-ray emission rates of radionuclides – Calibration and use of germanium spectrometers“);

7.2. ISO 10703:2007 (E). „Vandens kokybė – Radionuklidų turinio aktyvumo nustatymas – Metodas, taikant didelės skyros gama spektrometriją“ („Water quality – Determination of the activity concentration of radionuclides – Method by high resolution gamma-ray spectrometry“);

7.3. ISO 18589-3:2007(E). „Radioaktyvumo matavimas aplinkoje– Dirvožemis – 3 dalis: Gama kvantus spinduliuojančių radionuklidų matavimas“ („Measurement of radioactivity in the environment – Soil – Part 3: Measurement of gamma-emitting radionuclides“).

III. PAGRINDINĖS SĄVOKOS

8. Šiame dokumente vartojamos sąvokos:

8.1. **aktyvumas** – tam tikro radionuklidų kiekio radioaktyviųjų skilimų skaičius per vienetinį laiko tarpą. Vienetas – bekerelis (Bq), $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$;

8.2. **aptikimo riba** – išmatuotoji dydžio vertė, gauta naudojant tam tikrą matavimo procedūrą, kuriai tikimybė klaidingai deklaruoti tam tikro sando nebuvimą medžiagoje yra β , o tikimybė klaidingai deklaruoti jos buvimą yra α . Rekomenduojamos α ir β vertės, lygios 0,05;

8.3. **dezaktyvavimas** – radioaktyviųjų medžiagų šalinimas nuo žmogaus kūno, aprangos, aparatūros ir kitų objektų bei Žemės paviršiaus;

8.4. **efektyvioji trukmė** – matavimo trukmės dalis, per kurią matavimo prietaisas (spinduliuotės detektorius) sugeba atpažinti atskirus impulsus. Matavimo trukmė lygi efektyviosios trukmės ir neveikos trukmės sumai. Vienetas – sekundė (s);

8.5. **efektyvumas** – per vienetinį laiko tarpą užregistruotų pasirinktų impulsų skaičiaus ir šaltinio išspinduliuotų gama kvantų skaičiaus dalmuo;

8.6. **energinė skyra** – smailės plotis ties didžiausio smailės aukščio viduriu, kai atskaitos linija yra matuojama iš kontinuumo;

8.7. **energinis spektrometro kalibravimas** – spektrometro kanalo numerio susiejimas su gama kvantų energija;

8.8. **gama kvanto spinduliavimo tikimybė** – tikimybė, kad radionuklido branduolio virsmo metu bus išspinduliuotas tam tikros energijos gama kvantas;

8.9. **gama spinduliuotė** – mažesnio kaip 10^{-10} m ir didesnio kaip 10 keV fotonų energijos elektromagnetinė spinduliuotė, kurią skleidžia po radioaktyviųjų virsmų ir branduolinių reakcijų sužadinti atomų branduoliai;

8.10. **įspėjamoji riba** – kontrolinėje diagramoje kaip kriterijus naudojama riba, kurią pasiekus arba viršijus reikalinga išsamesnė proceso analizė;

8.11. **kalibravimo kreivė** – rodmenis ir atitinkamos išmatuotosios dydžio vertės sąryšio grafinė išraiška;

8.12. **kontrolinė diagrama** – diagrama, pagal kurią nustatoma, ar procesas kontroliuojamas. Kontrolinėje diagramoje vieno ar kelių statistinių vienetų vertės (vidutinė vertė, standartinis nuokrypis, variacijos, diapazonai ir kt.) lyginamos su nustatytomis ribomis;

8.13. **kontrolinė riba** – kontrolinėje diagramoje kaip kriterijus naudojama riba, kurią pasiekus arba viršijus reikia koreguoti matavimų procesą;

8.14. **kryžminė radioaktyvioji tarša** – radioaktyviųjų medžiagų patekimas iš vieno mėginio į kitą;

8.15. **laboratorijos pamatinis šaltinis** – iš sertifikuotosios pamatinės medžiagos laboratorijoje pagamintas jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinis, skirtas kalibravimui;

8.16. **matavimo indas** – indas, kuriame gama spektrometrinio matavimo metu būna mėginys;

8.17. **matavimo neapibrėžtis** – neneigiamas parametras, apibūdinantis dydžio verčių, priskirtų matuojamajam dydžiui, sklaidą, pagrįstą naudojama informacija;

8.18. **neveikos trukmė** – matavimo trukmės dalis, per kurią matavimo prietaisas (spinduliuotės detektorius) nesugeba atpažinti atskirų impulsų. Vienetas – procentas (%);

8.19. **pamatinė medžiaga** – pakankamai vienalytė ir stabilių nurodytų savybių medžiaga, kuri buvo paruošta tinkamam jos naudojimui atliekant matavimus arba tiriant kokybinius požymius;

8.20. **pasiklivimo intervalo ribos** – vertės, apibrėžiančios pasiklivimo intervalą, kuriame yra matuojamasis dydis su nurodyta tikimybe;

8.21. **pusėjimo trukmė** – vidutinis laiko tarpas, per kurį skyla pusė visų radionuklido mėginio branduolių;

8.22. **radionuklidas** – atomo branduolys, kuriam būdingas radioaktyvusis skilimas;

8.23. **savitasis aktyvumas** – mėginio aktyvumo ir jo masės dalmuo. Vienetas – bekerelis kilogramui (Bq/kg);

8.24. **sertifikuotoji pamatinė medžiaga** – pamatinė medžiaga, turinti autoritetingos įstaigos publikuotus dokumentus ir, naudodama tinkamas procedūras, teikianti vieną ar daugiau nurodytos savybės verčių su susijusiomis neapibrėžtimis ir sietimis;

8.25. **spektrometro efektyvumo kalibravimas** – spektrometro efektyvumo priklausomybės nuo energijos nustatymas;

8.26. **spinduliuotės detektorius** – įtaisas spinduliuotei aptikti;

8.27. **sprendimo riba** – nustatyta matuojamojo dydžio, kuriuo kiekybiškai išreiškiamas reiškinys, vertė, pagal kurią sprendžiama, ar vyksta matuojamasis fizikinis reiškinys. Kai matuojant gaunama vertė yra didesnė už nustatytą vertę, galima teigti, kad fizikinis reiškinys vyksta;

8.28. **tuščiasis mėginys** – matavimo indas su matuojamiesiems mėginiams identiška ar kuo panašesnių savybių (tankis, sudėtis ir pan.) medžiaga;

8.29. **tūrinis aktyvumas** – mėginio aktyvumo ir jo tūrio dalmuo. Vienetas – bekerelis kubiniam metrui (Bq/m³).

