

## ԷԿՈԼՈԳԻԱ

### ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՊԵՍ ՓՈՓՈԽՎԱԾ ԲՆԱԿԱՆ ՌԱԴԻՈԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԱԼԱՎԵՐԴԻ ՔԱՂԱՔԻ ՀՈՂԵՐՈՒՄ

Դեմիրճյան Գ.Ա.<sup>1</sup>, Մովսիսյան Ն.Է.<sup>1\*</sup>, Փյունկյույան Կ.Ի.<sup>1,2</sup>,  
Սահակյան Լ.Վ.<sup>1</sup>, Սաղաթելյան Ա.Կ.<sup>1</sup>, Բեյլանա Օ.Ա.<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգիանոսֆերային հետազոտությունների կենտրոն, 0025,  
Երևան, Արմավիրի մարզ, 0911, ք. Մեծամոր

<sup>2</sup>Հայկական Ատոմային Էլեկտրակայան, ՀՀ Արմավիրի մարզ, 0911, ք. Մեծամոր  
E-mail: nona.movsisyan@cens.am  
Հանձնված է խմբագրություն 17.11.2021

Աշխատանքում ներկայացված են Ալավերդի քաղաքում իրականացված ռադիոէկոլոգիական հետազոտությունների արդյունքները: Ուսումնասիրվել են գումարային ալֆա/բետա ակտիվության ու բնական ռադիոնուկլիդների <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th և <sup>40</sup>K-ի ակտիվության բաշխվածությունը՝ լեռնահանքային համալիրի ազդեցության տակ գտնվող Ալավերդու քաղաքային հողերում:

**Հանգուցային բառեր՝** բնական ռադիոնուկլիդներ, տեխնոլոգիապես ավելացված բնական ռադիոակտիվություն, հանքարդյունաբերություն, Ալավերդի:

### Ներածություն

Լեռնահանքային արդյունաբերությունը Հայաստանի Հանրապետության տնտեսության առաջատար ճյուղերից մեկն է, սակայն, լուծելով սոցիալ-տնտեսական մի շարք հարցեր, այնուամենայնիվ բազմաթիվ բնապահպանական հիմնախնդիրների պատճառ է դառնում:

Ալավերդի քաղաքը ՀՀ խոշոր գործող հանքարդյունաբերական կենտրոններից է: Ալավերդու պղնձաձուլարանը հիմնադրվել է 1770 թ.-ին, և, վերակառուցվելով 1959-1965 թթ.-ին, գործունեությունը սկսել է որպես լեռնամետալուրգիական կոմբինատ: Վերջինիս աշխատանքը դադարեցվեց 1990 թ.-ին բնապահպանական պատճառներով, իսկ 1997-ին, կոմբինատը, ինչպես նաև Ալավերդու պղնձի հանքը, դարձավ «Մանես և Վալլեքս» ՓԲԸ-ի, ներկայումս՝ «Արմենիան Քափըր Փրոգրամ» ընկերության սեփականությունը (Мелконян, 1955; Akopyan, 2017; Vallex Group, 2020): Վերաբացումից հետո կոմբինատը արտադրում էր անգուտ պղինձ՝ կիրառելով հիմնականում Քաջարանի պղնձամուխրդենային կոմբինատի խտանյութը, ներկայումս հումքը ստացվում է «Բեյզ Մեթըլս» ընկերության Կաշենի լեռնահանքային համալիրից (Vallex Group, 2020):

ՀՀ տարբեր արդյունաբերական կենտրոններում իրականացված համալիր էկոլոգաերկրաքիմիական հետազոտությունների արդյունքներն ապացուցում են, որ լեռնահանքային կենտրոններում շրջակա միջավայրի հիմնական աղտոտիչները, ինչպես նաև էկոլոգիական ու առողջական ռիսկերի գործոն են հանդիսանում հիմնական արդյունահանվող մետաղների ակցեսորային (ուղեկից) տարրերը, ընդ որում լեռնահանքային կենտրոնների ազդեցության գոտին կարող է տարածվել արտադրական օբյեկտների տեղակայման տարածքից բավականին մեծ հեռավորության վրա (Սաղաթելյան և այլք, 2008; Карапетян и др. 2010; Сагатеян, 2004; Сагатеян и др., 2010; Sahakyan et al., 2013; 2015; Saghatelyan et al., 2012; Tepanosyan et al., 2018, 2020): Բնական ռադիոնուկլիդները, ու դրանցից հատկապես հիմնական դոզա ստեղծող իզոտոպները՝  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  և  $^{40}\text{K}$ , ևս կարելի է դասել ակցեսորային տարրերի շարքին (Belyaeva et al., 2019; Paschoa, Steinhäusler, 2010):

