

**ԷԿՈԼՈԳԻԱ**

DOI: 10.54503/0515-961X-2024.77.1-2-87

**ԵՐԵՎԱՆ ՔԱՂԱՔԻ ԽՄԵԼՈՒ ՋՐՈՒՄ ԼՈՒԾՎԱԾ ՌԱԴՈՆԻ  
ՏԱՐԱԾԱԺԱՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ԲԱՇԽՎԱԾՈՒԹՅԱՆ  
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ**

**Հովհաննիսյան Սպարտակ, Մովսիսյան Նոնա,  
Բեյլանա Օլգա**

*ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգանոսֆերային հետազոտությունների կենտրոն  
ՀՀ, 0025, Երևան, Արուսյան 68  
e-mail: spartak.hovhannisyan@cens.am  
Հանձնված է խմբագրություն 09.07.2024*

Սույն աշխատանքում դիտարկվել են Երևան քաղաքի բոլոր վարչական շրջանների բնակելի շենքերի ծորակի ջրում  $^{222}\text{Rn}$ -ի ակտիվության տարածաժամանակային բաշխվածության օրինաչափությունները: Նմուշառումն իրականացվել է յուրաքանչյուր վարչական շրջանում՝ 2023 թ-ի փետրվարից մինչև 2024 թ-ի հունվար:  $^{222}\text{Rn}$ -ը չափվել է RAD7 ռադիոմետրով և RAD H<sub>2</sub>O հավաքածուի միջոցով: Երևան քաղաքի խմելու ջրում  $^{222}\text{Rn}$ -ի ակտիվությունը տատանվում է 0.05 Բք/լ-ից մինչև 11.4 Բք/լ, իսկ միջին ակտիվությունը կազմել է 3.62 Բք/լ:  $^{222}\text{Rn}$ -ի ամենամեծ տարեկան միջին ակտիվությունը դիտվել է Դավթաշեն համայնքի ծորակի ջրում, իսկ ամենացածր տարեկան միջին ակտիվությունը՝ Քանաքեռ-Զեյթուն վարչական շրջանում:

**Բանալի բառեր.**  $^{222}\text{Rn}$ , ծորակի ջուր, մշտադիտարկում, Երևան, RAD7:

**Ներածություն**

Մարդու ընդհանուր բնական ճառագայթման 50%-ը բաժին է ընկնում  $^{222}\text{Rn}$  ռադիոակտիվ գազին, որը 3.8 օր կիսատրոհման պարբերությամբ, անգույն և անհոտ՝ ալֆա ճառագայթող բնական ռադիոնուկլիդ է:

\* Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ գիտության կոմիտեի ֆինանսական աջակցությամբ՝ 21T-1E135 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:

լիդ է: Այն հանդիսանում է բնության մեջ տարածված  $^{238}\text{U}$ -ի դուստր նուկլիդը:  $^{222}\text{Rn}$ -ը լավ լուծվում է ջրում, հետևաբար եթե ջրային ավազանի շուրջը առկա է  $^{238}\text{U}$  պարունակող ապարներ, ռադիոակտիվ տրոհման ընթացքում առաջացող  $^{222}\text{Rn}$ -ը լուծվում է ջրի մեջ (Трапезников, 2014):

Մակերևութային ջրերում  $^{222}\text{Rn}$ -ի ակտիվությունը փոքր է, ծովերի ու օվկիանոսների ջրերում  $^{222}\text{Rn}$ -ի ակտիվությունը որպես կանոն չի գերազանցում  $0.05\text{Բք/լ}$ , քաղցրահամ ջրերում՝ գետերում և լճերում այն ավելի բարձր է, հասնում է  $0.5\text{Բք/լ}$ -ի, իսկ ստորգետնյա, հատկապես արտեզյան ու հանքային ջրերում կարող է գրանցվել ռադոնի նշանակալի ակտիվություն՝ մինչև  $10^5\text{Բք/մ}^3$  (Трапезников, 2014): Աղբյուրի կամ արտեզյան ավազանի ջրում լուծված  $^{222}\text{Rn}$ -ի ակտիվությունը պայմանավորված է տարածքի երկրաբանական կառուցվածքով և ապարաշերտերի ռադիոնուկլիդային կազմով: Ռադոնի ակտիվությունը ջրում կարող է փոփոխվել՝ կախված գեոդինամիկ գործընթացների ինտենսիվությունից (Торшин 2016; Трапезников 2014):

