

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ლელა მწარიაშვილი

**რადონის რადიაციული გამოსხივების კვლევა ზოგიერთ
ბუნებრივ ობიექტებში**

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

სადოქტორო პროგრამა „საინჟინრო ფიზიკა“

შიფრი 0404

თბილისი
2018 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში
ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი
საინჟინრო ფიზიკის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელები: ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
პროფ. ნოდარ კეკელიძე

ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი,
პროფ. გელა გოდერძიშვილი

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება ----- წლის "-----" -----, ----- საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის
სისტემების ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე,
კორპუსი -----, აუდიტორია -----
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი პროფ. თინათინ კაიშაური

თემის აქტუალობა

გარემოში ატომთა ბირთვები, რომლებისგანაც შედგება მატერია, ძირითადად სტაბილურია. მაგრამ არსებობენ არამდგრადი ბირთვებიც, რომლებსაც აღენიშნებათ სიჭარბე ან ნაკლებობა იმ ნაწილაკებისა რომლისაგანაც შედგება ატომის ბირთვი (პროტონი, ნეიტრონი და ა.შ.), რაც იწვევს ბირთვის ტრანსფორმაციას (დაშლის საფუძველზე) სხვა ბირთვში (სტაბილურში ან პირიქით). ამგვარ ატომებს რადიოაქტიურს უწოდებენ, რადგან გარდასახვის დროს გამოყოფენ გამოსხივებას, რომლის ბუნება და თვისებები სხვადასხვაა (ალფა, ბეტა, გამა და სხვა გამოსხივება). რადიოაქტიურ ატომებს უწოდებენ რადიოაქტიურ იზოტოპებს, ანუ რადიონუკლიდებს.

რადიოაქტივობა არ შექმნილა ადამიანის მიერ, ის წარმოადგენს გარემოს შემადგენელ ნაწილს, როგორცაა დედამიწის ზედაპირი, ქანები, ატმოსფერო, ადამიანის სხეული, კვების პროდუქტები და ა.შ..

დადგენილი იქნა, რომ გარემოში შედარებით გავრცელებულ ბუნებრივ რადიონუკლიდებს წარმოადგენენ სამი ოჯახის რადიონუკლიდები, რომელთა მშობლებია - Th-232, U-238 და U-235, ასევე ცალკე მდგომი რადიონუკლიდი K-40. მათი ნახევარდაშლის პერიოდი დედამიწის არსებობის დროის რიგისაა, ამიტომ ისინი მცირე რაოდენობით ყოველთვის არის გარემოს ობიექტებში (მათ შორის ადამიანის ორგანიზმშიც).

თანამედროვე ეკოლოგიაში ერთ-ერთი აქტუალური პრობლემაა გარემოს რადიოაქტიური მდგომარეობის შესწავლა. ბოლო დროს მეცნიერები მივიდნენ დასკვნამდე, რომ მოსახლეობის დასახლებაში ძირითადი წილი მოდის ბუნებრივ წყაროებზე. ისინი შეიძლება ზოგადად დავყოთ ორ ძირითად ჯგუფად: კოსმოსური სხივები და რადიოაქტიური ელემენტები, რომელსაც შეიცავს სხვადასხვა ბუნებრივი ან ხელოვნური ობიექტი - ჰაერი, მიწა, წყალი, სამშენებლო მასალები და სხვა. დიდი ხნის განმავლობაში გამოსხივების ამ წყაროებს არასაკმარისი ყურადღება

ეთმოზოდა, მაგრამ ბოლო დროს მეცნიერების და საზოგადოების თვალსაზრისი შეიცვალა.

რადიაციის ბუნებრივ წყაროებიდან ყველაზე მნიშვნელოვანი და ძირითადი წილი უკავია რადონს (Rn-222) - უხილავი, უსუნო, უგემო, მძიმე აირია (ჰაერზე 7.5-ჯერ მძიმე). რადონი რადიოაქტიურია და მისი დაშლის პროდუქტები გამოყოფენ ალფა- და ბეტა- ნაწილაკებს.

რადონი წარმოიქმნება დედამიწის წიაღში ურანის დაშლის შედეგად, რომელიც თუნდაც მცირე რაოდენობით მაგრამ მაინც შედის პრაქტიკულად ყველა ტიპის ქანებში. რადონი გროვდება ქანების ფორებში, ნიადაგში, მიწისქვეშა წყლებში, და შემდეგ ამოდის მიწის ზედაპირზე, ხვდება ატმოსფეროში, ერევა ჰაერს და სწრაფად იფანტება.

წყალი ერთ-ერთ ძირითად როლს ასრულებს საცხოვრებელ ნაგებობებში რადონის მოხვედრაში. რადონი კარგად იხსნება წყალში, ამიტომ მას შეიცავს ყველა ბუნებრივი წყალი. ღრმა გრუნტის წყლებში ის მეტად შესამჩნევია ვიდრე ზედაპირულ წყლებში. წყლის შემადგენლობაში მყოფი რადონი და მისი დაშლის პროდუქტები ადამიანის ორგანიზმში შეიძლება მოხვდეს ორი გზით. ერთის მხრივ, ის წყალთან ერთად ხვდება საჭმლის მომწოდებელ სისტემაში, ხოლო მეორე მხრივ, ადამიანები ჩაისუნთქავენ წყლიდან გამოყოფილ რადონს წყლის მოხმარების დროს.

საქართველოში რადონის პრობლემას არ ექცევა საჭირო ყურადღება. შესრულებული კვლევები ტარდებოდა ძირითადად რადონის აღმოჩენისათვის ჰაერში. პრაქტიკულად არ არსებობს რადონის შემცველობის მონაცემები ბუნებრივ და სასმელ წყალში.

აღსანიშნავია, რომ ვერ იქნა მოძიებული მონაცემები სასმელი (წყალსადენის) წყლის როგორც ბუნებრივი ისე ანთროპოგენური ხასიათის რადიოაქტივობის შესახებ. ეს საკითხები ინტერესს წარმოადგენენ განსაკუთრებით იმ ფაქტორის გათვალისწინებით, რომ ქ. თბილისის სხვადასხვა რაიონებში და მის მიდამოებში წყალი მიეწოდება წყალმომარაგების სხვადასხვა წყაროებიდან.