Ալավերդի քաղաքում բնական ռադիոակտիվության տեխնոլոգիական փոփոխությունը չի ուսումնասիրվել, մինչդեռ ռադիոէկոլոգիական հետազոտությունների կարևորությունը հիմնավորվում է այն հանգամանքով, որ գործարանում որպես հումք տարիներ շարունակ կիրառվել է Քաջարանի խտանյութը: Լեռնահանքային այդ կենտրոնում կատարված ռադիոէկոլոգիական հետազոտությունները (Belyaeva et al., 2019) վկայում են հանքաքարում, հետևաբար նաև՝ խտանյութում  $^{238}\text{U}$ - $^{226}\text{Ra}$  ու  $^{232}\text{Th}$ -ի շարքի նուկլիդների բավականին բարձր ակտիվության մասին:

Սույն հետազոտության նպատակն էր ուսումնասիրել Ալավերդու քաղաքային հողերում ռադիոլոգիական իրավիճակը, բացահայտել գոմարային ալֆա/բետա ակտիվության և բնական ռադիոնուկլիդների  $^{226}\text{Ra}$   $^{232}\text{Th}$  և  $^{40}\text{K}$  ակտիվության բաշխվածությունը ու դրանց հնարավոր աղբյուրները՝ վերհանելով տեխնոլոգիապես փոփոխված բնական ռադիոակտիվության գործոնները:

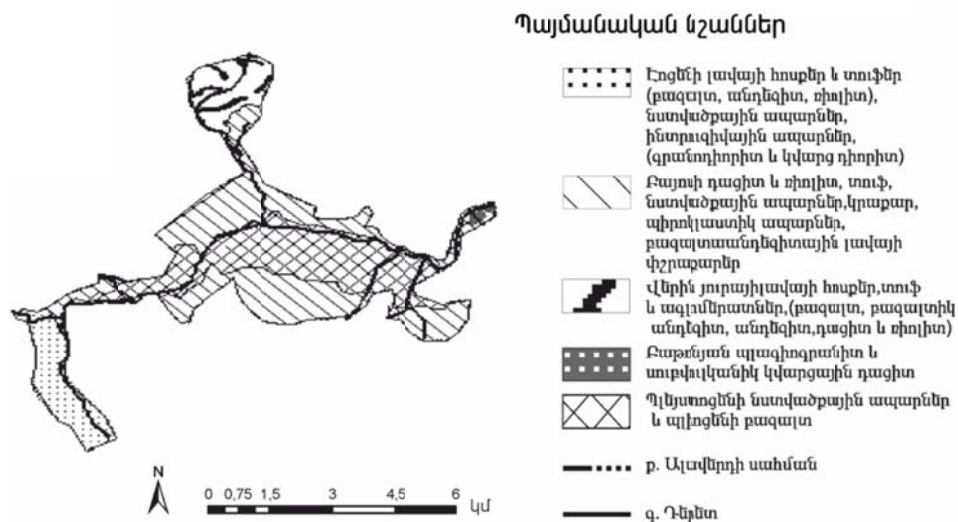
### Նյութեր և մեթոդներ

Ալավերդի քաղաքը գտնվում է Լոռու մարզում տեղակայված է Դեբեդ գետի կիրճում, Վիրահայոց և Սևորոյաց լեռնաշղթաների լանջերին, ծովի մակարդակից 750-1400մ բարձրության վրա: Տեղանքի կլիման մերձարևադարձային է, չափավոր շոգ, առավելագույնը  $+30...+35^{\circ}\text{C}$  և չորային ամառներով, մեղմ ձմեռներով, առավելագույնը  $-17...-18^{\circ}\text{C}$ : Տարեկան տեղումների միջին քանակը 551մմ (Բաղդասարյան, 1971):

Ալավերդին քաղաքային բնակավայր է դարձել 1939թ.-ին: Քաղաքի վարչական տարածքի մեջ մտնում են Ալավերդին, Ակները, Սանահինը և Մաղանը: Ալավերդին մարզկենտրոնից գտնվում է 50կմ հեռա-

վորության վրա: Ընդհանուր մակերեսը կազմում է 23.5կմ<sup>2</sup> (Nazaryan, 2009):

Քաղաքի հյուսիսային հատվածում գտնվում է Ալավերդու պղինձ-բազմամետաղային հանքավայրը: Ալավերդու հանքային շրջանը կազմված է հիմնականում հրաբխածին-նստվածքային միջին և վերին յուրային (պորֆիրիտներ, տուֆեր, տուֆոբրեկչիաներ, կերատոֆիրներ, տուֆավազաքարեր) շերտերից (նկ.1):



