



Հայաստանի կենսաբ. հանդես, 3 (72), 2020

ՄՅՆՈՒՆՏՈՎ ՏԵՂԱՓՈԽՎՈՂ ՈԱԴԻՈՆՈՒԿԼԻԴՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆՈՒՄ ԱՃՈՂ ՄԱՍՈՒՆԵՐՈՒՄ

Ն.Է. ՄՈՎՍԻՍՅԱՆ

ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգանոսֆերային հետազոտությունների կենտրոն
ասպիրանտ, լաբորանտ-հետազոտող
nona.movsisyan@cens.am

Գնահատվել են Հայաստանի տարածքում աճող մամուռներում մթնոլորտով տեղափոխվող տիեզերածին ռադիոնուկլիդ Be-7-ի և տեխնածին Cs-137-ի ակտիվության մակարդակները: Մամուռների սմուլառումն իրականացվել է երկու ծրագրերի շրջանակներում՝ ICP Vegetation (2016) ծրագրի և Հայաստանի տարածքի ռադիոէկոլոգիական մոնիթորինգ փուլ I և II թեմատիկ ծրագրերի (2016-2020) շրջանակներում: Սմուլառվել են Հայաստանում առավել տարածված մամուռները (*Bryum argenteum*, *Homalothecium philippeanum*, *Ptilium crista-castrensis*, *Syntrichia ruralis*): Մամուռներում ռադիոնուկլիդների նույնականացման և ակտիվության մակարդակների գնահատման համար կիրառվել է գերմանիայի գերմանիումից դետեկտորով CANBERRA զամմա սպեկտրաչափ: Ռադիոնուկլիդների ակտիվության և սմուլառման տեղամասերի բացարձակ բարձրության միջև դրական կոռելյացիոն կապ նկատվել են առանձին լեռնային շրջանների պրոֆիլներում: Be-7-ի առավելագույն ակտիվությունը (7.546 Բք/գ) գրանցվել է Հայաստանի արևելքում, 1895 մ ծովի մակարդակից բարձրության վրա: Cs-137-ի առավելագույն ակտիվությունը կազմել է 0.297 Բք/գ, որը հայտնաբերվել է Արագած լեռնազանգվածի տարածքում՝ 2600 մ ծ.մ. բարձրության վրա:

Բնական ռադիոնուկլիդներ – տեխնածին ռադիոնուկլիդներ –
մթնոլորտային նստեցումներ – մամուռներ

Оценены уровни активности космогенного Be-7 и техногенного Cs-137 во мхах, произрастающих на территории Армении. Отбор проб проводился в рамках двух проектов: программы ICP Vegetation (2016) и тематических проектов “Радиологический мониторинг на территории Армении: стадии I и II” (2016-2020). Были отобраны наиболее распространенные виды мхов в Армении (*Bryum argenteum*, *Homalothecium philippeanum*, *Ptilium crista-castrensis*, *Syntrichia ruralis*). Идентификация и определение активности радионуклидов во мхах проводились с применением гамма-спектрометра CANBERRA на основе коаксиального германиевого детектора. Положительная корреляция между активностью радионуклидов и абсолютной высотой места отбора проб наблюдалась в профилях отдельных горных районов. Максимальная активность Be-7 (7.546 Бк/г) была зафиксирована на востоке Армении, на высоте 1895 м над ур. м. Максимальная активность Cs-137 (0.297 Бк/г) зафиксирована на территории массива Арагац, на высоте 2600 м над ур. м.

Природные радионуклиды – искусственные радионуклиды –
атмосферные выпадения – мхи

Activity levels of airborne cosmogenic Be-7 and artificial Cs-137 were assessed in mosses growing in the territory of Armenia. Sampling was carried out within the frames of two projects: ICP Vegetation (2016) program and “Radiological monitoring in the territory of Armenia: Phase I

and II” thematic project (2016-2020). The most abundant species in Armenia (*Bryum argenteum*, *Homalothecium philippeanum*, *Ptilium crista-castrensis*, *Syntrichia ruralis*) were sampled. High purity Germanium detector based gamma spectrometer by CANBERRA was used to identify the activity of radionuclides in mosses using the. Positive correlation between radionuclides activity and the absolute height of sampling location was observed within separate profiles of mountainous regions. The maximum activity of Be-7 (7-546 Bq/g) was recorded in the east of Armenia, at the altitude of 1895 m above sea level. The maximum activity of Cs-137 (0.297 Bq/g) was found in the territory of Aragats massif, at 2600 m above sea level.