IV. TYRIMO EIGA

9. Reagentai ir medžiagos:

9.1. azoto rūgštis $c(\text{HNO}_3)=15,8 \text{ mol/l}$ vandens mėginių konservavimui (parūgštinimui iki $\text{pH}<2$);

9.2. cheminiai reagentai indų paruošimui:

9.2.1. druskos rūgšties tirpalas $c(\text{HCl})=1 \text{ mol/l}$;

9.2.2. azoto rūgšties tirpalas $c(\text{HNO}_3)=1 \text{ mol/l}$;

9.3. etilo alkoholis, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, 96,3% dezaktyvavimui;

9.4. skystas azotas germanio detektoriui šaldyti;

9.5. trečio grynumo laipsnio analizės vanduo.

10. Prietaisai ir įrenginiai:

10.1. gama spektrometrinė sistema (1 priedas);

10.2. įprasta laboratorinė įranga mėginių paruošimui.

11. Pamatinės medžiagos:

11.1. pamatinė medžiaga (PM) energiniam kalibravimui. Gali būti naudojamas vienas ar keli žinomos izotopinės sudėties jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai su gama spinduliuotės energijomis tiriamajame energijų intervale. Pasirenkamos tokios PM, kad tiriamajame energijų intervale būtų tolygiai išdėstytos bent 9 smailės. Rekomenduojamos ilgaamžių radionuklidų

turinčios PM (pvz., Eu-152, Am-241, Co-60, Cs-137 ir pan.);

11.2. sertifikuotoji pamatinė medžiaga (SPM) efektyvumo kalibravimui. Gali būti naudojamas vienas ar keli žinomos izotopinės sudėties jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai su žinoma radionuklidų aktyvumo neapibrėžtimi, įvertinta pagal nacionalinius ar tarptautinius standartus. Pasirenkamos tokios SPM, kad smailės būtų tolygiai išdėstytos tiriamajame energijų intervale. Radionuklidų, kurių energija yra $40 \text{ keV} < E < 100 \text{ keV}$ intervale, efektyvumo kalibravimui turi būti naudojamas šaltinis, kuriame yra konkretūs matuojami radionuklidai. Energijų intervale $100 \text{ keV} < E < 2000 \text{ keV}$ gali būti naudojami šie radionuklidai, pavyzdžiui, Mn-54, Co-57, Zn-65, Sr-85, Y-88, Cd-109, Sn-113, Cs-137, Ce-139 ir kt.

SPM forma ir tūris turi atitikti matuojamų mėginių formą ir tūrį, o tankis bei savitasis aktyvumas turi būti artimi mėginių tankiui bei savitajam aktyvumui. Neturint tinkamos SPM, reikalingas laboratorijos pamatinis šaltinis, gaminamas skiedžiant sertifikuotą pamatinį radionuklidų tirpalą parūgštintu (1 ml koncentruotos azoto rūgšties į 1 l vandens) distiliuotu vandeniu arba matuojamajai medžiagai artimos sudėties vienalyčiu užpildu. Laboratorijos pamatiniai šaltiniai gali būti gaminami ir iš biraus SPM;

11.3. ilgaamžio radionuklido šaltinis kokybės valdymui vykdyti. Rekomenduojamas taškinis (-iai) uždaras (-ieji) šaltinis (-iai) su radionuklidais, turinčiais gama linijas su energija apie 100 keV ir $> 1300 \text{ keV}$, mažų ir didelių energijų spektro dalių tikrinimui.

Pastaba. SPM gali būti naudojamos ir energiniam kalibravimui.

12. Kitos priemonės:

12.1. mėginių matavimo indai (Marinelli indai, cilindrinės kiuvetės, lėkštelės ir kt.) su dangčiais ar užsandarinimo galimybe;

12.2. priemonės ir indai mėginių paėmimui priklausomai nuo mėginio tipo ir mėginių paėmimo metodo;

12.3. priemonės ir indai mėginių paruošimui priklausomai nuo mėginio tipo ir naudojamo paruošimo metodo.

13. Mėginių paėmimas:

13.1. kadangi gama spektrometrinis metodas tinka radionuklidų aktyvumams įvairiuose objektuose matuoti, gali būti taikomi įvairūs mėginių ėmimo metodai (2 priedo [1–3, 6, 9–11]). Ėmimo metodas pasirenkamas atsižvelgiant į tiriamo objekto bei matuojamojo radionuklido prigimtį, aktyvumą ir reikalingą matavimo tikslumą. Mėginių paėmimui laboratorija turi taikyti Lietuvos Respublikoje įteisintus LST, LST EN, LST EN ISO, LST ISO standartus, Lietuvos aplinkos apsaugos normatyvinius dokumentus (LAND), ISO standartus, kitus oficialiai pripažintus metodus, EK, TATENA ir kitų tarptautinių institucijų rekomendacijas;

13.2. indai, naudojami mėginių paėmimui, praplaunami 1 mol/l druskos rūgšties tirpalu, o po to 1 mol/l azoto rūgšties tirpalu bei trečio grynumo laipsnio analizės vandeniu;

13.3. paimti mėginiai patikimai (vandeniu nenuplaunamu markeriu arba etikete su užrašu) pažymimi ir apsaugomi nuo kryžminės taršos. Vandens mėginiai priklausomai nuo laiko trukmės tarp mėginio paėmimo ir tyrimo atlikimo, gali būti konservuojami (2 priedo [2]);

13.4. paėmus mėginį, užpildomas mėginio paėmimo protokolai, kuriame turi būti nurodytas objekto pavadinimas, mėginių paėmimo vieta, data ir laikas (oro mėginiais pradžios ir pabaigos), mėginio rūšis, indų talpa mėginiams imti ir jų numeriai arba mėginio numeris, mėginių paėmimą reglamentuojantys dokumentai, mėginius ėmusių darbuotojų pareigos, vardas ir pavardė, kita reikalinga tyrimams atlikti informacija.