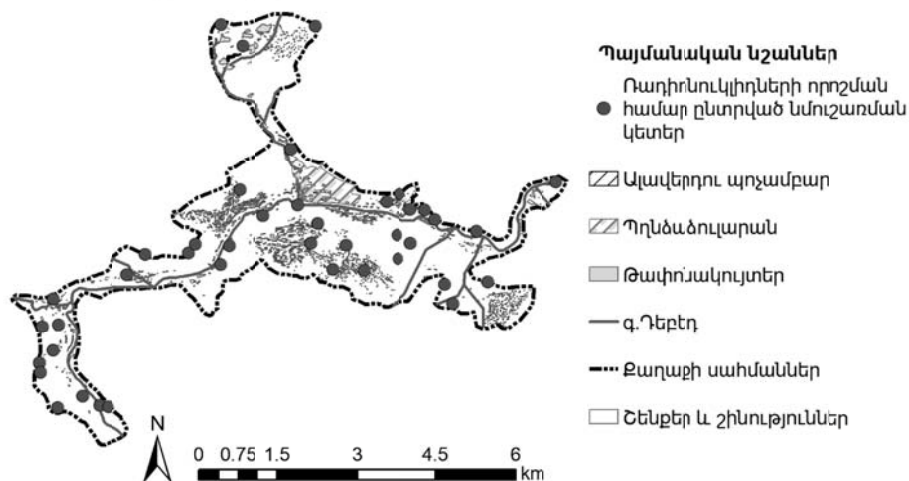
Նկ.1. Ալավերդի քաղաքի երկրաբանական քարտեզ, ըստ (Mederer, 2014)

Ալավերդու հանքային դաշտի ապարները միախառնված են մեկ անտիկլինալային ծալքի մեջ, որում առանձին դայքերի և շտոկերի ձևով հանդես են գալիս քվարցային պորֆիրիտներ և ալբիտոֆիրներ: Այս սակավ ինտրուզիվային ապարների հետ տարածական տեսանկյունից կապված են հարուստ կոլչեդանային հանքավայրեր՝ պղինձ-բազմամետաղային, սուլֆիդային կոլչեդանի և բարիտի (Сопко, 1961; Mederer, 2014): Բուն հանքավայրի հարավային հատվածում գերակայում են հիմնային կազմի ապարները, հազվադեպ՝ թթվային կազմի (ալբիտոֆիրներ): Հանքայնացումը ներկայացված է շտոկերով և ոսպնյակներով: Հանքանյութերի կազմում, բացի հիմնական միներալներից՝ խալկոպիրիտ, պիրիտ, սֆալերիտ, գալենիտ, առկա են նաև բարիտ, արսենոպիրիտ, տեննանտիտ, բնածին ոսկի (Сагатемян, 2004; Магакян, 1947; Мкртчян и др., 1968; Амирян и др., 1998):

Սույն հետազոտության համար օգտագործվել են արխիվային նմուշներ, որոնք նմուշառվել են 2018թ. Ալավերդի քաղաքի բազմանպատակային երկրաքիմիական հետազոտության ընթացքում (Terpanosyan et al., 2020): Քաղաքի երկրաքիմիական հանույթը նախագծվել և իրականացվել էր համաձայն միջազգային ստանդարտ մեթոդների (Ревич и др., 1982; Cochran, 1977; US EPA, 2002), հողային հանույթի

մասշտաբը՝ 1:25000 (16 նմուշ 1կմ<sup>2</sup> տարածքից), (Tepanosyan et al., 2020): Նմուշառման ամեն կայանում ընտրվել է չխախտված հողածածկի 10×10մ մակերեսով հարթակ: Չժանգոտող պողպատից բառի օգնությամբ հարթակի անկյուններից ու կենտրոնից վերցվել է հողի մակերևութային շերտի (0-10սմ խորությամբ) 5 ենթանմուշ, որոնք միախառնվել են ներկայացուցչական նմուշի ստացման համար: Նմուշները չորացվել են սենյակային ջերմաստիճանում, մանրացվել, մաղվել 2մմ տրամագծով մաղով, լցվել են հերմետիկ պլաստմասե տարաների մեջ և պահեստավորվել:

Ռադիոէկոլոգիական հետազոտության համար բոլոր նմուշներում իրականացվել է գումարային ալֆա և բետա ակտիվության որոշում: Գումարային ալֆա/բետա ակտիվության որոշման նպատակով չորացված հողի ամեն նմուշից առանձնացվել է 1-ական գ, մանրացվել է ագաթե հավանգով մինչև դիմափոշու մակարդակի: Այնուհետև 0.5-0.7գ ալիկվոտը տեղադրվել է 6սմ տրամագծով և 1սմ խորությամբ կլոր պլաստմասե նմուշաբոնիչում: Հողաշերտի հաստությունը նմուշաբոնիչում կազմում էր 0.1-0.2սմ՝ նմուշի շերտում ալֆա և բետա մասնիկների ինքնակլանումը նվազեցնելու նպատակով (ISO 18589-6:2009): Նմուշներում գումարային ալֆա/բետա ակտիվությունը որոշվել է ցածրաֆոնային iMatic (CANBERRA) անգագ հաշվարկման համակարգով՝ PIPS կարծր սիլիցիումային դետեկտորով, որը պաշտպանված է 10.16սմ հաստությամբ կապարե պատյանով: Համակարգը ստուգաչափված է <sup>241</sup>Am ալֆա և <sup>90</sup>Sr/<sup>90</sup>Y բետա ստանդարտ աղբյուրներով: Նմուշների հաշվարկի ժամանակը կազմել է 12000վրկ. և նվազագույն հայտնաբերելի ակտիվությունը (Minimum Detectable Activity, MDA) որոշվել է iLink™ iSeries™ ծրագրային միջավայրում ու կազմել է 13.7 և 7.0Բք/կգ գումարային ալֆա և բետա ակտիվությունների համար համապատասխանաբար (IMATIC, 2020):