ამგვარად, შეიძლება ჩაითვალოს, რომ საქართველოში სამუშაოს პრობლემატიკასთან დაკავშირებული სამუშაოები ჩატარებულია მცირე მასშტაბით. აღნიშნულ სამუშაოში მიღებულ შედეგებს, რადონის შემცველობის შესახებ გარემოს ერთ-ერთ ძირითად ობიექტში - სასმელ და ზედაპირულ წყლებში, ასევე ნიადაგის ჰაერში, დიდი მნიშვნელობა ექნება, როგორც სამეცნიერო, ასევე პრაქტიკული თვალსაზრისით.

სამუშაოს მიზანი

საქართველოში რადონის შემცველობა სხვადასხვა ბუნებრივ ობიექტებში და გავრცელების მექანიზმი ნაკლებად არის შესწავლილი. აქედან გამომდინარე სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა რადონის შემცველობის კვლევა სხვადასხვა ბუნებრივ ობიექტებში, კერძოდ:

- ქ. თბილისის სხვადასხვა რაიონში - დიდი დილომი, ვაკე, საბურთალო, გლდანი, ორთაჭალა, ავჭალა, ისანი, სამგორი და ა.შ. – სასმელ (წყალსადენის) წყალში რადონის შემცველობის წლიური განაწილების კვლევა;
- ქ. თბილისის გეოგრაფიულ არეალში რადონის შემცველობის განაწილება სხვადასხვა ტიპის ზედაპირულ წყლებში (წყაროები, ჭები, ტბები, წყალსაცავები და ა.შ.);
- ქ. თბილისის გეოგრაფიულ არეალში თბილისის და ქართლის არტეზიული აუზების ტერიტორიაზე ნიადაგის ჰაერში რადონის შემცველობის და მიმდებარე ტერიტორიის დოზიმეტრიის სპეციალური კვლევები;
- წყლის და ნიადაგის სპეციალურად აღებულ ნიმუშებში რადიონუკლიდური შედგენილობისა და აქტივობის კონცენტრაციის კვლევები;
- რადონის და მისი დაშლის პროდუქტების ალფა- და გამა-აქტიურობის კორელაციური კავშირების კვლევა;

- სხვადასხვა ობიექტში რადონის შემცველობის განაწილების თავისებურებების და კანონზომიერებების დადგენა;
- მოსახლეობისათვის რადიაციული რისკის შეფასება.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები

კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა:

1. სასმელი (წყალსადენის) წყალი, რომელთა აღებაც ხდებოდა ქ. თბილისის 52 ისტორიულ ტერიტორიულ ერთეულზე შერჩეულ 118 საკონტროლო პუნქტში;
2. სასმელი (წყალსადენის) წყალი, რომელთა აღებაც ხდებოდა ახლოსმდებარე დასახლებულ პუნქტებში ქ. თბილისის ფარგლებს გარეთ - სულ 10 საკონტროლო პუნქტი: ქ. რუსთავი, გარდაბანი, მცხეთა (3 საკონტროლო პუნქტი), ნატახტარი (2 საკონტროლო პუნქტი), წეროვანი, დუშეთი, ბულაჩაური;
3. ზედაპირული წყლები (წყაროს, მდინარის, წყალსაცავის და ა.შ.) თბილისის (21 საკონტროლო პუნქტში) და ქართლის (23 საკონტროლო პუნქტში) არტეზიული აუზების დასახლებული პუნქტებში;
4. თბილისისა და ქართლის არტეზიული აუზების ზედაპირული წყლების მიმდებარე ნიადაგური აირი;
5. თბილისისა და ქართლის არტეზიული აუზების ზედაპირული წყლების მიმდებარე ნიადაგი.

კვლევის მეთოდოლოგია:

წყლის ნიმუშებში და ნიადაგის ჰაერში რადონის შემცველობის დასადგენად ძირითადი მეთოდი იყო *ალფა-სპექტრომეტრიის მეთოდი*.

წყლის და ნიადაგის ნიმუშების რადიონუკლიდური შედგენილობისა და აქტივობის კონცენტრაციის დასადგენად გამოყენებული იყო *გამა-სპექტრომეტრიის მეთოდი*.

ალფა-სპექტრომეტრიის მეთოდით კვლევები ჩატარდა თანამედროვე მაღალმგრძობიარე რადონის ელექტრონული დეტექტორის RAD7

გამოყენებით, რომელიც განკუთვნილია გარემოს სხვადასხვა ობიექტში რადიოაქტიური აირების – რადონის ($Rn-222$) და თორონის ($Rn-220$) გასაზომად. შედეგების დამუშავება ტარდება პროგრამული უზრუნველყოფით Capture.

წყლის ნიმუშების აღებისთვის გამოყენებული იყო 250 მლ მოცულობის სპეციალური მინის კონტეინერები; აღებული ნიმუშები გადაგვქონდა ლაბორატორიაში რადონის შემცველობის ანალიზისთვის.

ნიადაგურ ჰაერში რადონის შემცველობის გაზომვები ჩატარდა 60-80 სმ სიღრმის სპეციალურ ხვრელებში, რომლებიც კეთდებოდა სპეციალური ხელის ბურღის მეშვეობით.

გამა-სპექტრომეტრიის მეთოდით კვლევების ჩასატარებლად გამოყენებული იყო თანამედროვე გამა-სპექტრომეტრი Canberra ნახევარგამტარული გერმანიუმის დეტექტორით შეფარდებითი ეფექტურობით 24%; რეგისტრირებადი გამა-კვანტების ენერჯიათა დიაპაზონია 40 – 3000 keV; პროგრამული უზრუნველყოფა Genie-2000. სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფა LabSOCS საშუალებას იძლევა ჩატარდეს რეგისტრაციის ეფექტურობის გაანგარიშება ნიმუშის გეომეტრიის ფართო სპექტრისათვის. ძირითადად განსაზღვრულია U-238, Th-232 და U-235 ოჯახების რადიონუკლიდები (20-მდე რადიონუკლიდი), და აგრეთვე ცალკეული რადიონუკლიდი - K-40, Cs-137, და ა.შ.