14. Mėginių paruošimas [7.2, 7.3], (2 priedo [6, 9–11]):

14.1. kai medžiagos savitasis (tūrinis) aktyvumas pakankamas, mėginiai matuojami tiesiogiai jų nekoncentravus ir chemiškai neapdorojus. Šiuo atveju aplinkos elementų mėginiai ruošiami taip:

14.1.1. iš dirvožemio mėginio pašalinamos augalų dalys (augalų kuokštai, šaknys ir pan.), akmenukai, kitokios pašalinės medžiagos, jis yra susmulkinamas, džiovinamas kambario temperatūroje, pakartotinai susmulkinamas, sijoamas, džiovinamas ventiliuojamoje džiovinimo spintoje (105 ± 10)°C temperatūroje (norint išmatuoti lakius radionuklidus, džiovinama (40 ± 5)°C arba kambario temperatūroje) iki pastovaus svorio, dar kartą susmulkinamas ir prasijojamas. Tyrimui naudojama tik persijota frakcija, kuri supilama į matavimo indą;

14.1.2. dugno nuosėdų mėginys ruošiamas tyrimui analogiškai, kaip dirvožemio mėginys (15.1.1 p.), tik pradiniam paruošimo etape, jeigu reikia (vizualiai matomas skystis), mėginys paliekamas nusistovėti ir skystis dekantuojamas;

14.1.3. vandens mėginys, išmatavus jo tūrį arba pasvėrus, supilamas į matavimo indą;

14.1.4. biologinių objektų mėginių savitieji aktyvumai matuojami nedžiovintoje arba sausoje medžiagoje. Gyvūnų (tarp jų žuvų) audinių savitasis aktyvumas vertinamas nedžiovintoje, o augmenijos (tiek sausumos, tiek vandens) – sausoje medžiagoje:

14.1.4.1. atskiriamos atitinkamos tyrimui reikalingos gyvūno ar žuvies dalys ir susmulkinamos iki homogeniškos masės. Tyrimui reikalingas mėginio kiekis sudedamas į matavimo indą;

14.1.4.2. augmenijos mėginiai gali būti džiovinami įvairiais būdais: paskleisti padėkle plonu sluoksniu kambario temperatūroje (tinkamiausias būdas, tiriant lakius radionuklidus), džiovinimo krosnyje (105 ± 10)°C temperatūroje, naudojant šaldomąjį džiovinimą. Prieš džiovinimą iš mėginio turi būti pašalinami akmenukai, kriauklės ir kt. pašalinės medžiagos. Jeigu mėginyje yra smėlio, prieš džiovinimą mėginys praplaunamas 3 grynumo laipsnio analizės vandeniu. Mėginys džiovinamas iki pastovaus svorio ir homogenizuojamas. Tyrimui reikalingas mėginio kiekis sudedamas į matavimo indą;

14.2. visais atvejais matavimo indas pripildomas pilnas arba iki nustatytos žymės ir uždengiamas dangčiu;

14.3. kai mėginių savitieji aktyvumai nepakankami, aptikimo ribai sumažinti mėginį būtina koncentruoti. Koncentravimas atliekamas mėginio paėmimo metu, pvz., per aktyvuotos anglies ar oro aerolių filtrą, prasiurbiant didelį oro kiekį, arba laboratorijoje, mėginį ruošiant matavimui:

14.3.1. aktyvuotos anglies filtras, per kurį prasiurbtas žinomas oro tūris, matuojamas tiesiogiai, be jokio paruošimo;

14.3.2. oro aerolių filtro mėginys, per kurį prasiurbtas žinomas oro tūris, presuojamas į tabletę. Supresuota tabletė perkeliama į matavimo indą;

14.3.3. iškritų mėginys, surinktas ant medvilninės medžiagos planšetės, sudeginamas (450 ± 10)°C temperatūroje. Pelenai perkeliama į matavimo indą ir supresuojami;

14.3.3. išdžiovinti biologinių objektų mėginiai sudeginami. Pelenai supilami į matavimo indą, suslegiami ir pasveriami;

14.3.4. vandens mėginys (10 – 200 l tūrio) koncentruojamas vienu iš šių būdų: garinimo, nusodinimo cheminiais reagentais, sorbavimo jonitinėmis dervomis arba cheminėmis medžiagomis impregnuotais filtrais. Radionuklidų nuostoliams sumažinti pasemtas vandens mėginys iš karto parūgštinamas pagal 2 priedo [2] reikalavimus. Koncentruojant mėginį paėmimo metu, galima išvengti radionuklidų nuostolių bei supaprastinti mėginių transportavimą bei saugojimą. Garinimo privalumas tas, kad sukongcentruojami visi radionuklidai (išskyrus lakiuosius). Tačiau reikia

atkreipti dėmesį, kad garinant mineralizuotą vandenį didelė druskų koncentracija trikdo vandens garinimą. Mėginys gali būti garinamas iki reikalingo matavimui tūrio arba, jeigu vanduo nehomogeniškas arba garinimo metu iškrenta netirpios nuosėdos, iki sausos liekanos. Liekana džiovinama iki pastovaus svorio;

14.4. mėginio svėrimas. Prieš matavimus visi mėginiai, kuriems vertinamas savitasis aktyvumas, pasveriami;

14.5. mėginio žymėjimas. Matavimo indas patikimai pažymimas, ant jo ar ant priklijuotos etiketės vandeniui nenuplaunamu žymekliu užrašant mėginio kodą, masę (be indo masės) arba mėginio tūrį ir mėginio paėmimo datą (oro mėginiams mėginio paėmimo pradžios ir pabaigos datą);