Նկ.2. Ալավերդի քաղաքի նմուշառման քարտեզ

Ռադիոնուկլիդների ակտիվության որոշման նպատակով նմուշների ընտրման համար օգտագործվել էր ArcMap 10.3 համակարգչային ծրագրի պատահական թվերի գեներատոր գործիքը (Random Sample Generator): Ընտրվել են 41 քաղաքային հողի նմուշներ, ինչպես նաև 5 ֆոնային տեղամասի նմուշներ: Բնական ռադիոնուկլիդների ակտիվության որոշման նպատակով կիրառվել է ցածրաֆոնային գամմա սպեկտրաչափական համակարգը (CANBERRA), որը ներառում է գերմանիումային (HPGe) դետեկտոր՝ պոնձով երեսպատած 15սմ-ոց կապարե պաշտպանով, և DSA-1000 բազմաալիքային անալիզատոր: Յուրաքանչյուր նմուշից 700գ լցվել է Մարինելիի տարայի մեջ, փակվել և պահվել 21 օր՝ դարավոր հավասարակշռության հաստատման համար: Գամմա սպեկտրերի ստացումը տևել է 18000վրկ., սպեկտրերի վերլուծությունը կատարվել է Genie2K ծրագրային միջավայրում: Ֆոնի և քոմփոնյան էֆեկտի հաշվառումից հետո  $^{40}\text{K}$ -ի ակտիվությունը որոշվել է անմիջականորեն 1460.83 կէՎ ֆոտոպիկից, իսկ  $^{226}\text{Ra}$  և  $^{232}\text{Th}$ -ի ակտիվությունը վերահաշվարկվել է ըստ դուստր նուկլիդների ֆոտոպիկների՝  $^{226}\text{Ra}$ -ը ըստ  $^{214}\text{Pb}$  (351.9 կէՎ) ու  $^{214}\text{Bi}$  (609.2 կէՎ),  $^{232}\text{Th}$  ըստ  $^{212}\text{Pb}$  (239.0 կէՎ),  $^{212}\text{Bi}$  (727.0 կէՎ) ու  $^{226}\text{Ac}$  (911.0 կէՎ):

Հողում գումարային ալֆա/բետա և ռադիոնուկլիդների ակտիվության մակարդակների տարածական բաշխվածության քարտեզը կազմվել է ArcGIS 10.3 ծրագրային միջավայրում՝ կիրառելով IDW (Inverse Distance Weighting) ինտերպոլյացիայի մեթոդը: Քարտեզներում ակտիվության դաշտերի միջակայքը տրված է ըստ Թուրքեյի մեթոդի (նվազագույն, քվարտիլներ, առավելագույն):

### Արդյունքներ

Նմուշների 40%-ում ալֆա ակտիվությունը հայտնաբերման սահմանային մակարդակից ցածր է՝  $<\text{MDA}>$  (աղ.1): Մնացած նմուշներում գումարային ալֆա ակտիվությունը տատանվում է 10.2-50.0Բք/կգ սահմաններում՝ բաշխվելով քաղաքի արևմտյան մասից դեպի հարավ-արևելք (նկ.1): Առավելագույն ակտիվության դաշտը (35.6-50.0Բք/կգ) հիմնականում կետային ձևակառուցվածք ունի և շրջագծված է ավելի ցածր ակտիվության դաշտերով:

Գումարային բետա ակտիվությունը տատանվում է 84.0-446.0Բք/կգ սահմաններում, միջինում կազմելով 275.99Բք/կգ: Առավելագույն մակարդակը (321-466.0Բք/կգ) դիտվել է Սանահին բնակելի հատվածում՝ քաղաքային տարածքի հարավային մասում, ինչպես նաև Մադան համայնքի մոտակայքում (նկ.2): Քաղաքում գերակշռում է 223.25-281.00Բք/կգ ակտիվության դաշտը:

Որպես Ալավերդի քաղաքի հողերում բնական ռադիոնուկլիդների ֆոնային ակտիվություն ընդունվել է ֆոնային տարածքի հինգ նմուշների տարրալուծման արդյունքների մեդիանի արժեքը: Նման մե-