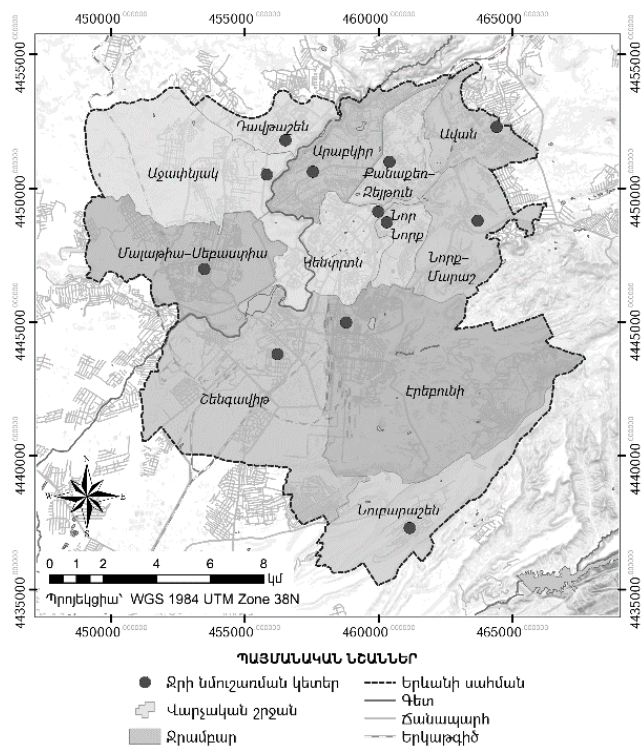
ՀՀ մայրաքաղաք Երևանի բոլոր բնակելի շենքերի ջրամատակարարումն իրականացվում է ստորգետնյա ավազանից (VEOLIA 2024), և հաշվի առնելով, որ Երևանի և հարակից տարածքների երկրաբանական հիմքում գերակայում են հրաբխածին ապարները, առկա են ակտիվ երկրաբանական խզվածքներն գեոդինամիկ գործընթացների ակտիվություն, ռադոնի առկայությունը ստորգետնյա ջրերում սպասելի է: Անցնելով ջրամատակարարման ցանց, ջրում ռադոնի ակտիվությունը կարող է փոխվել՝ կախված է մի շարք գործոններից, ինչպիսիք են ջրի ջերմաստիճանը, ճնշումը ջրամատակարարման ցանցում, ինչպես նաև ջրի մշակման ժամանակը (Orbe 2023; Трапезников 2014), (Huang, 2024): Խմելու ջրում  $^{222}\text{Rn}$ -ի ակտիվության հետազոտությունները խիստ արդիական են հաշվի առնելով, որ Երևանը Հայաստանի ամենախոշոր բնակավայրն է այստեղ բնակվում է 1.1 միլիոն մարդ, որը կազմում է Հայաստանի բնակչության 36%-ը և քաղաքային բնակչության 56%-ը (ԱՐՄՍՍՍՍ 2024):

### **Նյութեր և մեթոդներ**

Խմելու ջուրը նմուշառվել է Երևան քաղաքի 12 վարչական շրջաններում գտնվող բնակարաններից յուրաքանչյուր ամիսը մեկ՝ սկսած 2023թ-ի դեկտեմբերից մինչև 2024թ-ի հունվար (նկ.1): Նշված ժամանակահատվածում հավաքագրվել է 132 ջրի նմուշ: Նմուշառման կետերի և հաճախանության նման ընտրությունը պայմանավորված է նրանով, որ Երևան քաղաքի ջրամատակարարումը իրականացվում է մի քանի աղբյուրներից:

Խմելու ջուրը նմուշառվել է համաձայն RAD H<sub>2</sub>O-ի ուղեցույցում նկարագրված մեթոդի (Durridge 2020): Խմելու ջրի ծորակին ամրացվել է խողովակ, որը միացվել է 250մլ ապակյա անոթին, որպեսզի թույլ չտրվի ռադոնի կորուստը: Անոթը լցնելուց հետո ապակյա շիշը ամուր փակվել է, մակնշվել՝ նշելով նմուշառման ժամանակը:

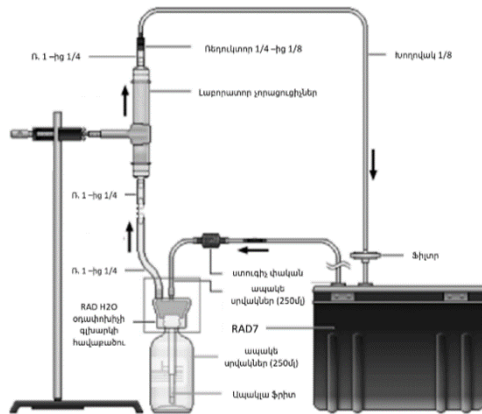
Ռադոնի ակտիվության չափման համար օգտագործվել է RAD7 ռադոնոմետրը և RAD H<sub>2</sub>O ջրի ռադոն չափելու հավաքածուն (նկ.2): RAD7 ռադոնոմետրը կազմված է կիսահաղորդչային ալֆա դետեկտորից, որն ուղղակիորեն փոխակերպում է ալֆա ճառագայթումը էլեկտրական ազդանշանի: Հայտնաբերման ստորին սահմանը 4 պԿր/լ (0.148Բք/լ) է, ստանդարտ շեղումը՝ 10%:



**Նկ.1.** Ջրի նմուշառման քարտեզ

Չափիչ համակարգի սխեման բերված է նկար 2-ում: RAD7-ի խցիկի մաքրման համար 2–3 ր ընթացքում անցկացվում է չոր օդ, այնուհետև՝ միացվում 250մլ տարողությամբ ջրի նմուշով շիշը, օդափոխիչի հավաքածուն և չորացնող խողովակը՝ օդի գոտիչով փակ օդային հանգույց ստեղծելու համար: RAD-7-ի ներքին օդային պոմպը շրջանառում է օդը՝ ջրի մեջ լուծված ռադոնը դուրս քաշելու համար, որը տևում է 5 րոպե: Այս ցիկլից հետո ջրից ազատված ռադոնը անցնում է չափիչ խցիկ, որից հետո սարքը կատարում է 4 չափում և տալիս է միջինա-

ցրված արժեք:  $^{222}\text{Rn}$ -ի չափման արդյունավետությունը հասնում է 94% (Durridge 2020):



**Նկ.2.** RAD 7-ը և RAD H2O հավաքածուն (Durridge 2020)

Սարքի ճշտությունը ստուգելու համար չափվել է ֆոնային նմուշ (թորած ջուր)՝ կիսառեկոմբինացիոն աշխատանքային ռեժիմը: Քանի որ  $^{222}\text{Rn}$  ունի բավականին կարճ կիսատրոհման պարբերություն, դրա ակտիվությունը վերահաշվարկվել է՝ հաշվի առնելով նմուշառումից մինչև չափումներ անցած ժամանակը: Տրոհման ուղղումն իրականացվել է պարզ էքսպոնենցիալ ֆունկցիայի միջոցով:

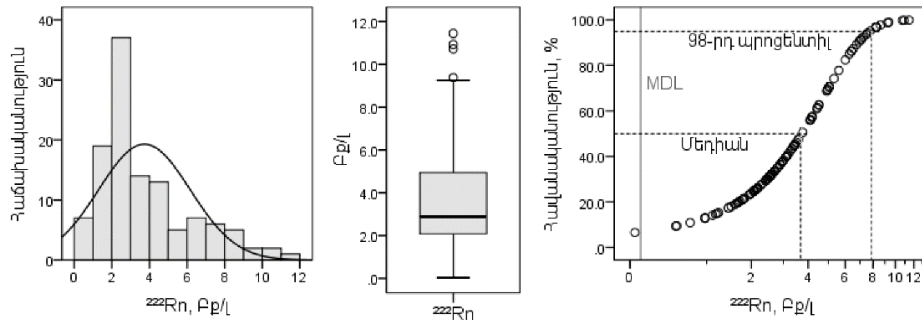
$$DCF = \exp (T / 132.4)$$

Որտեղ DCF՝ քայքայման ուղղման գործակիցն է T՝ նմուշառումից մինչև չափում անցած ժամանակն է, 132.4՝  $^{222}\text{Rn}$ -ի տրոհման հաստատունը (Durridge 2020): Ստացված քայքայման ուղղման գործակիցը բազմապատկելով չափված  $^{222}\text{Rn}$ -ի ակտիվությունով ստանում ենք ռադոնի ակտիվությունը նմուշառման պահին:

### Արդյունքներ

Երևան քաղաքի խմելու ջրում  $^{222}\text{Rn}$ -ի ակտիվությունը տատանվում է լայն սահմաններում. RAD7-ի-ում ռադոնի հայտնաբերման նվազագույն ակտիվությունից ցածր մինչև 11.4Բք/լ (աղ.1), միջին ակտիվությունը կազմել է 3.62Բք/լ: Ամենաբարձր ակտիվությունը հայտնաբերվել է մարտ ամսին Աջափնյակ համայնքում: Փետրվարին Շենգավիթ համայնքում գրանցվել է  $^{222}\text{Rn}$ -ի ամենացածր ակտիվությունը (<MDL): Համաձայն նկ.3.-ում բերված հիստոգրամի և բոսոպլոտի, նմուշների ընտրանքում գերակայում են ջրում ռադոնի՝ միջինից ցածր արժեքները: Այդուհանդերձ, ընտրանքը բնութագրվում է նաև տիրույ-

թից դուրս ընկած արժեքներով, որոնց հավանականությունը 2%-ից ցածր է (նկ.3): Ջրում  $^{222}\text{Rn}$ -ի ակտիվության տարածաբաշխումն ունի որոշակի օրինաչափություններ: Մասնավորապես, Երևան քաղաքի արևմտյան վարչական շրջաններում՝ Դավթաշենում, Աջափնյակում և Մալաթիա-Սեբաստիայում  $^{222}\text{Rn}$ -ի ակտիվությունը առավել բարձր է (աղ.1):



**Նկ.3.** Երևան քաղաքի խմելու ջրում  $^{222}\text{Rn}$ -ի ակտիվության հիստոգրամը, բոքսայլոտը և կումուլյատիվ հավանականության ֆունկցիայի դիագրամները

Նոր Նորքում և Էրեբունիում հայտնաբերվել են մշինին մոտ արժեքներ, իսկ հյուսիսում ու հարավում (Ավան, Քանաքեռ-Զեյթուն, Նորկ-Մարաշ, Նուբարաշեն)՝ ամենացածր արժեքները: Նման օրինաչափությունն դիտարկվել է հետազոտության ամբողջ ընթացքում (1 տարի): Հետազոտության ամբողջ ժամանակահատվածում սեզոնային հստակ օրինաչափություններ չեն հայտնաբերվել, չնայած աղբյուրի ջրերում  $^{222}\text{Rn}$ -ի ակտիվությունը սովորաբար ունենում է սեզոնային տատանումներ (Huang 2024): Նման օրինաչափության բացակայությունը բացատրվում է նրանով, որ խմելու ջուրը նախքան սպառողին հասնելը ֆիլտրվում, քլորացվում և կուտակվում է կարգավորիչ ջրամբարներում: Այս ժամանակամիջոցում  $^{222}\text{Rn}$ -ի մի մասը տրոհվում է, կամ ջրից անցնում է օդ: Այդուհանդերձ, համեմատելով ամսական միջին ակտիվությունները,  $^{222}\text{Rn}$ -ի ամենաբարձր ակտիվությունը գրանցվել է սեպտեմբերին, իսկ ամենացածրը՝ հուլիսին:

Քաղաքի արևմտյան մասերում՝ Աջափնյակ, Դավթաշեն և Մալաթիա-Սեբաստիա վարչական շրջաններում ռադոնի ակտիվության բարձրացում նկատվել է գարնանը, ինչպես նաև օգոստոս ու սեպտեմբեր ամիսներին (նկ.4):

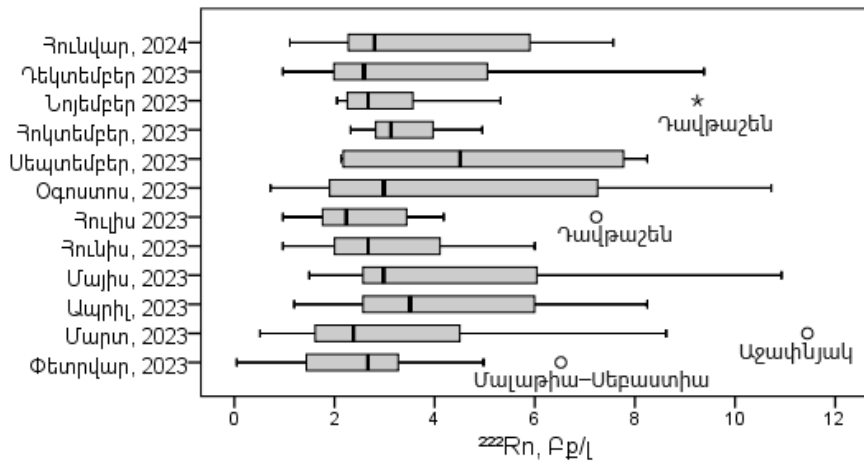
*Աղյուսակ 1.*

**Երևանի վարչական շրջանների խմելու ջրում Ռադոնի միջին տարեկան ակտիվության նկարագրան վիճակագրական պարամետրերը**

N	Նվազագույն	Առավելագույն	Միջին	Մեդիան	Ստ. շեղ.
Աջափնյակ	0.969	11.4	7.01	7.87	2.98
Արաբկիր	0.969	10.7	4.7	4.94	3.03
Ավան	1.6	4.08	2.45	2.24	0.77
Դավթաշեն	3.12	10.93	7.07	7.77	2.67
Էրեբունի	0.72	6	3.32	3.42	1.73
Քանաքեռ-Զեյթուն	0.969	2.55	1.57	1.44	0.51
Կենտրոն	0.511	4.51	2.78	2.75	0.92
Մալաթրա-Սեբաստիա	1.64	6.75	5.45	6.26	1.78
Նորկ-Մարաշ	1.11	3.57	2.49	2.51	0.749
Նոր Նորք	1.99	4.52	3.61	4.11	0.88
Նուբարաշեն	1.43	4.1	2.37	2.13	0.9
Շենգավիթ	0.05	6.39	2.41	2.49	1.68
Երևան քաղաք	1.25	6.29	3.8	3.87	1.63