ნიმუშების გამა-სპექტრების გაზომვები ტარდება სპეციალურ ჭურჭელში (ე.წ. მარინელის კონტეინერში), რომლებშიც ნიმუშები იმყოფებიან ჰერმეტიულ მდგომარეობაში დაახლოებით 30 დღე-ღამის განმავლობაში. ნიმუშების გამა-სპექტრების აკრეფის დრო შეადგენს 72 საათს. ასეთი რეჟიმი საშუალებას იძლევა საკმაოდ მცირე (“კვალის” მოცულობით) აქტივობის მქონე რადიონუკლიდების დეტექტირებას, თუმცა, მეორე მხრივ, ზღუდავს შესასწავლი ნიმუშების საერთო რაოდენობას და მთლიანი სამუშაოს შესრულების ვადებს. რადიონუკლიდების იდენტიფიკაციისათვის გამოყენებული იყო

სპეციალური ბიბლიოთეკა, რომელიც შეიცავს ყველაზე გავრცელებულ ბუნებრივ და ტექნოგენურ რადიონუკლიდებს.

ნაშრომის ძირითადი შედეგები და სიახლე

1. დადგინდა, რომ ქ.თბილისის სასმელი წყლის ძირითადი რესურსები მოყვანილია 11 წყალმომარაგების წყაროს სახით, რომლებიც პირობითად დავყავით 2 ჯგუფად: ზედაპირული წყაროები და მიწისქვეშა წყაროები;
2. საკონტროლო პუნქტები შერჩეული იქნა ქ. თბილისის ტერიტორიულ ადმინისტრაციული დაყოფის ანალიზის და მოსახლეობის განაწილების საფუძველზე;
3. განხილულია წყლის ნიმუშებში რადონის აქტივობის შესწავლის მეთოდოლოგია;
4. დადგინდა წყალში გახსნილი რადონით დასხივების დოზური პარამეტრების გამოთვლის ტექნიკა;
5. მოცემულია სასმელ (წყალსადენის) წყლებში რადონის აქტივობის განაწილება მდებარეობის და დროზე დამოკიდებულების მიხედვით;
6. ქ. თბილისის ტერიტორიები შესაძლოა დავყოთ 2 დიდ ჯგუფად - ტერიტორიები, რომლებშიც რადონის აქტივობა დაბალია ($0.3 - 1.0 \text{ Bq/L}$) ან ძალიან დაბალია ($<0.3 \text{ Bq/L}$), საშუალო მნიშვნელობით 0.3 Bq/L , და ტერიტორიები, სადაც რადონის აქტივობა ტიპურია ($1.0 - 3.0 \text{ Bq/L}$) ან ტიპურზე მაღალია ($3.0 - 10.0 \text{ Bq/L}$), საშუალო მნიშვნელობით 1.8 Bq/L ; უნდა აღინიშნოს, რომ საკონტროლო პუნქტების უმრავლესობა (47%) ხასიათდებიან აქტივობის ტიპური მნიშვნელობებით;
7. მოცემულია თბილისის (21 საკონტროლო პუნქტი) და ქართლის (23 საკონტროლო პუნქტი) არტეზიულ აუზებში სხვადასხვა ტიპის (წყაროს, არტეზიული, ჭის, მდინარის და ა.შ.) ზედაპირულ წყლებში რადონის შემცველობის განაწილება;

8. ნაჩვენებია, რომ ზედაპირულ წყლებში რადონის კონცენტრაციის სიდიდეების მიხედვით, გამოკვლეული საკონტროლო პუნქტების უმრავლესობა იმყოფება რადონის აქტივობის მნიშვნელობების ტიპურზე მაღალი (3 – 10 Bq/L) ან მაღალი (10 – 30 Bq/L) შემცველობის ჯგუფებში. ამასთან თბილისის არტეზიულ აუზში წყაროს წყლებში რადონის კონცენტრაცია შესამჩნევად მაღალია, ვიდრე ქართლის არტეზიულ აუზში (მაგ. პირველი ტიპის წყაროს წყლისთვის 6-ზე მეტჯერ).
9. გაანგარიშებულია რადონით დასხივებით რადიოლოგიური დოზების მნიშვნელობები;
10. *თბილისის მიდამოებში 15 საკონტროლო პუნქტში (თბილისის და ქართლის არტეზიული აუზების ტერიტორიებზე) აღებულ ნიადაგის ნიმუშებში აღმოჩენილი იქნა 22-მდე რადიონუკლიდი: Th-232-ის ოჯახი - Ac-228, Th-228, Ra-224, Pb-212, Bi-212, Tl-208, U-238-ის ოჯახი - Th-234, Pa-234, Th-230, Ra-226, Pb-214, Bi-214, Pb-210, U-235-ის ოჯახი - U-235, Th-231, Th-227, Ra-223, Rn-219, Pb-211, ზოგიერთი ბუნებრივი რადიონუკლიდი - Be-7, K-40, ასევე ტექნოგენური რადიონუკლიდი Cs-137;*
11. ბუნებრივი რადიონუკლიდების აქტივობა ნიადაგის ტიპის და მდებარეობის მიხედვით განსხვავებულია - თბილისის არტეზიული აუზის ტერიტორიაზე რადიონუკლიდების ეკვივალენტური აქტივობის შედარებით მაღალი მნიშვნელობები დაიმზირება ალვიური-კარბონატული ტიპის ნიადაგებისთვის - საშუალო მნიშვნელობით 93.5 Bq/kg (რაც ახლოსაა ქართლის არტეზიული აუზის ასეთივე ტიპის ნიადაგების აქტივობის საშუალო მნიშვნელობასთან 95.1 Bq/kg). რამდენადმე დაბალია ყავისფერი-კარბონატული (88.0 Bq/kg) ტიპის ნიადაგისთვის და მინიმალური მნიშვნელობები დაიმზირება ყავისფერი და რუხი-ყავისფერი (შესაბამისად 75.2 და 79.5 Bq/kg) ტიპის ნიადაგებისთვის;

12. ჩატარდა ანალიზი, რომელშიც ნაჩვენებია, რომ ორი არტეზიული აუზის კვლევის დროს მიღებული შედეგები შესაძლოა დაკავშირებული იყოს აღნიშნული ტერიტორიების გეოლოგიურ თავისებურებებთან;
13. ჩატარდა მიღებული შედეგების შედარება ლიტერატურულ მონაცემებთან;
14. მიღებული შედეგების საფუძველზე შეიქმნა ქ. თბილისის სასმელი "წყალსადენის" წყლის და თბილისის და ქართლის არტეზიული აუზების ტერიტორიების ზოგიერთი ზედაპირული წყლის რადონის რუკები.