թողական մոտեցումը արդարացված է այն տարածքների համար, որտեղ երկրաքիմիական ֆոնի որոշումը բարդանում է երկրաբանական կառուցվածքի, ռելիեֆի ու ինտենսիվ մարդածին գործունեության համադրության պատճառով (Tepanosyan et al., 2017): Աղյուսակ 1-ից ակներև է, որ  $^{226}\text{Ra}$  և  $^{40}\text{K}$ -ի գնահատված ֆոնային ակտիվությունը Ալավերդու հողերի համար փոքր-ինչ ցածր է ՀՀ հողերի համար ՄԱԿ-ի ատոմային ճառագայթման ազդեցության գիտական կոմիտեի կողմից ՀՀ հողերի համար գնահատված միջին մակարդակից (UNSCEAR, 2000): Դա պայմանավորված է նրանով, որ հետազոտության տարածքում հողերը զարգացել են էֆֆուզիվ ապարների վրա, որոնց բնորոշ չէ բնական ռադիոնուկլիդների բարձր ակտիվություն: Ի տարբերություն  $^{226}\text{Ra}$  և  $^{40}\text{K}$ ՝  $^{232}\text{Th}$ -ի ֆոնային ակտիվությունը մոտ է ՀՀ հողերի համար գնահատված միջինին (աղ.1):

Աղյուսակ 1

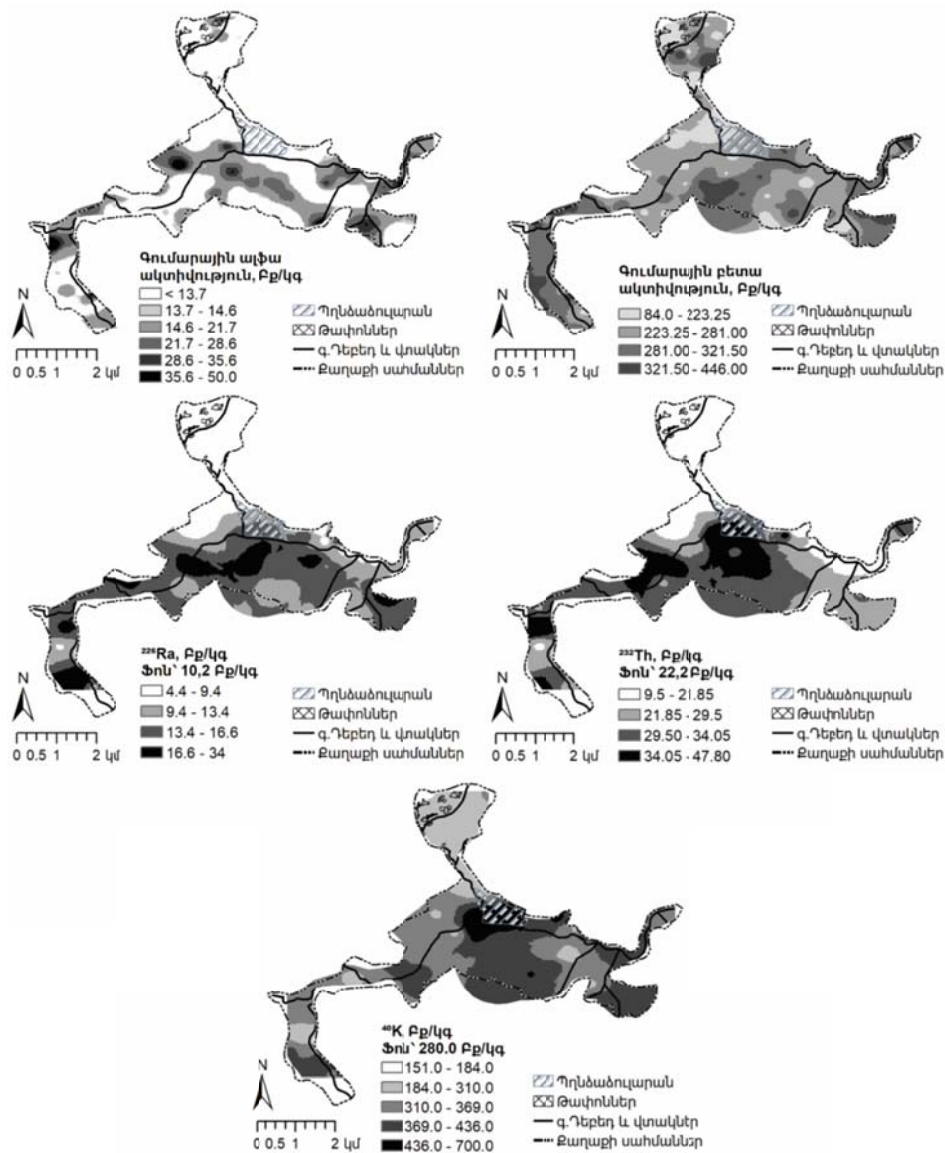
Ռադիոնուկլիդների նկարագրական վիճակագրական ցուցանիշներ, ՀՀ հողերի համար գնահատված միջին ակտիվությունը և ֆոնը