14.6. matavimo indo parinkimas. Mažai aktyviems, didelio tūrio vienalyčiams biriems ir skystiems, dažniausiai nekoncentruotiems mėginiams naudojami nuo 0,5 iki 3,0 l talpos Marinelli indai. Kai mėginių tūris mažas arba itin didelis jų aktyvumas, naudojami cilindriniai 20-100 ml talpos indai arba lėkštelės su dangteliais;

14.7. kryžminė tarša. Ruošiant mėginius, svarbu išvengti kryžminės taršos, todėl mėginių ėmimo įrenginiai, talpos ir mėginių ruošimo vieta turi būti laikomi švarūs (dezaktyvuoti). Matavimui paruoštų mėginių nelaikykite greta ruošiamų mėginių, o indus uždenkite – sumažinsite mėginių kryžminio užsiteršimo galimybę. Visi įrankiai ir priemonės, naudotos ruošiant mėginį, turi būti nuplaunamos tekančiu vandeniu. Jeigu mėginyje esančio bent vieno radionuklido aktyvumas viršija nereguliuojamą lygį, šie įrankiai ir priemonės turi būti dezaktyvuoti etilo alkoholiu. Ypatingai atsargiai reikia elgtis su skystais mėginiais, neišlaistyti mėginio iš matavimo indo. Matavimo indo dangtelį reikia gerai uždaryti pernešant mėginį. Jei mėginys buvo išlietas, matavimo indą bet kuriuo atveju reikia dezaktyvuoti iš išorės. Matavimo indus reikia išplauti ir dezaktyvuoti iš karto po to, kai mėginys išimamas iš jų. Įrankiai ir paviršiai nuplaunami ir dezaktyvuojami iš karto po mėginio paruošimo. Naudoti įrankiai, ištuštinti matavimo indai ir paviršiai negali būti palikti nedezaktyvuoti, nes radionuklidai gali įsigerti į medžiagą.

15. Gama spektrometro kalibravimas:

15.1. kalibravimo metu yra nustatomi šie gama spektrometrų parametrai:

15.1.1. energijos ir spektrometro kanalo, atitinkančio tą energiją, ryšys (energinis kalibravimas);

15.1.2. efektyvumo priklausomybė nuo energijos geometrijai, kuriai kalibravimas atliekamas (efektyvumo kalibravimas);

15.2. skiriami du detektorių kalibravimo tipai – pradinis kalibravimas ir pakartotinis kalibravimas:

15.2.1. pradinis kalibravimas atliekamas:

15.2.1.1. pirmą kartą instaliuojant sistemą;

15.2.1.2. po pastebimos sistemos konfigūracijos ar sudedamųjų dalių pakeitimų (t. y. perkėlus ją į kitą vietą, pakeitus detektorius);

15.2.1.3. kai pradedama naudoti nauja matavimo geometrija;

15.2.2. pakartotinis kalibravimas atliekamas tarpinio patikrinimo metu nustačius, kad spektrometro energinis kalibravimas pakito taip, jog kontroliuojamieji parametrai nuo vidutinės vertės nukrypo daugiau negu nustatytos kontrolinės ribos;

15.3. gama spektrometro energinis kalibravimas:

15.3.1. energinio kalibravimo tikslas – susieti spektrometro kanalo numerį su gama kvantų energija. Energinis kalibravimas atliekamas pradedant naudoti naują prietaisą, po jo remonto ar derinimo arba dėl kitų veiksnių pakitus jo parametrams (kartais parametrai kinta pasikeitus

temperatūrai laboratorijoje bei matuojant labai aktyvų mėginį). Nors tarp energijos ir kanalo numerio yra beveik tiesinė priklausomybė, tačiau vis tiek yra labai svarbu tiksliai priskirti kiekvieną kanalą atitinkančią energiją, pavyzdžiui, taikant eksperimentiniams taškams polinominę funkciją, kuri išreiškia šį santykį 0,1 keV ar geresniu tikslumu;

15.3.2. kalibravimo eiga. PM arba SPM patalpinama tokiu pačiu atstumu nuo detektoriaus kaip ir analizuojamieji mėginiai, įjungiamas spektro kaupimas. Spektras kaupiamas, kol galima nustatyti smailės <0,2 keV tikslumu. Sukauptas spektas įrašomas į kompiuterio atmintį, identifikuojamos linijos (nustatoma jas sukuriančių gama kvantų energija) ir nubrėžiama kalibravimo kreivė (smailės centrą atitinkančio kanalo numerio priklausomybė nuo energijos). Kalibravimo procedūra yra spektrometrinės sistemos valdymo ir spektrų apdorojimo programinės įrangos sudėtinė dalis ir sistemą galima kalibruoti automatiškai. Kalibravimas atliekamas vadovaujantis programinės įrangos gamintojo instrukcija;

15.4. gama spektrometro efektyvumo kalibravimas:

15.4.1. efektyvumo kalibravimo tikslas yra nustatyti spektrometro efektyvumo priklausomybę nuo energijos tam tikrai geometrijai. Detektoriaus efektyvumo kalibravimas atliekamas nustatant standartizuotą koeficientą specifinėms gama energijoms ir radionuklidams su žinomo aktyvumo kalibravimo šaltiniu, arba atliekant pilnos smailės efektyvumo, kaip energijos funkcijos, matavimą, t. y. efektyvumo reikšmės tarpinėms energijoms yra interpoliuojamos. Naudojant standartizuotą koeficientą, smailės ploto impulsų kiekis konvertuojamas į matuojamo radionuklido aktyvumą. Gali būti naudojamas ir matematinis kalibravimas;

15.4.2. efektyvumo kalibravimas atliekamas su SPM, laboratorijos pamatiniu šaltiniu arba atliekamas matematinis kalibravimas. Matematinio efektyvumo kalibravimo atveju efektyvumo priklausomybė nustatoma Monte Karlo skaičiavimais, atsižvelgiant į matavimo indo ir mėginio medžiagą, formą ir matmenis bei matavimo indo padėtį detektoriaus atžvilgiu. Tuo atveju, kai efektyvumo nustatymui yra naudojamas matematinis modeliavimas, pradžioje turi būti atlikti SPM matavimai bent vienoje standartinėje geometrijoje ir eksperimentiniai rezultatai sulgynti su gautais naudojant matematinį modeliavimą. Kadangi matematinio kalibravimo rezultatai priklauso ir nuo detektoriaus charakteristikų, rekomenduojama detektoriumi, kuriam planuojama taikyti matematinį efektyvumo kalibravimą, prieš naudojimą atlikti pilną gamyklinį charakterizavimą;