შედეგების გამოყენების სფეროები

დედამიწის და მათთან დაკავშირებული გარემოს შემსწავლელი მეცნიერებანი - გეომეცნიერებანი, მრავალდარგობრივი დისციპლინები (გეოქიმია, გეოფიზიკა, გეოლოგია), ეკოლოგია, რადიაციული უსაფრთხოება, რადიობიოლოგია.

ცნობები დისერტაციის მოცულობისა და სტრუქტურის შესახებ

დისერტაციის მოცულობა შეადგენს 126 გვერდს, 38 ცხრილით და 26 ნახაზით. დისერტაცია შეიცავს: რეზიუმეს ქართულ და ინგლისურ ენაზე, შესავალს, ლიტერატურის მიმოხილვას, მიღებულ შედეგებს და განსჯას, დასკვნებს და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხას.

დისერტაციის ძირითადი შედეგები თავების მიხედვით

დისერტაციის შესავალ ნაწილში განხილულია პრობლემის მეცნიერული სიახლე, მოცემულია ზოგადი ინფორმაცია გარემოს რადიოაქტივობის შესახებ, განხილულია გარემოში შედარებით გავრცელებულ ბუნებრივ რადიონუკლიდების ოჯახების (Th-232, U-238 და U-235-ის ოჯახები) გარდაქმნის ჯაჭვები, მათი დამახასიათებელი თავისებურებები. აღნიშნულია, რომ რადიონუკლიდის Rn – 222-ის

(რომელიც წარმოადგენს რადიოაქტიური აირის რადონის ერთ-ერთ იზოტოპს) რადიოაქტივობა შეადგენს ბუნებრივი რადიოაქტივობის 50%-ზე მეტს. მოყვანილია ინფორმაცია რადონის გავრცელების შესახებ ბუნებრივ ობიექტებში და გავლენა ადამიანზე. განხილულია ასევე საკვლევი თემის აქტუალობა და პრაქტიკული მნიშვნელობა, სადაც მოყვანილია ქ. თბილისის წყალმომარაგების სისტემის განვითარება და წყალმომარაგების წყაროების მოკლე მიმოხილვა.

პირველ თავში მოცემულია საკითხის ლიტერატურის მიმოხილვა. საქართველოში რადონის პრობლემას არ ექცევა საჭირო ყურადღება. შესრულებული კვლევები ტარდებოდა ძირითადად რადონის აღმოჩენისათვის ჰაერში. პრაქტიკულად არ არსებობს რადონის შემცველობის მონაცემები ბუნებრივ და სასმელ წყალში.

პრაქტიკულად არ არსებობს მონაცემები რადონის შემცველობაზე სასმელ (წყალსადენის) წყალში. აღსანიშნავია, რომ ვერ იქნა მოძიებული მონაცემები სასმელი (წყალსადენის) წყლის როგორც ბუნებრივი ისე ანთროპოგენური ხასიათის რადიოაქტივობის შესახებ. ეს საკითხები ინტერესს წარმოადგენენ განსაკუთრებით იმ ფაქტორის გათვალისწინებით, რომ ქ. თბილისის სხვადასხვა რაიონებში და მის მიდამოებში წყალი მიეწოდება წყალმომარაგების სხვადასხვა წყაროებიდან.

რადონის შემცველობის კვლევა ზედაპირულ წყლებში და ნიადაგის ჰაერში საქართველოში პრაქტიკულად არ ჩატარებულა. რადონთან დაკავშირებით გამოქვეყნებული ზოგიერთი ნაშრომი ძირითადად ეხება საქართველოში რადონისა და თორონის დაშლის პროდუქტების შემცველობას სხვადასხვა ღია ადგილებში და საცხოვრებელ შენობებში.

ამგვარად, შეიძლება ჩაითვალოს, რომ საქართველოში სამუშაოს პრობლემატიკასთან დაკავშირებული სამუშაოები ჩატარებულია მცირე მასშტაბით. აღნიშნულ სამუშაოში მიღებულ შედეგებს, რადონის შემცველობის შესახებ გარემოს ერთ-ერთ ძირითად ობიექტში - სასმელ და

ზედაპირულ წყლებში, ასევე ნიადაგის ჰაერში, დიდი მნიშვნელობა ექნება, როგორც სამეცნიერო, ასევე პრაქტიკული თვალსაზრისით.

სამუშაოს სიახლე გამოიხატება პირველი საინფორმაციო მონაცემთა ბაზის შექმნაში, რადონის შემცველობის შესახებ სხვადასხვა ბუნებრივ ობიექტებში - ზედაპირულ წყლებში, სასმელ წყლებში, ნიადაგის ჰაერში, და ასევე დოზური პარამეტრების დადგენა და ა.შ. საქართველოს დედაქალაქის - თბილისის მიდამოებში.

მეორე თავში ჩამოყალიბებულია პრობლემის ფორმულირება. თბილისის მთელ ტერიტორიაზე, რომელიც, როგორც ცნობილია ხასიათდება რთული გეოტექტონიკური სტრუქტურით, არსებობს მრავალრიცხოვანი ბუნებრივი წყლის წყაროები, კერძოდ, წყაროს წყლები, რომლებიც ხშირ შემთხვევაში გამოიყენება სასმელი წყლის სახით. არსებობს ასევე თერმული ტიპის წყაროები, რომლებიც ზოგ შემთხვევებში გამოიყენება სპეციალურ აბანოებში, გათბობის მიზნით და ა.შ.. რადონის შემცველობის შესწავლა ასეთ ობიექტებში საშუალებას მოგვცემს მივიღოთ მნიშვნელოვანი ინფორმაცია რადიოაქტივობის მდგომარეობის შესახებ ამ ობიექტებში. რადონის შემცველობის ერთდროული კვლევები ახლომდებარე ადგილების ნიადაგის ჰაერში წარმოადგენს როგორც სამეცნიერო ინტერესს (კორელაციის დასადგენად), ასევე მნიშვნელოვანია გამოსხივების დოზური მახასიათებლების შესაფასებლად.