Natural radionuclides – artificial radionuclides – atmospheric fallout – mosses

Լայն տարածվածության, կլիմայական տարբեր պայմաններում գոյատևման և մթնոլորտից աղտոտիչներ կլանելու ունակության շնորհիվ մամուռները լավագույն կենսահնդիկատրերն են մթնոլորտի աղտոտման ուսումնասիրման համար: Մեկ այլ առավելություն է այն, որ մամուռները չունեն արմատային համակարգ, այսինքն կենսական անհրաժեշտ նյութերը կլանում են տարվա բոլոր եղանակներին՝ անմիջապես մթնոլորտային տեղումներից կամ չոր նստեցումներից՝ մարմնի ողջ մակերևույթով կլանման միջոցով, հետևաբար օդային աղտոտիչների կլանման կարողությունը ավելի մեծ է, քան այլ բույսերի մոտ [6, 17]: Մամուռները կիրառելի են նաև ռադիոակտիվ նյութերով աղտոտման տարածաժամանակային պատկերը գրանցելու համար [9, 14]: Մթնոլորտով տեղափոխվող և մթնոլորտից տեղումներով և չոր նստեցումներով հեռացվող թե՛ բնական, թե՛ տեխնածին ռադիոնուկլիդների մոնիթորինգը անհրաժեշտ հիմք է հանդիսանում շրջակա միջավայրի ռադիացիոն ֆոնի դինամիկայի ուսումնասիրման համար:

Տեխնածին Cs-137-ի առկայությունը շրջակա միջավայրում հետևանք է անցյալ դարում միջուկային զենքի փորձարկումների, միջուկային վթարների և պատահարների [1, 3, 13]: Սկսած 20-րդ դարի 40-ական թթ-ից Cs-137 դարձավ գլոբալ աղտոտիչ՝ մթնոլորտով տեղափոխվելու և արտանետման աղբյուրից հեռու տարածքներ տեղափոխման ու վերաբաշխման արդյունքում: Դեպոնենտ միջավայրերում (հող, հատակային նստվածքներ) կուտակման շնորհիվ Cs-137 դարձավ կենդանի օրգանիզմների գամմա ճառագայթային դոզայի ձևավորման գործոն: Շնորհիվ կիսատրոհման մեծ պարբերության (30.2 տարի) և լինելով կալիումի քիմիական անալոգ, Cs-137-ը ամենակարևոր և վտանգավոր տեխնածին ռադիոնուկլիդներից է [11, 12, 14, 16]: Չնայած վերջին տասնամյակում ցեզիումի արտանետման խոշոր աղբյուրներ չկան (վերջինը՝ Ֆուկուսիմա ատոմակայանի պայթյունն էր 2011 թ.), Cs-137 դեռևս ենթարկվում է տրոհման և մնում է էկոլոգիապես կարևոր աղտոտիչ [10]:

Be-7 բնական տիեզերածին ռադիոնուկլիդ է, առաջանում է վերին տրոպոսֆերայում և ստրատոսֆերայում տիեզերական ճառագայթների և մթնոլորտային ազոտի և թթվածնի փոխազդեցության արդյունքում: Be-7-ի պարունակությունը կախված է տիեզերական ճառագայթների հոսքից և տեղանքի օդերևութաբանական գործոններից: Be-7-ի կիսատրոհման պարբերությունը 53 օր է: Այն տեղափոխվում է մթնոլորտում ատրոգոլներին կցված, և տեղումների ու չոր նստեցումների միջոցով հասնում երկրի մակերևույթ: Be-7-ը ատրոգոլներին կցվում է ենթամիկրոնային չափսերով, հետևաբար, ենթակա է տեղափոխման և նստեցման նույն գործոնների ազդեցությանը, ինչը ունեն ատրոգոլները, դարձնելով այն օդային զանգվածների ու մթնոլորտային փոշու ուսումնասիրման արժեքավոր իզոտոպային ինդիկատոր [5, 8, 9, 18]:

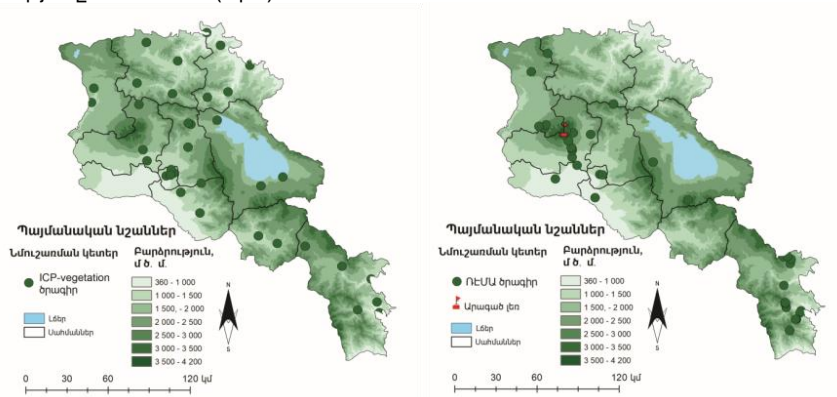
Լեռնային տարածքները կարևոր դեր են խաղում մթնոլորտով տեղափոխվող Cs-137-ի և Be-7-ի միգրացիայի գործընթացում, քանի որ դառնում են պատնեշ օդային զանգվածների բեռնաթափման համար: Cs-137-ի բաշխվածությունը երկրի մակերևույթային շերտում պայմանավորված է տարածքի տեղադիրքով և տեղական կլիմայական գործոններով՝ թաց և չոր նստեցումներ, որոնց քանակը տատանվում է ըստ բարձրության [1, 4, 13, 17]: Հայաստանի Հանրապետությունը ունի առավել բարձր

տեղադիրք Անդրկովկասի մացած երկրների հետ համեմատած. միջին բարձրությունը ծովի մակարդակից՝ 1830 մ է, իսկ ամենաբարձր կետը՝ Արագած լեռն է (4090 մ ծ.մ.): Զբ բարձրադիր շրջանները հանդիսանում են տարածաշրջանում մթնոլորտով տեղափոխվող ռադիոնուկլիդների վերաբաշխման գործոն, որը փաստում են նախկինում իրականացված բազմաթիվ հետազոտությունների արդյունքները [1, 13]: Այդ իսկ պատճառով ԶԶ-ի և ողջ տարածաշրջանի ռադիացիոն ֆոնի գնահատման տեսանկյունից կարևոր է ռադիոէկոլոգիական մոնիթորինգը, որի պարտադիր բաղադրիչն է կենսահնդիկացիոն մշտադիտարկումը: Ըստ այդմ, սույն աշխատանքում ներկայացվում են Հայաստանում աճող մամուռներում Cs-137 և Be-7 ռադիոնուկլիդների ակտիվությունը և դրա կախվածությունը տեղանքի բացարձակ բարձրությունից:

Նյութ և մեթոդ: ԶԶ-ը տեղակայված է Կովկասյան լեռնաշղթայի հարավային, Հայկական Լեռնաշխարհի հյուսիս-արևելյան մասում: Տարածքը հիմնականում լեռնային է, ծովի մակարդակից միջին բարձրությունը 1830 մ, ամենացածր կետը՝ 379 մ (Արաքս գետի կիրճ), իսկ ամենաբարձր կետը Արագած լեռնազանգվածն է, հյուսիսային 4090 մ ամենաբարձր գագաթով: Կլիման չոր ցամաքային է, բնութագրական՝ երկար, շոգ ամառներով և ցուրտ ձմեռներով [2]:

Հետազոտության համար ընտրված մամուռները նմուշառվել են 2 ծրագրերի շրջանակներում՝ ICP vegetation (UNECE)՝ «Մթնոլորտի աղտոտվածության ազդեցությունը բնական բուսականության և մշակաբույսերի վրա» միջազգային ծրագիր (<https://icpvegetation.ceh.ac.uk/>) և ԶԶ տարածքի ռադիոէկոլոգիական մոնիթորինգ (ՌԷՄԱ) թեմատիկ ծրագրի I և II փուլեր (<http://cens.am/project/radioecological-monitoring-in-Armenia-phase-ii-rem-a-ii-radioecology>):

Առաջին ծրագրի շրջանակներում 2016 թ-ին նմուշառվել են մամուռների 35 նմուշներ Հայաստանի բոլոր մարզերից: Նմուշառման տարածքի բարձրությունը՝ 468-2213 մ: 40 նմուշներ հավաքվել են 2016-2020 թթ-ին, ՌԷՄԱ ծրագրի շրջանակներում, նմուշառման կետերի բարձրությունը՝ 846-3200 մ (նկ. 1):