15.4.3. matavimo efektyvumas priklauso nuo detektoriaus ir naudojamos elektronikos nustatymų, mėginio išdėstymo detektoriaus atžvilgiu, mėginio tankio ir matavimo indo savybių, todėl efektyvumo kalibravimui naudojamo SPM arba laboratorijos pamatinio šaltinio forma, tūris ir tankis turi būti kuo artimesni matuojamų mėginių formai, tūriui ir tankiui;

15.4.4. kalibravimo eiga: SPM arba laboratorijos pamatinis šaltinis patalpinamas tokiu pačiu atstumu nuo detektoriaus kaip ir mėginiai, įjungiamas spektro kaupimas ir sukaupiamas gama spektas (ne mažiau kaip 20 000 impulsų gama smailėse, naudojamose kalibruoti). Spektro kaupimo metu neveikos trukmė negali viršyti 10 %. Sukauptas spektas įrašomas į kompiuterio atmintį. Pastaba. Jeigu energiniam kalibravimui buvo naudojamas SPM, efektyvumo kalibravimui gali būti naudojamas tas pats spektas kaip ir energiniam kalibravimui. Sukauptas spektas apdorojamas – identifikuojami radionuklidai ir apskaičiuojamas SPM esančių radionuklidų efektyvumas. Pagal apskaičiuotus efektyvumo duomenis yra kuriama efektyvumo kalibravimo kreivė. Prietaiso efektyvumo nustatymo procedūra yra spektrometrinės sistemos valdymo ir spektrų apdorojimo programinės įrangos sudėtinė dalis, todėl kalibravimas atliekamas vadovaujantis programinės įrangos gamintojo instrukcija.

16. Fono matavimas:

16.1. fonas matuojamas prieš pradedant naudoti spektrometrą mėginių matavimams ir vėliau ne rečiau kaip kartą per 12 mėnesių. Papildomi fono matavimai reikalingi: pradėjus naudoti naujo tipo matavimo indą, pakeitus švino apsaugą ar jo dalis, ką nors pakeitus gama spektrometrijos patalpoje (pvz., pastačius naujus baldus, prietaisus ir pan.);

16.2. fono matavimo eiga: ant detektoriaus tokiu pačiu atstumu nuo detektoriaus kaip ir mėginiai patalpinamas tuščiasis mėginys, įjungiamas spektro kaupimas ir sukaupiamas gama spektras. Kaupimo trukmė turi būti ne mažesnė už mėginių matavimo trukmę ir priklauso nuo būtino tikslumo. Sukauptas spektras analizuojamas – identifikuojami radionuklidai ir įvertinami spektrometro savųjų radionuklidų aktyvumai. Matavimai turi būti atliekami visų formų matavimo indams. Fono matavimo procedūra yra spektrometrinės sistemos valdymo ir spektrų apdorojimo programinės įrangos sudėtinė dalis, todėl fono matavimas ir jo priskyrimas bei atėmimas iš mėginio matavimo spektro atliekamas vadovaujantis programinės įrangos gamintojo instrukcija.

17. Mėginių matavimas:

17.1. mėginio medžiaga pripildytas matavimo indas padedamas ant matavimui paruoštos, sukalibruoto gama spektrometro, detektoriaus nustatytoje, lengvai atkartojamoje padėtyje (prietaisas turi būti kalibruotas šiai geometrinei konfigūracijai). Detektorius turi būti saugomas nuo užteršimo – matuojant didelio aktyvumo mėginius, matavimo indas su mėginiu turi būti įdėtas į polietileno maišelį arba detektorius uždengiamas polietileno plėvele;

17.2. atsižvelgiant į numatomą mėginio aktyvumą, nustatoma matavimo trukmė (kai spektrometras veikia automatinio režimu) arba užrašomas matavimo pradžios laikas ir įjungiama spektro kaupimo sistema. Matavimo trukmė turi būti tokia, kad būtų pasiekta pageidaujama skirtingų radionuklidų aptikimo riba;

17.3. spektro kaupimo metu būtina patikrinti prietaiso neveikos trukmę. Jeigu neveikos trukmė viršija 10 %, geometrinė konfigūracija turi būti pakeista (prietaisas turi būti kalibruotas šiai geometrinei konfigūracijai) – mėginys turi būti atitolintas arba sumažinta jo masė;

17.4. pasibaigus matavimo laikui, spektro kaupimo sistema išjungiama (automatiniame režime išjungiama automatiškai). Sukauptas spektras įrašomas į kompiuterio atmintį. Sukauptas spektras išanalizuojamas – naudojantis radionuklidų biblioteka (radionuklidų duomenis rekomenduojama imti iš 2 priedo [15, 16]) identifikuojami radionuklidai ir pagal iš anksto suvestus duomenis apskaičiuojamas radionuklidų aktyvumas, savitasis aktyvumas arba tūrinis aktyvumas. Radionuklidų aktyvumo mėginyje nustatymo procedūra yra spektrometrinės sistemos valdymo ir spektrų apdorojimo programinės įrangos sudėtinė dalis, todėl matavimas atliekamas vadovaujantis programinės įrangos gamintojo instrukcija. Standartinė analizės seka: smailių paieška, energijų nustatymas, radionuklidų identifikavimas, impulsų skaičiaus tiriamojoje smailėje ir foninio impulsų skaičiaus įvertinimas, aktyvumo, neapibrėžties, sprendimo ir aptikimo ribų paskaičiavimas. Atsižvelgiant į matuojamų radionuklidų prigimtį, į analizės seką gali būti įtraukti papildomi žingsniai;

17.5. jeigu turima spektrometrinės sistemos valdymo ir spektrų apdorojimo programinė įranga tokių galimybių neturi, aktyvumo, savitojo aktyvumo ar tūrinio aktyvumo skaičiavimas atliekamas pagal [7.1, 7.2, 7.3].