აღნიშნულია, რომ რადონის ტერიტორიული გავრცელების კვლევას, როგორც ზედაპირულ წყლებში, ასევე ნიადაგის აირში, რადონის კონცენტრაციაზე სხვადასხვა გარე ფაქტორის გავლენის შესწავლას და ა.შ. აქვს დიდი მნიშვნელობა.

რადიოაქტიური გამოსხივება საკმაოდ საშიშია ადამიანის ჯანმრთელობისათვის, რადონის სხვადასხვა ბუნებრივ ობიექტებში (მათ შორის წყალში, განსაკუთრებით სასმელ) გავრცელების კვლევა არის საგანი მრავალრიცხოვანი სამეცნიერო ნაშრომებისა ბევრ ქვეყანაში. განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა სასმელ წყალს, რადგან სასმელი

წყლისთვის ხშირად გამოიყენება როგორც ზედაპირულ წყლები, ასევე მიწისქვეშა წყლები, სადაც დადგენილია, რომ რადონის კონცენტრაცია ($> 1000 \text{ Bq/L}$) ბევრად აღემატება მის შემცველობას ზედაპირულ წყლებში ($0,1 - 1,0 \text{ Bq/L}$), ამიტომ ამ ამოცანის შესწავლა წარმოადგენს სერიოზულ პრობლემას ადამიანის ჯანმრთელობის დაცვის სფეროსთვის და არის მრავალი კვლევის საგანი.

საკვლევი თემის აქტუალობიდან გამომდინარე ჩამოყალიბებულია სამუშაოში დასმული ამოცანები. ჩამოყალიბებულია კვლევის ობიექტი, მოყვანილია საკონტროლო პუნქტების ჩამონათვალი და მათი ძირითადი მახასიათებლები.

დასახული კვლევები შედგებოდა ორი ნაწილისაგან: ძირითადი კვლევები და სპეციალური კვლევები. ძირითადი კვლევები მოიცავდა ქ. თბილისის სასმელი (წყალსადენის) წყალში და სხვადასხვა ტიპის ზედაპირულ წყლებში რადიოაქტიური აირის რადონის კვლევას და მიღებული შედეგების საფუძველზე რადიოლოგიური პარამეტრების დადგენას. სპეციალური კვლევები კი - რადონის აქტივობის კონცენტრაციის კვლევას ნიადაგის აირში, და წყლის და ნიადაგის რადიონუკლიდური შემცველობის კვლევას.

მესამე თავში განხილულია კვლევის მეთოდოლოგია. წყლის ნიმუშებში და ნიადაგის ჰაერში რადონის შემცველობის დასადგენად გამოყენებული იყო ალფა-სპექტრომეტრიის მეთოდი.

ცალკეული საკონტროლო პუნქტების წყლის და ნიადაგის ნიმუშებში რადიონუკლიდური შედგენილობისა და აქტივობის კონცენტრაციის დასადგენად გამოყენებული იყო გამა-სპექტრომეტრიის მეთოდი.

ალფა-სპექტრომეტრიის მეთოდით კვლევების ჩატარება ხდებოდა თანამედროვე მაღალმგრძობიარე რადონის ელექტრონული დეტექტორის RAD7 გამოყენებით, რომელიც განკუთვნილია გარემოს სხვადასხვა ობიექტში რადიოაქტიური აირების – რადონის (Rn-222) და თორონის (Rn-

220) გასაზომად. შედეგების დამუშავება ტარდებოდა პროგრამული უზრუნველყოფით Capture.

წყლის ნიმუშების აღებისთვის გამოყენებული იყო 250 მლ მოცულობის სპეციალური მინის კონტეინერები; აღებული ნიმუშების გადატანა ხდებოდა ლაბორატორიაში რადონის შემცველობის ანალიზისთვის.

ნიადაგურ ჰაერში რადონის შემცველობის გაზომვები ტარდებოდა 60-80 სმ სიღრმის სპეციალურ შპურებში, რომლებიც მომზადდებოდა სპეციალური ხელის ბურღის მეშვეობით.

გამა-სპექტრომეტრიის მეთოდით კვლევების ჩასატარებლად გამოყენებული იყო თანამედროვე გამა-სპექტრომეტრი Canberra ნახევარგამტარული გერმანიუმის დეტექტორით შეფარდებითი ეფექტურობით 24%; რეგისტრირებადი გამა-კვანტების ენერჯიათა დიაპაზონია 40 – 3000 keV; პროგრამული უზრუნველყოფა Genie-2000. სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფა LabSOCS საშუალებას იძლევა ჩატარდეს რეგისტრაციის ეფექტურობის გაანგარიშება ნიმუშის გეომეტრიის ფართო სპექტრისათვის. ძირითადად განსაზღვრული იყო U-238, Th-232 და U-235 ოჯახების რადიონუკლიდები (20-მდე რადიონუკლიდი), და აგრეთვე ცალკეული რადიონუკლიდი - K-40, Cs-137, და ა.შ.

ნიმუშების გამა-სპექტრების გაზომვები ტარდება სპეციალურ ჭურჭელში (ე.წ. მარინელის კონტეინერში), რომლებშიც ნიმუშები იმყოფებიან ჰერმეტიკულ მდგომარეობაში დაახლოებით 30 დღე-ღამის განმავლობაში. ნიმუშების გამა-სპექტრების აკრეფის დრო შეადგენს სამ დღე-ღამემდე (72 საათი). ასეთი რეჟიმი საშუალებას იძლევა საკმაოდ მცირე (“კვალის” მოცულობით) აქტივობის მქონე რადიონუკლიდების დეტექტირებას, თუმცა, მეორე მხრივ, ზღუდავს შესასწავლი ნიმუშების საერთო რაოდენობას და მთლიანი სამუშაოს შესრულების ვადებს. რადიონუკლიდების იდენტიფიკაციისათვის გამოყენებული იქნება

სპეციალური ბიბლიოთეკა, რომელიც შეიცავს ყველაზე გავრცელებულ ბუნებრივ და ტექნოგენურ რადიონუკლიდებს. ბიბლიოთეკის შედგენისათვის გამოყენებული იქნება სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფა NuDaT-ის მონაცემები.

ბუნებრივი რადიონუკლიდების (რომლებიც მიეკუთვნებიან ოჯახებს) აქტივობის კონცენტრაციის გაანგარიშებისათვის საბაზო მიდგომაა ვარაუდი, რომ ისინი იმყოფებიან ე.წ. “საუკუნოვან წონასწორობაში”.