Էքստրեմալ և տիրույթից դուրս արժեքների մեծ մասը գրանցվել է զարնան սկզբում (մարտ, ապրիլի առաջին տասնօրյակ), որը հնարավոր է պայմանավորված է եղանակային պայմանների կտրուկ փոփոխությամբ: Ռադոնի ջրում լուծելիությունը կախված է նաև օդի ջերմաստիճանից և մթնոլորտային ճնշումից, իսկ այս ցուցանիշները Երևան քաղաքի տարածքում մարտ և ապրիլ ամիսներին մեծ տատանումներ են ունենում: Խմելու ջրում <sup>222</sup>Rn-ով պայմանավորված առողջական ռիսկերի գնահատման համար տարբեր կազմակերպությունների կողմից սահմանվել են տարբեր մակարդակներ: ԱՀԿ-ն առաջադրում է խմելու ջրի ուղեցուցային պարունակություններ (guidance level), որը կազմում է 100 Բք/լ բնակարանների ծորակի ջրի համար (World Health Organization (WHO) 2017; World Health Organization WHO. 2011):

ՀՀ-ում խմելու ջրում <sup>222</sup>Rn-ի համար տեսակարար ակտիվության տարեկան սահմանային արժեքը 60 Բք/կգ է (ՀՀ կառավարություն 2006): Հետազոտության արդյունքում ԱՀԿ և ՀՀ-ում ընդունված նորմերը գերազանցող ռադոնի ակտիվություն չի հայտնաբերվել:



**Նկ.4.** Երևան քաղաքի խմելու ջրում  $^{222}\text{Rn}$ -ի ամսական բաշխվածության դիագրամները ըստ վարչական շրջանների

### Եզրակացություններ

Երևան քաղաքի խմելու ջրում լուծված  $^{222}\text{Rn}$ -ի ակտիվության մշտադիտարկման արդյունքում բացահայտվել է, որ ծորակի ջրում  $^{222}\text{Rn}$ -ի ակտիվությունը բարձր է եղել քաղաքի հյուսիս-արևմտյան վարչական շրջաններում՝ Դավթաշեն, Արաբկիր, Աջափնյակ և Մալաթիա-Սեբաստիա: Ամենացածր ակտիվությունը գրանցվել է Քանաքեռ-Զեյթուն վարչական շրջանում: Երևան քաղաքի բոլոր վարչական շրջանների ծորակի ջրերում լուծված  $^{222}\text{Rn}$ -ի տարեկան միջին ակտիվությունը չի գերազանցել տեղական և միջազգային նորմերով սահմանված արժեքները:  $^{222}\text{Rn}$ -ին բնորոշ ժամանակային տատանման օրինաչափություններ չեն հայտնաբերվել՝ հնարավոր է պայմանավորված նրանով, որ ջուրը ջրառից մինչև սպառողին հասնելը անցնում է մշակման բավարար ժամանակահատված, որպեսզի ռադոնի մի մասը տրոհվի:

Հետազոտության արդյունքում պարզ դարձավ որ, թեև ՀՀ սահմանված ու միջազգային նորմերի նկատմամբ գերազանցումներ չեն գրանցվել ու ջրում լուծված  $^{222}\text{Rn}$ -ի ակտիվության բարձր արժեքների դրսևորումը բավականին ցածր հավանականություն ունի, ռադոնի պարունակությունը ջրում կարող է կտրուկ փոփոխվել բավականին լայն տիրույթով, երբեմն հասնելով բավականին բարձր արժեքների, ուստի անհրաժեշտ է շարունակել մշտադիտարկումը ջրում նման բարձր  $^{222}\text{Rn}$ -ի ակտիվության օրինաչափությունը բացահայտելու համար: Ստացված տվյալները կարելի է օգտագործել մարդու խմելու ջրի մեջ լուծված  $^{222}\text{Rn}$ -ից ստացված ճառագայթահարման տարեկան էֆեկտիվ դոզայի գնահատման համար:

## Գրականություն

- Հայաստանի Հանրապետության մայրաքաղաք Երևանը թվերով 2018-2022: Վիճակագրական ժողովածու: Երևան, Հայաստանի Հանրապետության վիճակագրական կոմիտե, 2024, 119 էջ, <https://armstat.am/file/doc/99542113.pdf>
- ՀՀ կառավարություն, 2006. ՀՀ կառավարության 2006 թվականի օգոստոսի 18-ի N 1219-Ն որոշումը ճառագայթային անվտանգության նորմերը հաստատելու մասին. <https://doi.org/https://www.arlis.am/> [Էլեկտրոնային ռեսուրս] վերջին մուտքը՝ 2024 թ.
- Торшин С.П., Смолина Г.А.** 2016. Биогеохимия радионуклидов: учебник, М.: ИНФРА-М, 320 с.
- Трапезников А.В., Трапезникова В.Н., Коржавин А.В., Николкин В.Н.** 2014. Радиоэкологический мониторинг пресноводных экосистем. Екатеринбург Изд-во «АкадемНаука», 496 с.
- DurrIDGE.** 2020. RAD H2O Radon in Water Accessory for the RAD7.
- Huang P., Lv W., Huang R., Luo Q., Yang Y.** 2024. Earthquake precursors: A review of key factors influencing radon concentration. J. Environ. Radioact. 271, 107310. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2023.107310>
- Orbe J., Herrera-Robalino J.L., Ureña-Callay G., Telenchano-Ilbay J., Samaniego-León S., Fienco-Bacusoy A., Cando-Veintimilla A., Toulkeridis T.,** 2023. An Evaluation of Radon in Drinking Water Supplies in Major Cities of the Province of Chimborazo, Central Andes of Ecuador. Water 12(15), <https://doi.org/10.3390/w15122255>
- Veolia.** 2024. Խմելու ջուր [Էլեկտրոնային ռեսուրս] <https://www.veolia.am/hy/carayowtyown/xmelow-jowr>, վերջին մուտքը՝ 2024 թ.
- World Health Organization (WHO),** 2017. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum, 2017. WHO, 2017, 541 p.
- World Health Organization (WHO),** 2022. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda, 2022, WHO, 2022, 583 p.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДОНА, РАСТВОРЕННОГО В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ ГОРОДА ЕРЕВАНА

Оганисян Спартак, Мовсисян Нона, Беляева Ольга

Резюме

В статье рассмотрены временные и пространственные закономерности распределения активности  $^{222}\text{Rn}$  в водопроводной воде жилых домов административных районов Еревана. С целью выявления пространственных и временных изменений  $^{222}\text{Rn}$  отбор проб проводился в каждом административном районе с февраля 2023 по январь 2024г.  $^{222}\text{Rn}$  измерялся ра-



донометром RAD7 с аксессуарами RAD H<sub>2</sub>O. Активность <sup>222</sup>Rn в питьевой воде Еревана варьируется от 0.05 Бк/л до 11.4 Бк/л, средняя активность составила 3.62 Бк/л. Самая высокая среднегодовая активность <sup>222</sup>Rn наблюдалась в водопроводной воде Давташенского административного района, а самая низкая среднегодовая активность в Канакер-Зейтуне.

## **SPATIOTEMPORAL DISTRIBUTION OF RADON DISSOLVED IN DRINKING WATER OF THE CITY OF YEREVAN**

**Hovhannisyan Spartak, Movsisyan Nona, Belyaeva Olga**

### **Abstract**

The paper presents the temporal and spatial distribution patterns of <sup>222</sup>Rn activity in tap water of residential buildings in the administrative districts of Yerevan. Sampling was carried out in each administrative region from February 2023 until January 2024 to reveal spatial and temporal changes in <sup>222</sup>Rn activity. <sup>222</sup>Rn was measured with a RAD7 radonmeter and RAD H<sub>2</sub>O accessory. The activity of <sup>222</sup>Rn in drinking water in Yerevan varies from 0.05 Bq/l to 11.4 Bq/l, the average activity was 3.62 Bq/l. The highest average annual activity of <sup>222</sup>Rn was observed in tap water of the Davtashen administrative region, and the lowest average annual activity in Kanaker-Zeytun.