Նկ. 1. Մամուռների նմուշառման կետերը Հայաստանում ICP Vegetation և ՌԷՄԱ ծրագրերի շրջանակներում

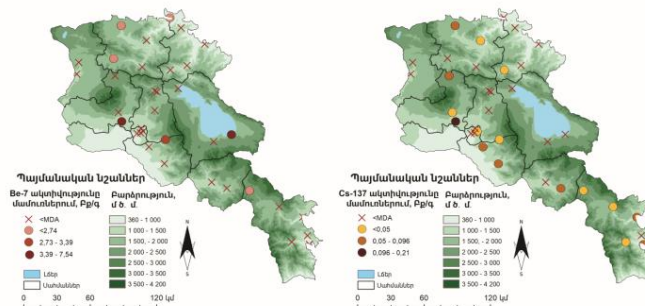
Նմուշառվել են Հայաստանում առավել տարածված մամուռների տեսակները. *Bryum argenteum*, *Homalothecium philippeanum*, *Ptilium crista-castrensis*, *Syntrichia ruralis*: Մամուռների նմուշառումն իրականացվել է համապատասխան Ատոմային էներգիայի միջազգային գործակալության (IAEA) բույսերի նմուշառման ուղեցույցի և UNECE ICP Vegetation ծրագրի մամուռների նմուշառման պահանջներին համաձայն [7, 15]: Նմուշառելուց հետո մամուռները տեղադրվել են պոլիէթիլենային տոպրակների մեջ, պիտակավորվել ու մակնշվել: Լաբորատորիա տեղափոխելուց հետո նմուշները մաքրվել են հողից և այլ նյութերից և չորացվել սենյակային ջերմաստիճանում՝ մինչև հաստատուն զանգված: Չորացած նմուշները այնուհետև կշռվել են և տեղափոխվել պլաստմասե տարաների մեջ՝ տարրալուծման համար:

Ռադիոնուկլիդների նույնականացման և տեսակակար ակտիվության գնահատման համար կիրառվել է գամմա սպեկտրաչափական համակարգ՝ CANBERRA, որը ներառում է գերմաբուր գերմանիումից դետեկտոր և DSA-1000 բազմալիքային անալիզատոր: Ստուգաչափում ըստ էներգիայի իրականացել է Cs-137, Eu-155, Na-22 կետային աղբյուրների

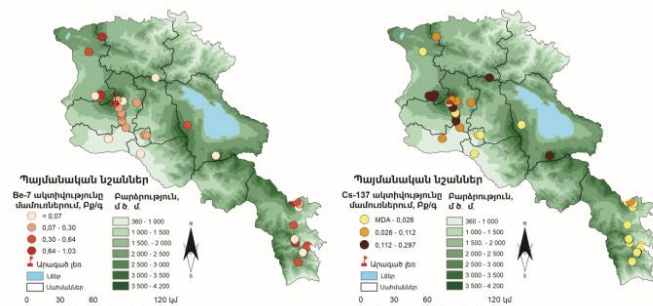
(CANBERRA) կիրառմամբ, իսկ ըստ արդյունավետության՝ LabSOCS (Laboratory Sourceless Calibration Software) ծրագրի ապահովմամբ: Սպեկտրերի վերլուծությունն իրականացվել է Genie 2000 ծրագրային միջավայրում: Ֆուրաբանցիոր նմուշի տարրալուծումը կազմել է 30000 վրկ: Գամմա ֆոնի չափումներն իրականացվել են շաբաթը մեկ անգամ՝ կիրառելով մաքուր, դատարկ տարրալուծման տարրաներ: Լաբորատոր զրակի ապահովման և վերահսկման համար ներդրվել է միջլաբորատոր փորձարկման ծրագիր՝ ՅԱԷԿ-ի Շրջակա միջավայրի պահպանության լաբորատորիայի հետ միասին, որում կիրառվել է համանման գամմա սպեկտրաչափական համակարգ: Cs-137 և Be-7-ի ակտիվությունները որոշվել են 477.6 և 661.7 կԷՎ ֆոտոպիկերում համապատասխանաբար: Be-7-ի ակտիվությունը վերահաշվարկվել է մինչև առաջնային ակտիվություն՝ նմուշառման և տարրալուծման ամսաթվերը կիրառելով: Ստացված տվյալների վերլուծությունն իրականացվել է IBM SPSS Statistics ծրագրի կիրառմամբ: Ռադիոնուկլիդների ակտիվության տարածաբաշխման բարտեզները կազմվել են ArcMap ծրագրային միջավայրերում:

Արդյունքներ և քննարկում: Be-7-ը հայտնաբերվել է նմուշների 45 %-ում, իսկ Cs-137-ը՝ 59 %-ում: Be-7-ի ակտիվությունը տատանվում էր հայտնաբերման շեմից ցածր ($<MDA$)՝ <0.005 միջև 7.54 Բք/գ սահմաններում, 1.15 Բք/գ միջին արժեքով: Տեխնածին Cs-137-ի համար ակտիվության մակարդակների միջակայքը եղել է <0.001 ($<MDA$) միջև 0.297 Բք/գ, իսկ ստացված միջին արժեքը՝ 0.075 Բք/գ: Մամուլներում բերիլիումի և ցեզիումի բաշխվածությունը ICP vegetation ծրագրի մամուլներում բերված է նկ. 2-ում:

Ինչպես երևում է նկ. 2-ից, բերիլիումի բարձր ակտիվություն գրանցվել են մամուլներում, որոնք հավաքվել են Հայաստանի կենտրոնական և արևելյան մասերից: Ակտիվության ամենաբարձր մակարդակները գրանցվել են 1895 մ-ի վրա, տեղակայված Սևանա լճի տարածքում: Cs-137-ի ակտիվության բարձր մակարդակը գրանցվել են հիմնականում Հայաստանի արևմուտքում: Ամենաբարձր ակտիվությունը՝ 0.2 Բք/գ, գրանցվել է 1075 մ բարձրության վրա: Հայաստանի տարածքի ռադիոէկոլոգիական մոնիթորինգ ծրագրի մամուլներում գրանցված ռադիոնուկլիդների բաշխվածությունը բերված է նկ. 3-ում:



Նկ. 2. Be-7 և Cs-137 ռադիոնուկլիդների բաշխվածությունը ICP vegetation ծրագրի մամուլներում

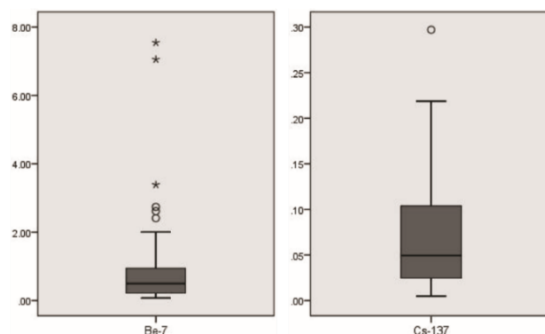


Նկ. 3. Be-7 և Cs-137 ռադիոնուկլիդների բաշխվածությունը ՌԷՄԱ ծրագրի մամուլներում

Նկ. 3-ից պարզ է դառնում, որ բերիլիումի ակտիվության բարձր մակարդակները գրանցվել են հիմնականում երկրի հյուսիսում և հարավում: Be-7-ի ամենաբարձր ակտիվությունը գրանցվել է 1417 մ-ի վրա, Արամազդ լեռան տարածքից նմուշառված մամուռում:

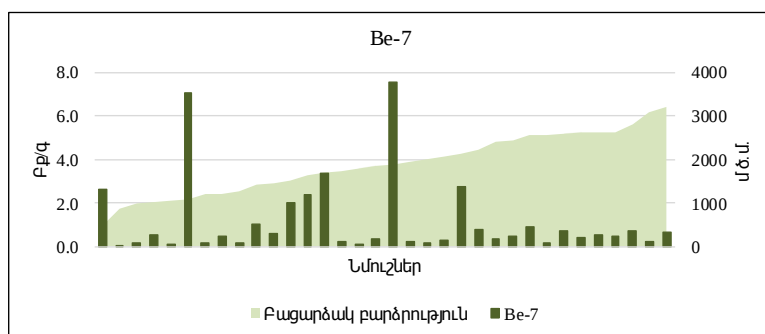
Cs-137-ի համար ակտիվության բարձր մակարդակը գրանցվել է հիմնականում Արագած լեռնազանգվածի տարածքում՝ 2000 մ և ավել բարձրություններում: Ամենաբարձր ակտիվությունը գրանցվել է 2600 մ-ի վրա (0.297 Բթ/գ): Արագած լեռան տարածքում մամուռներում ակտիվության մակարդակը աճում է բարձրության աճին զուգընթաց, քանի որ նմուշառումը իրականացվել է ըստ բարձրության՝ յուրաքանչյուր 200 մ-ից մեկ նմուշ:

Արդյունքների վիճակագրական վերլուծությունը (Shapiro-Wilk Normality test, $p < 0.05$) ցույց տվեց ընտրանքում աբնորմալ բաշխվածություն: Արժեքների բաշխվածության վրա ազդում են բերիլիումի ընտրանքում էքստրեմումները (extreme), իսկ Cs-137-ի ընտրանքում՝ բաշխվածության տիրույթից դուրս ընկած արժեքներ (outlier), որը ակներև է Նկ. 4-ում բերված բոքսպլոտերից:

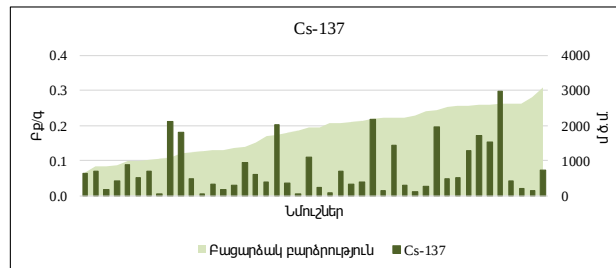


Նկ. 4. Be-7 և Cs-137-ի մամուռներում բաշխվածության բոքսպլոտեր

Նկ. 5 և 6-ից պարզ է դառնում, որ ամբողջ ընտրանքի համար չկան բաշխվածության ընդհանուր և ամբողջական օրինաչափություններ մամուռներում ռադիոնուկլիդների ակտիվության մակարդակների և նմուշառման կետերի բարձրության միջև: Նման օրինաչափություններ նկատվել են առանձին պրոֆիլներում, քանի որ թե բերիլիումի և թե ցեզիումի առավել բարձր ակտիվություն գրանցվել է բարձրադիր շրջանների մամուռներում:



Նկ. 5. Be-7 ակտիվությունը ըստ բարձրության



Նկ. 6. Cs-137 ակտիվությունը ըստ բարձրության

Միևնույն նմուշառման կետից հավաքված տարբեր տեսակների մամուռների նմուշներում համեմատությունը հետազոտվող ռադիոնուկլիդների ակտիվության մակարդակի տարբերության տեսակետից նշանակալի չէ:

Մամուռներում ռադիոնուկլիդների կուտակման նմանատիպ հետազոտություններ իրականացվել են տարբեր տարածաշրջաններում: Այդ հետազոտությունների արդյունքները համեմատվել են սույն հոդվածի շրջանակներում ստացված տվյալների հետ: Այսպես, Հունաստանի հյուսիսում մամուռներում Be-7 և Cs-137-ի ակտիվության միջին մակարդակը կազմում է 388 Բք/կգ և 35 Բք/կգ, համապատասխանաբար [14], ինչը համադրելի է սույն հետազոտության մեջ Be-7 և Cs-137-ի ակտիվության միջին մակարդակների հետ, որոնք կազմում են 1.15 Բք/գ (կամ 1150 Բք/կգ) և 0.075 Բք/գ (կամ 75 Բք/կգ), համապատասխանաբար: Մեկ այլ հետազոտության մեջ բերված է կլիմայական տարբեր գոտիներից (Սերբիա և հարավային Թաիլանդ) նմուշառված մամուռներում նշված ռադիոնուկլիդների ակտիվության մակարդակի համեմատություն [10]: Արդյունքները ցույց են տվել, որ Սերբիայում Be-7-ի ակտիվության միջին մակարդակը մամուռներում կազմել է 314 Բք/կգ, իսկ Թաիլանդում 226 Բք/կգ: Cs-137-ի համար միևնույն հետազոտության մեջ արդյունքները բավականին տարբեր են. Թաիլանդի հարավում Cs-137 չի գրանցվել մամուռներում, իսկ Սերբիայում, ընդհակառակը, գրանցվել են բարձր պարունակություններ: Համեմատելով Հայաստանի համար ստացված տվյալները նշված տարածքներում ստացված արդյունքների հետ, կարելի է ենթադրել, որ մթնոլորտային ռադիոնուկլիդների բաշխվածությունը երկրի մակերևութային շերտի միջավայրերում տարբեր է՝ պայմանավորված տվյալ տարածքի աշխարհագրական յուրահատկություններով: Հայաստանում գրանցված Be-7-ի բարձր ակտիվությունը պայմանավորված է տարածքի բարձր տեղադիրքով, որը ավելի բարձր է նշված երկրների տեղադիրքից: Cs-137-ի գրանցված ակտիվության բարձր մակարդակները Հայաստանի մամուռներում նույնպես պայմանավորված է աշխարհագրական յուրահատկություններով, բայց կարող է նաև հետևանք լինել անցյալ դարում միջուկային վթարներից Հյուսիսային կիսագնդի ռադիոակտիվ աղտոտման, քանի որ ցեզիումի ակտիվությունը դեռևս նշանակալի է՝ շնորհիվ կիսատրոհման մեծ պարբերության (30.2 տարի): Այսպիսով, պարզ է դառնում, որ մամուռները հեռանկարային օբյեկտ են աշխարհագրական տարբեր տարածքներում մթնոլորտային հոսքերով տեղափոխվող ռադիոնուկլիդների ակտիվության տարածաժամանակային գնահատման համար: Բացի այդ, տեխնածին ցեզիումի համար մամուռների հետազոտությունները կարող են նկարագրել ցեզիումի մթնոլորտային միգրացիոն ուղիները և վերաբաշխումը տարբեր տարածքներում:

Աշխատանքի հիմնական եզրակացությունը այն է, որ չի գրանցվել նշանակալի կորելացիա մամուռներում Be-7 և Cs-137 ռադիոնուկլիդների ակտիվության մակարդակի և տարածքի բացարձակ բարձրության միջև՝ ամբողջ նմուշների համար: Թե Be-7, և թե Cs-137-ի համար նկատվել է արժեքների բաշխվածության մեծ փոփոխականություն. <MDA (0.005) միևնույն 7.546 և <MDA (0.001) միևնույն 0.297 Բք/գ, համապատասխանաբար: Նմուշառման առանձին վայրերում (Արագածի լեռնագանգված, Արամազդ լեռ) նշված ռադիոնուկլիդների ակտիվության բարձր մակարդակը գրանցվել է նմուշառման

տարածքի ամենաբարձր կետերում: Be-7-ի ակտիվության առավելագույն մակարդակը գրանցվել է 1895 մ ծ.մ վրա՝ տեղակայված Հայաստանի արևելքում: Cs-137-ի ակտիվության առավելագույն մակարդակը գրանցվել է Արագած լեռնազանգվածի տարածքում՝ 2600 մ ծ.մ. բարձրության վրա: Լեռնային տարածքներում գրանցված ակտիվության բարձր մակարդակը պայմանավորված է մթնոլորտային տեղումների մեծ քանակով և ռադիոակտիվ նստեցումների մեծ հնարավորությամբ: Հետազոտության համար ընտրված տարբեր տեսակի մամուռներում նշված ռադիոնուկլիդների համար գրանցված ակտիվության մակարդակի էական տարբերություն չի դիտվել, չնայած, ավելի մեծ քանակի մամուռի նմուշներ են հարկավոր ռադիոնուկլիդների կլանման տեմպերն ուսումնասիրելու համար: Սույն հետազոտությունը համալրում է Հայաստանի Ռադիո-Էկոլոգիական տվյալների բազան՝ ավելացնելով լոկալ և տարածաշրջանային կարևորության բնույթ կրող տեղեկատվություն՝ մամուռների ելակետային ռադիոակտիվության մակարդակի մասին:

Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ ԿԳՆ Գիտության պետական կոմիտեի ֆինանսավորմամբ՝ «Հայաստանի տարածքի ռադիոէկոլոգիական մոնիթորինգ: I և II փուլեր» # IST-IE061 և # 18T-IE311 ծածկագրերով գիտական թեմաների շրջանակներում, ինչպես նաև ICP Vegetation մամուռների հետազոտության ծրագրի շրջանակներում՝ իրականացված 2016թ. ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգանոսֆերային հետազոտությունների կենտրոնի կողմից:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. *Բեյլանա Օ., Մովսիսյան Ն., Փյունկյուլյան Կ., Սաղաթեյան Ա.* Cs-137 բաշխվածությունը Արագածի հողերում և չոր մթնոլորտային նստեցումներում. ՀՀ ԳԱԱ Տեղեկագիր, Գիտություններ Երկրի մասին, 2, 57-66, 2019:
2. *Վարդանյան Մ., Վալեսյան Լ.*, Հայաստանի Ազգային Ատլաս, 2006.
3. *Balonov M.* The Chernobyl accident as a source of new radiological knowledge: Implications for Fukushima rehabilitation and research programmes. J Radiol Prot. 2013. doi:10.1088/0952-4746/33/1/27.
4. *Belivermiş M., Çotuk Y.* Radioactivity measurements in moss (*Hypnum cupressiforme*) and lichen (*Cladonia rangiformis*) samples collected from Marmara region of Turkey. J Environ Radioact. 101, 945-951, 2010. doi:10.1016/j.jenvrad.2010.06.012.
5. *Doering C., Akber R.* Beryllium-7 in near-surface air and deposition at Brisbane, Australia. J Environ. Radioact., 99, 461-467, 2008. doi:10.1016/j.jenvrad.2007.08.017.
6. *Harmens H., Norris D.A., Steinnes E., Kubin, J. Piispanen, R. Alber, Y. Aleksiyenak, O. Blum, M. Coskun, M. Damh, L. De Temmerman, J.A. Fernández, M. Frolova, M. Frontasyeva, L. González- Miqueom, K. Grodzinska, Z. Jeran, S. Korzekwa, M. Krmar, K. Kvietkus, S. Leblond, S. Liiv, S.H. Magnússon, B.Mankovská, R. Peschw, Å. Rühling, J.M. Santamariam, W. Schröderw, Z. Spiric, I. Suchara, L. Thöni, V. Urumov, L. Yurukova, H.G. Zechmeister.* Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: Spatial patterns and temporal trends in Europe. Environ. Pollut., 158, 3144-3156, 2010.
7. IAEA. Guidelines on soil and vegetation sampling for radiological monitoring. (2019).
8. *Ioannidou A, Papastefanou C.* Precipitation scavenging of ⁷ Be and radionuclides in air. J. Environ. Radioact., 85, 121-126, 2006.
9. *Krmar M., Mihailović D.T., Arsenić I., Radnović D., Pap I.* Beryllium-7 and ²¹⁰Pb atmospheric deposition measured in moss and dependence on cumulative precipitation. Sci Total Environ., 541, 941-948, 2016. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.09.083.
10. *Krmar M., Wattanavatee K., Radnović D., Slivka J., Bhongsuwan T., Frontasyeva M.V., Pavlov S.S.* Airborne radionuclides in mosses collected at different latitudes. J Environ Radioact., 117, 45-48, 2013.

11. *Mitrović B., Ajtić J., Lazić M., Andrić V., Krstić N., Vranješ B., Vićentijević M.* Natural and anthropogenic radioactivity in the environment of Kopaonik mountain, Serbia. *Environ Pollut.*, 215, 273-279, 2016.
12. *Mróz T., Łokas E., Kocurek J., Gąsiorzek M.* Atmospheric fallout radionuclides in peatland from Southern Poland. *J. Environ. Radioact.* 175-176, 25-33, 2017. doi:10.1016/j.jenvrad.2017.04.012.
13. *Pyuskyulyan K., LaMont S.P., Atoyan V., Belyaeva O., Movsisyan N., Saghatelyan A.* Altitude-dependent distribution of ¹³⁷Cs in the environment: a case study of Aragats massif, Armenia. *Acta Geochim.* 2019. doi: 10.1007/s11631-019-00334-0.
14. *Sawidis T., Tsikritzis L., Tsigaridas K.* Cesium-137 monitoring using mosses from W. Macedonia, N. Greece. *J. Environ. Manage.* 90, 2620-2627, 2009.
15. UNECE Monitoring Manual. Heavy metals, nitrogen and POPs in European mosses: 2015 survey. Monitoring manual. 2015.
16. UNSCEAR 2008 report. Sources and Effects of Ionizing Radiation. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly. United Nations. 2008.
17. *Wattanavatee K., Krmar M., Bhongsuwan T.* A survey of natural terrestrial and airborne radionuclides in moss samples from the peninsular Thailand. *J. Environ. Radioact.*, 177, 113-127, 2017. doi: 10.1016/j.jenvrad.2017.06.009.
18. *Zhong Q., Du J., Puigcorbé V., Wang J., Wang Q., Deng B., Zhang F.* Accumulation of natural and anthropogenic radionuclides in body profiles of Bryidae, a subgroup of mosses. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 26, 27872-27887, 2019.

Ստացվել է 16.06.2020