მეოთხე თავში მოცემულია კვლევის შედეგები და მათი ანალიზი. ნაჩვენებია, რომ წყალში რადონის საშუალო აქტივობა თბილისის ტერიტორიაზე იცვლებოდა საკმაოდ დიდ დიაპაზონში - ფონური და მასთან ახლოს მდგომი მნიშვნელობიდან (0.01 – 0.3 Bq/L) 3 Bq/L-მდე და მეტი (მაქსიმალური მნიშვნელობა 6.5 Bq/L); წყალში რადონის აქტივობის ცვლილების დიაპაზონი ახლოსმდებარე დასახლებულ პუნქტებში რამდენადმე განსხვავდება - 0.33 Bq/L - დან (დასახლებულ პუნქტში ბულაჩაური) 7.8 Bq/L-მდე (მაქსიმალური მნიშვნელობით 13.1 Bq/L); ქ. თბილისის ტერიტორიები შესაძლოა დაყოფილი იყოს 2 დიდ ჯგუფად - ტერიტორიები, რომლებშიც რადონის აქტივობა დაბალია (0.3 – 1.0 Bq/L) ან ძალიან დაბალია (<0.3 Bq/L), საშუალო მნიშვნელობით 0.3 Bq/L, და ტერიტორიები, სადაც რადონის აქტივობა ტიპურია (1.0 – 3.0 Bq/L) ან ტიპურზე მაღალია (3.0. – 10.0 Bq/L), საშუალო მნიშვნელობით 1.8 Bq/L; უნდა აღინიშნოს, რომ საკონტროლო პუნქტების უმრავლესობა (47%) ხასიათდებიან აქტივობის ტიპური მნიშვნელობებით; ხოლო ახლოსმდებარე დასახლებული პუნქტების უმრავლესობა (70%) ტიპურზე მაღალი აქტივობით, რაც ალბათ გამოწვეულია ორი ტიპის წყალმომარაგების წყაროების (ზედაპირული - დაბალი აქტივობის და მიწისქვეშა - მაღალი აქტივობის) არსებობით; სეზონურ დამოკიდებულებაში შესაძლოა აღინიშნოს გარკვეული ტენდენცია, კერძოდ აქტივობის კონცენტრაციის შემცირება ზაფხულის პერიოდში; სხვადასხვა საკონტროლო პუნქტებში აქტივობის სტაბილურობა იცვლება ასევე ფართო ზღვრებში.

ამავდროულად იგი რამდენადმე დაბალია პირველ ჯგუფში 16 დან 150%-მდე, მეორე ჯგუფთან შედარებით 7 დან 87 %-მდე (და ცალკეულ საკონტროლო პუნქტებში ზოგიერთ თვეებში აქტივობის მნიშვნელობები შეესაბამებოდნენ შედარებით მაღალ ან დაბალ აქტივობის ჯგუფს).

ორი არტეზიული აუზის (თბილისის და ქართლის არტეზიული აუზები) კვლევისას მიღებული შედეგების შედარებამ აჩვენა, რომ შედარებით მაღალი აქტივობა დაიმზირება წყაროს წყალში (განსაკუთრებით პირველი ტიპის წყაროს წყლებში), შედარებით დაბალი (ფონურთან ახლოს) რეზერვუარის, ტბის და მდინარის წყლებში (გამონაკლისს წარმოადგენს თბილისის არტეზიულ აუზში მდებარე მდინარის წყლის ორი საკონტროლო პუნქტი, რომლებიც მდებარეობენ წყაროების მახლობლად;

თბილისის არტეზიული აუზის ტერიტორიაზე წყაროს წყალში რადონის აქტივობის საშუალო მნიშვნელობა მნიშვნელოვნად მაღალია (ზოგიერთ წყაროში იმყოფება ზემოდალი მნიშვნელობების ჯგუფში - მეტი 100 Bq/L), ვიდრე ქართლის არტეზიული აუზის ტერიტორიაზე (დაახლოებით 7-ჯერ პირველი ტიპის წყაროებისთვის (ნიმუშის აღება ხდებოდა უშუალოდ წყაროს ადგილმდებარეობის ზონაში) და 2-ჯერ მეორე ტიპის წყაროებისთვის (ნიმუშის აღება ხდებოდა წყაროს ადგილმდებარეობის ზონიდან მოშორებით));

საშუალო აქტივობის მნიშვნელობები ჭის (6.9 Bq/L) და არტეზიულ (5.7 Bq/L) წყლებში ქართლის არტეზიულ აუზში საკმაოდ ახლოსაა ერთმანეთთან; მათი ცვლილების დიაპაზონი იმყოფება აქტივობის მნიშვნელობების ტიპიური და ტიპიურზე მაღალი შემცველობის ჯგუფებში. აქტივობის მნიშვნელობები ჭის წყლებში მონოტონურად იზრდება ჭის სიღრმის ზრდასთან ერთად;

აქტივობის მნიშვნელობები ერთსა და იმავე საკონტროლო პუნქტში გაზომვის პერიოდზე დამოკიდებულებით რიგ შემთხვევებში (ძირითადად

წყაროს წყალში) არის საკმაოდ არასტაბილური (8 საკონტროლო პუნქტში). რაიმე კანონზომიერება სეზონურ განაწილებაში არ დაიმზირება;

აქტივობების მნიშვნელობები წყლებში, რომლებიც აღებული იქნა ერთსა და იმავე დრენაჟული სისტემიდან, მაგრამ სხვადასხვა ახლოსმდებარე (დაახლოებით 1 მ მანძილის დაშორებით) წყალსადენებიდან საკმაოდ ახლოსაა ერთმანეთთან.

რადონის კონცენტრაციის მნიშვნელობების საკმაოდ კარგი შეფარდება, რომელიც მიღებული იყო ორი მეთოდით, მოწმობს მოქმედი ფაქტორების უმნიშვნელო გავლენაზე. გამა-სპექტროსკოპიით მიღებული კონცენტრაციების შედარებით დაბალი მნიშვნელობები, შესაძლოა დაკავშირებული იყოს ნიმუშის აღების სპეციფიკასთან, რადგან ამ ორი მეთოდის დროს გამოიყენება სხვადასხვა ფორმის და მასალისაგან დამზადებული ჭურჭელი. გამა-სპექტრომეტრის დროს გამოყენებული მარინელის ჭურჭლის (1,2 ლ მოცულობის) შესავსებად მეტი დროა საჭირო. ჭურჭელში ნიმუში ღია მდგომარეობაში შედარებით მეტხანსაა, ამიტომ ჭურჭლის ჰერმეტიკულად დახურვამდე ადგილი აქვს რადონის აერაციას.