| Ցուցանիշ                                                                             | Գում. ալֆա ակտ. | Գում. բետա ակտ. | $^{226}\text{Ra}$ | $^{232}\text{Th}$ | $^{40}\text{K}$  |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|
| N Նմուշների քանակ                                                                    | 60              | 100             | 41                | 41                | 41               |
| <MDA                                                                                 | 40              | 0               | 0                 | 0                 | 0                |
| Նվազագույն                                                                           | 10.20           | 84.00           | 4.40              | 9.50              | 151.00           |
| Առավելագույն                                                                         | 50.00           | 446.00          | 34.00             | 47.80             | 700.00           |
| Միջին                                                                                | 23.83           | 275.99          | 13.67             | 28.07             | 356.61           |
| Ստանդարտ շեղում                                                                      | 9.43            | 63.36           | 5.35              | 9.31              | 86.93            |
| Մեդիան                                                                               | 21.70           | 281.00          | 13.40             | 29.50             | 369.00           |
| Տատանման սահմաններ և (միջին ակտիվություն) ՀՀ հողերի համար, Բք/կգ ըստ (UNSCEAR, 2000) |                 |                 | 20-78<br>(46)     | 29-60<br>(30)     | 310-420<br>(360) |
| Փոնային ակտիվություն, Բք/կգ                                                          |                 |                 | 10.2              | 22.2              | 280.0            |

Քաղաքային հողում  $^{226}\text{Ra}$  առավելագույն արժեքները տատանվում էին 16.6-34.0Բք/կգ սահմաններում (նկ.3): Ակտիվության այդ դաշտը ձգվում է պղնձաձուլարանից դեպի հարավ-արևմուտք, ընդգրկելով Դեբետի կիրճն ու Սանահին բնակելի թաղամասի մի մասը: Նույն ակտիվության միջակայքով բնորոշվող կետային ձևակառուցվածքի դաշտեր առկա են քաղաքի կիրճային մասում: Դրանց շուրջը օրինաչափորեն ձևավորվում է ֆոնը մինչև 1.6 անգամ գերազանցող ակտիվության դաշտը, որը գերակայում է քաղաքի տարածքում: Ֆոնը չգերազանցող ակտիվությունները զբաղեցնում են Մադանի շրջանում:

$^{232}\text{Th}$  ինչպես և  $^{226}\text{Ra}$  առավելագույն ակտիվության դաշտը (34.051-47.8Բք/կգ) բաշխվում է պղնձաձուլարանի տարածքից դեպի արևմուտք ու հարավ-արևմուտք՝ Դեբետի կիրճում: Դրան շրջապատում են միջին

ակտիվության դաշտերը (29.5-34.05Բք/կգ), որին էլ հարում է ֆոնային ակտիվություն գոտին (21.85-29.50Բք/կգ): Ինչպես և  $^{226}\text{Ra}$ -ի դեպքում, Մադանի շրջանում գրանցվել են ֆոնային մակարդակին հավասար կամ ցածր ակտիվություններ՝ 9.5-21.85Բք/կգ միջակայքով (նկ.3):



Նկ.3. Գումարայի ալֆա/բետա ակտիվության և բնական ռադիոնուկլիդների ակտիվության տարածական բաշխվածությունը Ալավերդու քաղաքային հողերում

$^{40}\text{K}$  առավելագույն ակտիվությունները (436-700 Բք/կգ) գրանցվել են բացառապես պղնձաձուլարանի հարակից հողերում (նկ.3), դրանց շրջապատում է 369.0-436.0Բք/կգ ակտիվության միջակայքով բնութա-

գրվող դաշտը, որն ընդգրկում է Սանահին բնակելի թաղամասն ամբողջությամբ, ինչպես նաև քաղաքային տարածքի արևելյան ու հարավ-արևմտյան մասը: Մնացած տարածքում  $^{40}\text{K}$ -ի տեղային ֆոնը գրեթե գերազանցված չէ:

### **Քննարկում և եզրակացություն**

Ակտիվության դաշտերի տեղակայման որոշակի նմանություններ նկատելի են գումարային բետա ակտիվության,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  և  $^{40}\text{K}$ -ի միջև, տարբերվում են միայն ռադիոնուկլիդների և գումարային ցուցանիշի առավելագույն ակտիվության դաշտերի տեղադրությունը: Այս հանգամանքը վկայում է, որ քաղաքային հողերում ռադիոակտիվ նյութերի բնական տարածաբաշխման վրա վերադրվել են  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  և  $^{40}\text{K}$  տեխնածին կարգաշեղումները: Ենթադրաբար, բնական ռադիոնուկլիդների հիմնական մարդածին աղբյուրն է պղնձաձուլարանը՝ դառնալով տեխնոլոգիապես ավելացված բնական ռադիոակտիվության գործոն: Ռադիոնուկլիդները տարածվում են հիմնականում պղնձաձուլարանի արտանետումների կազմում, որոնց տարածման հիմնական միգրացիոն հոսքը լեռնահովտային քամիներն են՝ հարավ-արևմտյան հիմնական գերիշխող ուղղությամբ: Բնական ռադիոնուկլիդների կարգաշեղումները հավանաբար ձևավորվել են հարաբերականորեն կարճ ժամանակահատվածում, իսկ տեխնոլոգիապես ավելացված բնական ռադիոակտիվության կարևոր գործոն կարող է հանդիսանալ որպես հումք կիրառվող, բնական ռադիոնուկլիդներով հարուստ Քաջարանի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի խտանյութը: Ստացված արդյունքները փաստում են նոր, համապարփակ հետազոտության իրականացման կարևորությունը, թե՛ գիտական հիմնարար, թե՛ կիրառական տեսանկյունից:

**Ծանուցում.** Ալավերդի քաղաքի երկրաքիմիական հանույթն իրականացվել է ՀՀ ԿԳՄՄՆ Գիտության կոմիտեի տրամադրած ֆինանսավորմամբ՝ «Էկոլոգաերկրաքիմիական հետազոտությունները, որպես որոշումների ընդունման հենք (Ալավերդի քաղաքի օրինակով)» #18T-1E145 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում: Սույն աշխատանքում օգտագործված լաբորատոր աշխատանքների արդյունքները ստացվել են ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգանոոսֆերային հետազոտությունների կենտրոնի բազային ֆինանսավորման շրջանակներում:

### **Գրականության ցանկ**

- Բաղդասարյան Ա.Բ.** 1971. Հայկական ՄՄՀ ֆիզիկական աշխարհագրություն: Երևան: Հայկական ՄՄՀ Գիտությունների Ակադեմիայի հրատ., 548 էջ.
- Սաղաթեյան Ա.Վ., Գևորգյան Վ.Շ., Արեշատյան Ա.Հ., Սահակյան Լ.Վ.** 2008, Քաջարան քաղաքի շրջակա միջավայրի էկոլոգաերկրաքիմիական գնահատում: Եր., ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգանոոսֆերային հետազոտությունների կենտրոնի հրատ., 200 էջ:
- Амирян Ш.О., Азизбекия М.С., Алтунян А.З.** 1998. Характер распределения и формы нахождения цветных, благородных и редких элементов в рудах медных месторождений