18. Detektoriaus dezaktyvavimas:

18.1. detektorių ir apsaugos vidinį paviršių reguliariai (kas savaitę) arba, išmatavus didelio aktyvumo mėginį, būtina valyti etilo alkoholiu sudrėkinta vata;

18.2. būtina dezaktyvuoti etilo alkoholiu detektoriaus ir/ar apsaugos vidinį paviršius, jeigu ant detektoriaus arba apsaugos viduje išsiliejo ar išsibarstė mėginys, arba fono spektre atsirado nebūdingos smailės.

19. Matavimo neapibrėžties įvertinimas:

19.1. matavimo rezultatas paprastai yra pateikiamas su matavimo neapibrėžtimi. Radionuklidų aktyvumo matavimo neapibrėžties įvertinimas yra spektrometrinės sistemos valdymo ir spektrų apdorojimo programinės įrangos sudėtinė dalis;

19.2. vertinant neapibrėžtį turėtų būti atliekamas visų sandų, tiesiogiai įtakančių galutinį rezultatą, pvz., laikymo, paruošimo, detektoriaus efektyvumo, kalibravimo, branduolinių duomenų (pusėjimo trukmės, spinduliavimo tikimybės) ir pan. neapibrėžčių įvertinimas (2 priedo [17], [18]). Skirtingų gamintojų programinės įrangos turi skirtingas galimybes. Kai kurių gamintojų programinė įranga leidžia pasirinkti automatinį bendros neapibrėžties skaičiavimą bei įsivesti papildomus neapibrėžties sandus, susijusius su mėginio paruošimu, bei galutinį rezultatą gauti su išplėstine neapibrėžtimi;

19.3. jeigu turima spektrometrinės sistemos valdymo ir spektrų apdorojimo programinė įranga tokių galimybių neturi, sprendimo ribų, aptikimo ribų ir pasiklovimo intervalo ribų skaičiavimas atliekamas pagal [7.1, 7.2, 7.3].

20. Sprendimo ribų, aptikimo ribų ir pasiklovimo intervalo ribų skaičiavimas:

20.1. sprendimo ribų, aptikimo ribų ir pasiklovimo intervalo ribų skaičiavimas yra spektrometrinės sistemos valdymo ir spektrų apdorojimo programinės įrangos sudėtinė dalis. Šis skaičiavimas atliekamas pagal (2 priedo [7]). Priklausomai nuo naudojamos programinės įrangos šie parametrai gali būti paskaičiuojami ir išvedami pagal ISO 11929, pasirinkus atitinkamą ataskaitos tipą arba aptikimo ribų vertinimą pagal ISO 11929;

20.2. jeigu turima spektrometrinės sistemos valdymo ir spektrų apdorojimo programinė įranga tokių galimybių neturi, sprendimo ribų, aptikimo ribų ir pasiklovimo intervalo ribų skaičiavimas atliekamas pagal 2 priedo [7], [7.2, 7.3].

21. Kokybės valdymas:

21.1. gama spektrometrų darbo stabilumas įvertinamas tikrinant gama spektrometro veikimo kokybę. Veikimo kokybės patikrinimas atliekamas kiekvienos mėginių serijos matavimo pradžioje, bet ne rečiau nei vieną kartą per savaitę, po elektros tiekimo nutrūkimo, praėjus 24 valandoms po detektoriaus atšildymo-atšaldymo procedūros ar, kai spektrometras pradeda dirbti nestabiliai. Tikrinami svarbiausi parametrai, kurie lemia matavimų kokybę – smailės centro energija, efektyvumas ir energinė skyra (FWHM), fonas. Patikrinimas atliekamas naudojant ilgaamžių/o radionuklidų/o šaltinį, kurio aktyvumas nebūtinai turi būti žinomas;

21.2. tarpinių patikrinimų matavimų tikslas yra nustatyti, ar šie parametrai patenka į apibrėžtų intervalų ribas. Remiantis šiais matavimais patikrinama, ar: a) sistema veikia gerai, ar b) sistema veikia nustatytų intervalų ribose, tačiau įspėjama, kad gali kilti problemų (rezultatai yra už įspėjamosios ribos), ar c) sistema veikia nepatenkinamai ir reikia imtis koregavimo veiksmų (rezultatai yra už kontrolinės ribos);

21.3. veikimo kokybės patikrinimas gali būti atliekamas naudojant specialią programinės įrangos kokybės valdymo funkciją arba atliekant kokybės valdymui naudojamo šaltinio matavimą pagal standartinį matavimo algoritmą;

21.4. veikimo kokybės patikrinimo eiga: iš pradžių atliekamas fono matavimas. Po to atliekamas spektrometro kokybės patikrinimas. Tam tikslui ant detektoriaus uždedamas patikrinimui

naudojamas šaltinis, uždaroama švino apsauga, sukaupiamas gama spektras (ne mažiau kaip 20 000 impulsų spektre) ir atliekama spektro analizė;

21.5. kokybės kontrolės metu gauti rezultatai pavaizduojami kontrolinėse diagramose (efektyvumas, energinė skyra, smailės centro energija, fonas). Naudojantis specialia programinės įrangos kokybės valdymo funkcija, tai bus padaryta automatiškai pačioje programoje;

21.6. pagal matavimo rezultatų nuokrypį nuo vidurkio (skaičiuojamą iš visų prieš tai gautų to paties tipo duomenų) vertinamas gama spektrometro veikimas:

21.6.1. jei šis nuokrypis neišeina už įspėjamosios ribos (2 s standartinių nuokrypių), sistema veikia gerai;

21.6.2. jei nuokrypis yra tarp įspėjamosios ir kontrolinės ribos (2 ir 3s), sistema dirba patenkinamai, priemonių imtis nereikia, tačiau įspėjama, kad gali kilti problemų, todėl reikia atidžiau sekti spektrometro darbą;

21.6.3. kai nuokrypis išeina už kontrolinės ribos (didesnis negu 3s), sistema dirba nepatenkinamai ir reikia nedelsiant nutraukti matavimus su spektrometru bei nustatyti tokio nuokrypio priežastis. Tai gali būti susiję su sistemoje atsiradusiais elektriniais triukšmais, techninėmis elektroninių komponentų problemomis, detektoriumi, temperatūros ar drėgmės padidėjimu. Jeigu iškilusios problemos susijusios su sistemos technine būkle ar vienos iš jos sudėtinių dalių gedimu, kreipiamasi į įmonę, autorizuotą sistemos gamintojo atstovą.