დამზერილი შემთხვევები ნიმუშის ერთთვიანი გაჩერების შემდეგ ზოგიერთი ნუკლიდის პიკისთვის, რომლებიც არ წარმოადგენენ არაწონასწორული რადონის დაშლის პროდუქტებს, თვლის სიჩქარის უმნიშვნელო ცვლილება შესაძლოა გამოწვეული იყოს, როგორც ფონით, ასევე ნიმუშის თავისებურებებით.

როგორც შედეგებმა აჩვენა, საშუალოდ რადონის შემცველობა ნიადაგურ აირში თბილისის არტეზიული აუზის ტერიტორიაზე მნიშვნელოვნად მაღალია, ვიდრე ქართლის არტეზიული აუზის ტერიტორიაზე. ეს გარემოება სავარაუდოდ დაკავშირებულია ქართლის არტეზიულ აუზში (რომელიც ხასიათდება მიწისქვეშა და ზედაპირული წყლების დიდი მარაგით) მიწისქვეშა წყლების მიერ დრენაჟის განვითარების დიდ ინტენსივობასთან (რაც ზღუდავს ნიადაგური რადონის მიგრაციას ნიადაგში). თბილისის არტეზიული აუზის ტერიტორიაზე

მიწისქვეშა წყლების სისტემა უფრო სუსტადაა განვითარებული, რაც ამსუბუქებს ნიადაგური რადონის მიგრაციას.

გამა სპექტრების ანალიზის საფუძველზე ნიადაგის ნიმუშებში იდენტიფიცირებული იქნა 22-მდე რადიონუკლიდი (ასევე იდენტიფიცირდება ზოგიერთი სპეციფიკური ხაზი, რომლებიც წარმოიქმნება კოსმოსური სხივების დეტექტორის მასალასთან ან ნიმუშთან ურთიერთქმედების შედეგად). იდენტიფიცირებული რადიონუკლიდების აქტივობები იმყოფება ზღვრებში 0.54 Bq/kg (Ra-223-თვის) – 611 Bq/kg (K-40-თვის), ხოლო რიგ ნიმუშებში ზოგიერთი რადიონუკლიდის აქტივობა ნაკლებია მინიმალურ დეტექტირებულ აქტივობაზე.

ნიადაგების რადიონუკლიდური შედგენილობის საფუძველზე გაანგარიშებული იყო დედამიწის გამა-რადიოაქტივობის დოზური პარამეტრები.

ნაშრომში მოყვანილია რადონის რუკები, რომლებიც შედგენილი იყო მიღებული შედეგების საფუძველზე.

დისერტაციის ბოლოს მოყვანილია დასკვნები. აღნიშნულია, რომ მიმდინარე სამუშაოში განხილულია გარემოში შედარებით გავრცელებული ბუნებრივი რადიონუკლიდების ოჯახები (რომელთა მშობლებია - Th-232, U-238 და U-235, ასევე ცალკეული რადიონუკლიდი K-40) და ბუნებრივად მიმდინარე გარდაქმნის ჯაჭვი თითოეული ოჯახის რადიონუკლიდებისათვის; ბუნებრივი რადიაციის გამომწვევი რადიონუკლიდის - რადონის დაშლის პროდუქტების გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე;

სასმელი "წყალსადენის" წყლის კვლევის სფეროში ჩატარდა საინფორმაციო მასალის ანალიზი ქ. თბილისის სასმელი წყლით წყალმომარეგების სისტემის შესახებ, რის საფუძველზეც დადგინდა ზოგიერთი თავისებურება (კერძოდ, ნაჩვენებია, რომ წყლის რესურსების წყაროები პირობითად შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად - ზედაპირული და მიწისქვეშა);

ჩატარდა ლიტერატურული მასალის ანალიზი, კერძოდ: მოყვანილია სხვადასხვა ტიპის წყლებში რადონის შემცველობის მონაცემები; სასმელ წყალში რადონით გამოწვეული რადიოლოგიური დოზების მონაცემები; მოცემულია მონაცემები რადონის შემცველობის შესახებ ნიადაგის ჰაერში; ინფორმაცია აღნიშნულ პრობლემასთან დაკავშირებით საქართველოში ჩატარებული კვლევების შესახებ. ჩამოყალიბებულია კვლევის ობიექტი და კვლევის სტრატეგია; მოცემულია დასახული ამოცანების ჩამონათვალი.

ზოგადი დასკვნები

1. შესწავლილია

ქ. თბილისის სასმელი (წყალსადენის) წყალში რადიოაქტიური აირის რადონის შემცველობა.

დადგენილია

- რომ ქ.თბილისის სასმელი წყლის ძირითადი რესურსები მოყვანილია 11 წყალმომარაგების წყაროს სახით, რომლებიც პირობითად დავყავით 2 ჯგუფად: ზედაპირული წყაროები და მიწისქვეშა წყაროები;
- წყალში რადონის საშუალო აქტივობა თბილისის ტერიტორიაზე იცვლებოდა საკმაოდ დიდ დიაპაზონში - ფონური და მასთან ახლოს მდგომი მნიშვნელობიდან (0.01 – 0.3 Bq/L) 3 Bq/L-მდე და მეტი (მაქსიმალური მნიშვნელობა 6.5 Bq/L);
- წყალში რადონის აქტივობის ცვლილების დიაპაზონი ახლოსმდებარე დასახლებულ პუნქტებში რამდენადმე განსხვავდება - 0.33 Bq/L - დან (დასახლებულ პუნქტში ბულაჩაური) 7.8 Bq/L-მდე (მაქსიმალური მნიშვნელობით 13.1 Bq/L);
- ქ. თბილისის ტერიტორიები შესაძლოა დავყოთ 2 დიდ ჯგუფად - ტერიტორიები, რომლებშიც რადონის აქტივობა დაბალია (0.3 – 1.0 Bq/L) ან ძალიან დაბალია (<0.3 Bq/L) საშუალო მნიშვნელობით 0.3 Bq/L, და ტერიტორიები, სადაც რადონის აქტივობა ტიპიურია (1.0 – 3.0 Bq/L) ან ტიპიურზე მაღალია (3.0. – 10.0 Bq/L) საშუალო მნიშვნელობით 1.8 Bq/L; უნდა აღინიშნოს, რომ საკონტროლო პუნქტების უმრავლესობა (47%)