- Алаверди и Шамлуг. Ереван, Известия НАН РА, Науки о Земле, LI №1-2, 60-67с.
- Магакян И.Г.** 1947. Алавердский тип оруденения и его руды Ер.: изд-во АН АрмССР, 100 с.
- Мелконян В.А.** Металлургия меди в Армении (исторический очерк) Москва, Государственное Научно-техническое изд-во литературы по черной и цветной металлургии, 1955, 100 с.
- Мкртчян С.С., Паффенгольц К.Н., Хачатурян Э.А.** 1968, Алавердский рудный район. Ер., изд-во АН АрмССР, 152 с.
- Ревич Б.А., Сает Ю.Е., Смирнова Р.С.** 1982. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. М., ИМГРЭ, 112 с.
- Сагателян А.К.** 2004. Особенности распределения тяжелых металлов на территории Армении, Ереван, Изд-во Центра эколого-ноосферных исследований НАН РА, 157 с.
- Сагателян А.К., Саакян Л.В., Микаелян М.Г., Беляева О.А.** 2010, Эколого-геохимический анализ рисков влияния горно-рудной промышленности на устойчивое развитие в Армении. Известия РАН, Серия Географическая, № 5, с.87-93.
- Сопко П.Ф.** 1961, Геология колчеданных месторождений Алавердского рудного района. Ер., изд-во АН АрмССР, 169 с.
- Akopyan K., Petrosyan V., Grigoryan R., Melkomian D.M.** 2017. Assessment of residential soil contamination with arsenic and lead in mining and smelting towns of northern Armenia, *Journal of Geochemical Exploration*, 2017, DOI: 10.1016/j.gexplo. 10.010.
- Belyaeva O., Pyuskyulyan K., Movsisyan N., Saghatelyan A., Carvalho F.P.** 2019. Natural Radioactivity in Urban Soils of Mining Centers in Armenia: Dose Rate and Risk Assessment. *Chemosphere* 225 (2019) p.859-870, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere. 03.057>.
- CANBERRA**, 2004. Genie TM 2000 Spectroscopy Software: Operations. CANBERRA,
- Cochran W.G.** 1977. Sampling Techniques. Third Edit. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons Inc., p.11–30.
- IMATIC™** Gas-less Automatic Alpha/Beta Counting System. Mirion technologies Inc. <https://www.mirion.com/products/imatic-gas-less-automatic-alpha-beta-counting-system>
- ISO 18589-6** 2009. Measurement of radioactivity in the environment — Soil — Part 6: Measurement of gross alpha and gross beta activities.
- Mederer J., Moritz R, Zohrabayan S., Vardanyan A., Melkonyan R., Ulianov A.** 2014. Base and precious metal mineralization in Middle Jurassic rocks of the Lesser Caucasus: A review of geology and metallogeny and new data from the Kapan, Alaverdi and Mehmana districts. *Ore Geology reviews* 58, ELSEVIER, p.185-207.
- Meriden, CT.
- Nazaryan G.** 2009. Geo Alaverdi. Environment and urban development, Yerevan, Asoghik, 69 p.
- Paschoa A.S., Steinhäusler F.** 2010. Terrestrial, Atmospheric, and Aquatic Natural Radioactivity // *Radioact. Environ.* Vol. 17, № C. p.29–85.
- Saghatelyan A. Sahakyan L., Belyaeva O.** 2013. Food safety issues of the mining impact territories. Conference proceedings of the 13<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2013. 16-22 June, Albena, Bulgaria. Vol. 1 Ecology, Economics, Education and Legislation, p.489-496 // DOI:10.5593/SGEM2013/BE5.V1/S20.065 // ISBN 978-619-7105-04-9 / ISSN 1314-2704.
- Saghatelyan A., Sahakyan L., Belyaeva O.** 2012. Polluted Irrigation Waters as a Risk Factor to Public Health. *Chemistry Journal of Moldova. General, Industrial and Ecological Chemistry*. 2012, 7 (2), p.84-88. DOI: [dx.doi.org/10.19261/cjm. 07\(2\).11](https://doi.org/10.19261/cjm. 07(2).11).
- Sahakyan L., Belyaeva O., Saghatelyan A.** 2015. Mercury pollution issues in Armenia's mining regions. The 15<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Conference SGEM 2015, 18-24 June Albena Bulgaria. Conference Proceedings. Vol. 1. Ecology & Environmental Protection. p.513-520 DOI: 10.5593/SGEM2015/B51/S20.067.
- Tepanosyan G., Sahakyan L., Belyaeva O., Asmaryan Sh., Saghatelyan A.** 2018. Continuous impact of mining activities on soil heavy metals levels and human health. *Science of the Total Environment* 639 (2018) p.900–909. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv. 05.211>.
- Tepanosyan G., Sahakyan L., Maghakyan N., Saghatelyan A.** 2020. Combination of compositional data analysis and machine learning approaches to identify sources and geochemical associations of potentially toxic elements in soil and assess the associated human health risk in a mining city. *Environmental Pollution*, 261, DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114210.

- Tepanosyan G.O., Belyaeva O.A., Saakyan L.V., Sagatelyan A.K.** 2017. Integrated Approach to Determine Background Concentrations of Chemical Elements in Soils. *Geochemistry International*, 55(6), p.581–588. DOI: 10.1134/S0016702917060106.
- UNSCEAR.** 2000. Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR Report to the General Assembly, with Scientific Annexes, I (2000), 200 p.
- US EPA.** 2002. Guidance on Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection. EPA QA/G-5S // Office of Environmental Information. Washington, DC: US EPA, 178 p.
- Vallex Group.** 09/15/2020. «Արմենիան Քաղաքի Փրոգրամ» ՓԲԸ, <http://vallexgroup.am/acp-about-us/>: Access:

## TECHNOLOGICALLY ENHANCED NATURAL RADIOACTIVITY IN THE SOILS OF THE CITY OF ALAVERDI

**Demirtchyan G.A.<sup>1</sup>, Movsisyan N.E.<sup>1\*</sup>, Pyuskyulyan K.I.<sup>1,2</sup>,  
Sahakyan L.V.<sup>1</sup>, Saghatelyan A.K.<sup>1</sup>, Belyaeva O.A.<sup>1</sup>**

The current research presents the results of radioecological monitoring conducted in one of the largest mining centers of Armenia: the city of Alaverdi. The distribution of gross alpha/beta activities, as well as the activity levels of natural primordial radionuclides ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ , and  $^{40}\text{K}$ ) were identified. The dependence of radioactivity levels on the soils of Alaverdi under the influence of the mining complex has been revealed.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ПОВЫШЕННАЯ ЕСТЕСТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ В ПОЧВАХ ГОРОДА АЛАВЕРДИ

**Демирчян Г.А.<sup>1</sup>, Мовсисян Н.Э.<sup>1\*</sup>, Пюскюлян К.И.<sup>1,2</sup>, Саакян Л.В.<sup>1</sup>,  
Сагатеян А.К.<sup>1</sup>, Беляева О.А.<sup>1</sup>**

В работе представлены результаты радиоэкологических исследований г. Алаверди. Исследовано распределение суммарной альфа/бета активности и естественных радионуклидов в почвах города Алаверди под влиянием горнорудного производства.