22. Reikalavimai elektros tiekimui ir aplinkos sąlygoms:

22.1. stabilaus ir nenutrūkstamo elektros energijos tiekimo užtikrinimui rekomenduojama gama spektrometrinę sistemą į elektros tinklą jungti per nuolatinės energijos maitinimo šaltinį;

22.2. patalpoje, kurioje atliekami gama spektrometriniai matavimai, turi būti palaikoma stabili, ne aukštesnė kaip 27°C temperatūra. Tinkamoms klimatinėms sąlygoms gama spektrometrijos patalpoje palaikyti įrengiamos kondicionavimo sistemos.

23. Specialieji atvejai:

23.1. radiacinių avarių ir ypatingųjų situacijų atvejais džiovinimo, deginimo bei kitos koncentravimo procedūros neatliekamos ir radionuklidų savitieji aktyvumai skaičiuojami esant grynai masei. Matuojant didelio aktyvumo mėginius (pvz., kai aktyvumas viršija 10^4 Bq), taikomas mėginio skiedimas (pvz., vandens mėginiams) arba didinamas atstumas tarp detektoriaus ir matavimui paimtos mėginio dalies (žr. 17.3 p.);

23.2. mėginys nedinginamas, jeigu yra tikimybė, kad jis gali būti užterštas jodo radionuklidais, pasižyminčiais lakumu, kurių aktyvumus būtina matuoti.

Priedo pakeitimai:

Nr. [D1-982](#), 2013-12-20, Žin., 2013, Nr. 138-6964 (2013-12-30); paskelbta TAR 2013-12-31, i. k. 2013-00082

LAND 36-2013. Aplinkos objektų taršos
radionuklidais matavimas – gama spektrometriniai
mėginių tyrimai spektrometru, turinčiu germanio
detektorių
1 priedas (informacinis)

GAMA SPEKTROMETRINĖ SISTEMA [7.2]

1. Gama spektrometriniams tyrimams atlikti reikalinga gama spektrometrinė sistema, susidedanti iš:

1.1. gryno germanio detektoriaus;

1.2. aukštos įtampos šaltinio;

1.3. pradinio stiprintuvo. Nuo jo priklauso visos sistemos kokybė, kadangi nuo pradinio stiprintuvo savybių priklauso triukšmo lygis ir energinė skyra;

1.4. kriostato arba elektrinio šaldytuvo, detektoriaus palaikymui skysto azoto temperatūroje. Žema veikimo temperatūra padeda sumažinti detektoriaus ir pradinio stiprintuvo srovės nuotėkius ir elektrinio triukšmo lygį. Rekomenduojama, kad sistemoje būtų įdiegtos automatinio išjungimo ir išėjimo temperatūros pakilimo atveju, funkcijos. Germanio detektoriai gali būti saugomi kambario temperatūroje, tačiau prieš aukštos įtampos įjungimą turi būti atšaldomi. **Detektorių atšaldykite ar atšildykite bei elektros srovę įjunkite ar išjunkite griežtai pagal gamintojo instrukciją!**

1.5. švininės arba geležinės apsaugos. Siekiant sumažinti išorinės spinduliuotės dėl gamtinių radionuklidų poveikio įtaką, detektorius turi būti ekranuojamas iš visų pusių (įskaitant ir apačią). Naudotinas “senas” švinas, kuriame yra mažiau radioaktyviojo ^{210}Pb ($T_{1/2} = 21$ metai). Matuojant 40-100 keV energijų intervale, siekiant išvengti neigiamo švino Rentgeno spinduliuotės poveikio, apsauga iš vidaus padengiama kelių milimetrų storio vario, kadmio ir, pavyzdžiui, polimetilmetakrilato sluoksniu;

1.6. pagrindinio stiprintuvo. Pagrindinis stiprintuvas turi užtikrinti įėjimo ir išėjimo signalo linijiškumą, turėti impulso formavimo galimybes;

1.7. daugiakanalio analizatoriaus. Optimalus turimų kanalų kiekis priklauso nuo energinės skyros ir naudojamo energijų intervalo. Geros skyros užtikrinimui energijų intervale reikia 4096–8192 kanalų;

1.8. kompiuterio, įskaitant periferinius įrenginius ir programinę įrangą. Kompiuteris naudojant turimą techninę ir programinę įrangą turi turėti galimybę:

1.8.1. nuskaityti duomenis iš analizatoriaus, atvaizduoti juos monitoriuje ir išsaugoti atmintyje bei atspausdinti;

1.8.2. nustatyti sąryšį tarp kanalo numerio ir atitinkamos energijos nustatytame energijų intervale (energinis kalibravimas), naudojant atitinkamą PM ar SPM;

1.8.3. nustatyti efektyvumo priklausomybę nuo energijos nustatytame energijų intervale (efektyvumo kalibravimas), naudojant atitinkamą SPM;

1.8.4. vykdyti smailių paiešką, nustatyti aptiktų smailių savybes, tokias kaip smailės centro vieta, energinė skyra (FWHM), impulsų kiekį smailėje ir šio kiekio neapibrėžtį;

1.8.5. atpažinti radionuklidus pagal smailes, naudojantis radionuklidų bibliotekomis;

1.8.6. apskaičiuoti atitinkamo radionuklido aktyvumą pagal impulsų kiekį, matavimo laiką, matavimo efektyvumą ir kitus radionuklidų duomenis, esančius radionuklidų bibliotekoje.

Apskaičiuoti identifikuotų radionuklidų aktyvumo standartinę neapibrėžtį;

1.8.7. apskaičiuoti sprendimo ir aptikimo ribas radionuklidams, kuriuos norėta išmatuoti, bet jie mėginyje neaptikti;

2. Automatiškai analizuojant spektrus, operatoriaus darbas yra efektyvesnis, tačiau galimos klaidos dėl neteisingai įvestų duomenų, netinkamai išanalizuoto spektro ir radionuklidų identifikavimo, todėl rekomenduojama periodiškai peržiūrėti spektrą. Operatorius turi būti pakankamai kvalifikuotas, kad galėtų teisingai įvertinti gautus rezultatus. Esant poreikiui, radionuklidų nustatymas ir skaičiavimas gali būti atliekami rankiniu būdu.

3. Detektorius yra pagrindinis spektrometrinės sistemos elementas. Jis gali būti koaksialinės (jautri sritis yra iš detektoriaus galo ir šonų), plokščios (jautri sritis yra iš detektoriaus galo) arba “šulinio” formos (detektoriaus jautrioje srityje yra mėginiui skirta ertmė). Koaksialiniai detektoriai yra tinkamiausi, kai tenka matuoti didelio tūrio mažai aktyvius (dažniausiai neapdorotus) mėginius. Jie paprastai naudojami su Marinelli formos (turinčiais detektoriaus skersmenį atitinkančią ertmę) matavimo indais. Plokšti detektoriai dažniau naudojami su cilindro ar lėkštelės formos matavimo indais. Kai turimos medžiagos kiekis yra santykinai mažas (pavyzdžiui, sukoncentravus kelis šimtus litrų vandens ar sudeginus didelį kiekį žolės), tinkamiausi – “šulinio” tipo detektoriai (šiuo atveju nebūtinai mėginio vienalytiškumas). Matuojant mažų energijų srityje (<100 keV), naudojami detektoriai su langu, gerai praleidžiančiu mažų energijų gama kvantus. Gama kvantų energinė skyra ^{60}Co 1,33 MeV gama spinduliu srityje neturėtų viršyti 2 keV.

LAND 36-2013. Aplinkos objektų taršos
radionuklidais matavimas – gama spektrometriniai
mėginių tyrimai spektrometru, turinčiu germanio
detektorių
2 priedas (informacinis)

BIBLIOGRAFIJA

1. LST EN ISO 5667-1:2007+AC:2007. Vandens kokybė. Mėginių ėmimas. 1 dalis. Mėginių ėmimo programų ir būdų sudarymo nurodymai (ISO 5667-1:2006).
2. LST EN ISO 5667-3:2013. Vandens kokybė. Mėginių ėmimas. 3 dalis. Vandens mėginių konservavimas ir tvarkymas (ISO 5667-3:2012).
3. LST ISO 5667-14:2011. Vandens kokybė. Mėginių ėmimas. 14 dalis. Nurodymai, kaip imti gamtinio vandens mėginius ir užtikrinti jų tvarkymo kokybę (tapatus ISO 5667-14:1998).
4. LST ISO 80000-10:2010. Dydžiai ir vienetai. 10 dalis. Atomo ir branduolio fizika (tapatus ISO 80000-10:2009).
5. ISO 18589-1:2005. Measurement of radioactivity in the environment – Soil – Part 1: General guidelines and definitions.
6. ISO 18589-2:2007. Measurement of radioactivity in the environment – Soil – Part 2: Guidance for the selection of the sampling strategy, sampling and pre-treatment of samples.
7. ISO 11929:2010. Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation – Fundamentals and application.
8. JCGM 200:2012. International Vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM). 3rd edition.
9. „Collection and preparation of bottom sediment samples for analysis of radionuclides and trace elements“. IAEA, Vienna, 2003. IAEA-TECDOC-1360.
10. Multi-Agency Radiological Laboratory Analytical Protocols Manual. Volume II: Chapters 10 – 17 and Appendix F. NUREG-1576, EPA 402-B-04-001B, NTIS PB2004-105421, 2004.
11. HASL-300. EML Procedures Manual, 28th Edition, 1997.
12. Valiukėnas V., Žilinskas P. J. Penkiakalbis aiškinamasis metrologijos terminų žodynas – Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos institutas, 2006.
13. Lietuvos Respublikos terminų bankas: <http://terminai.vlkk.lt/pls/tb/tb.search>.
14. Lietuvos standartizacijos departamentas. Terminų duomenų bazė: http://www.lsd.lt/typo_new/index.php?id=159.
15. Bureau International des Poids et Mesures, Table of Radionuclides, Monographie BIPM-5, 2004 (<http://www.bipm.org/en/publications/monographie-ri-5.html>).
16. OECD Nuclear Energy Agency. Java-based Nuclear Data Display Program, <http://www.oecd-neo.org/janis>.
17. EURACHEM/CITAC Guide CG 4, Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement. Third Edition.
18. Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements. IAEA, VIENNA, 2004. IAEA-TECDOC-1401. ISBN 92-0-108404-8. ISSN 1011-4289.
19. Gilmore G., Hemingway J.D. Praktinė gama spektrometrija, John Wiley & Sons, Chichester, 1995 (anglų k.). Practical gamma ray spectrometry, John Wiley & Sons, Chichester, 1995.

Pakeitimai:

1.

Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, Įsakymas

Nr. [D1-228](#), 2005-05-03, Žin., 2005, Nr. 59-2083 (2005-05-10), i. k. 105301MISAK00D1-228

Dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2000 m. spalio 16 d. įsakymo Nr. 417 "Dėl normatyvinių dokumentų, reglamentuojančių aplinkos elementų užterštumo radionuklidais matavimus, patvirtinimo" pakeitimo

2.

Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, Įsakymas

Nr. [D1-982](#), 2013-12-20, Žin., 2013, Nr. 138-6964 (2013-12-30); paskelbta TAR 2013-12-31, i. k. 2013-00082

Dėl Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2000 m. spalio 16 d. įsakymo Nr. 417 "Dėl normatyvinių dokumentų, reglamentuojančių aplinkos elementų užterštumo radionuklidais matavimus, patvirtinimo" pakeitimo