ხასიათდებიან აქტივობის ტიპური მნიშვნელობებით; ხოლო ახლოსმდებარე დასახლებული პუნქტების უმრავლესობა (70%) ტიპურზე მაღალი აქტივობით, რაც ალბათ გამოწვეულია ორი ტიპის წყალმომარაგების წყაროების (ზედაპირული - დაბალი აქტივობის და მიწისქვეშა - მაღალი აქტივობის) არსებობით;

- სეზონურ დამოკიდებულებაში შესაძლოა აღინიშნოს გარკვეული ტენდენცია, კერძოდ აქტივობის კონცენტრაციის შემცირება ზაფხულის პერიოდში;
- სხვადასხვა საკონტროლო პუნქტებში აქტივობის სტაბილურობა იცვლება ასევე ფართო ზღვრებში. ამავდროულად იგი რამდენადმე დაბალია პირველ ჯგუფში 16 დან 150%-მდე, მეორე ჯგუფთან შედარებით 7 დან 87 %-მდე (და ცალკეულ საკონტროლო პუნქტებში ზოგიერთ თვეებში აქტივობის მნიშვნელობები შეესაბამებოდნენ შედარებით მაღალ ან დაბალ აქტივობის ჯგუფს).

2. შესწავლილია

ქ. თბილისის გეოგრაფიული არეალში, კერძოდ თბილისისა და ქართლის არტეზიული აუზების ტერიტორიებზე ბუნებრივი წყლებში რადიოაქტიური აირის რადონის შემცველობა.

დადგენილია

- თბილისის არტეზიული აუზის ტერიტორიაზე ზედაპირულ წყლებში რადონის შემცველობა იცვლება საკმაოდ დიდ დიაპაზონში, კერძოდ:
 - პირველი ტიპის წყაროს წყლებში იცვლებოდა რამოდენიმე ერთეული Bq/L-დან (2.7 Bq/L) 100 Bq/L-მდე და მეტი (163 Bq/L), საშუალო მნიშვნელობით 72.3 Bq/L;
 - მეორე ტიპის წყაროს წყლებში (ნიმუშის აღება ხდებოდა წყაროს ადგილმდებარეობის ზონიდან მოშორებით) იცვლებოდა 0.1 Bq/L - 35.8 Bq/L დიაპაზონში, საშუალო მნიშვნელობით 8.4 Bq/L;
 - მდინარის წყალში ცვლილების დიაპაზონი შეადგენს 0.1 - 7.0 Bq/L, საშუალო მნიშვნელობით 2.2 Bq/L.

- ქართლის არტეზიული აუზის ტერიტორიაზე ზედაპირულ წყლებში რადონის შემცველობის დიაპაზონი შეადგენს:
 - პირველი ტიპის წყაროს წყლებში 3.3 Bq/L - 16.6 Bq/L, საშუალო მნიშვნელობით 9.5 Bq/L;
 - მეორე ტიპის წყაროს წყლებში 0.5 Bq/L - 10.3 Bq/L, საშუალო მნიშვნელობით 5.4 Bq/L;
 - ჭის წყლებში – 1.1-11.4 Bq/L, საშუალო მნიშვნელობით 6.9 Bq/L;
 - არტეზიულ წყლებში – 1.1-12.2 Bq/L, საშუალო მნიშვნელობით 5.7 Bq/L;
 - მდინარის და წყალსაცავის წყლებში – 0.2-0.4 Bq/L.
- ზედაპირულ წყლებში რადონის კონცენტრაციის სიდიდეების მიხედვით, გამოკვლეული საკონტროლო პუნქტების უმრავლესობა იმყოფება რადონის აქტივობის მნიშვნელობების ტიპიურზე მაღალი (3 – 10 Bq/L) ან მაღალი (10 – 30 Bq/L) შემცველობის ჯგუფებში. ამასთან თბილისის არტეზიულ აუზში წყაროს წყლებში რადონის კონცენტრაცია შესამჩნევად მაღალია, ვიდრე ქართლის არტეზიულ აუზში (მაგ. პირველი ტიპის წყაროს წყლისთვის 6-ზე მეტჯერ).
- თბილისის არტეზიული აუზის ტერიტორიის ზედაპირული წყლების დოზური პარამეტრები:
 - პირველი ტიპის წყაროს წყლებში:
 - $D_{ig}, \mu Sv a^{-1}$ – 0.56-დან 25.0-მდე, საშუალო მნიშვნელობით 14.0;
 - $D_{ig-st}, \mu Sv a^{-1}$ – 16.1 - 715 საშუალო მნიშვნელობით 401;
 - მეორე ტიპის წყაროს წყლებში:
 - $D_{ig}, \mu Sv a^{-1}$ – 0.52 - 4.6 საშუალო მნიშვნელობით 1.9;
 - $D_{ig-st}, \mu Sv a^{-1}$ – 14.8 - 131 საშუალო მნიშვნელობით 55.3;
- ქართლის არტეზიული აუზის ტერიტორიის ზედაპირული წყლების დოზური პარამეტრები:
 - პირველი ტიპის წყაროს წყლებში:
 - $D_{ig}, \mu Sv a^{-1}$ – 1.5 - 2.4 საშუალო მნიშვნელობით 2.0;

- $D_{ig-st}, \mu Sv a^{-1} - 43 - 68$ საშუალო მნიშვნელობით 57;
- მეორე ტიპის წყაროს წყლებში:
 - $D_{ig}, \mu Sv a^{-1} - 0.23 - 1.6$ საშუალო მნიშვნელობით 0.82;
 - $D_{ig-st}, \mu Sv a^{-1} - 6.4 - 46.0$ საშუალო მნიშვნელობით 23.0;
- ორი არტეზიული აუზის კვლევის დროს მიღებული შედეგები შესაძლოა დაკავშირებული იყოს აღნიშნული ტერიტორიების გეოლოგიურ თავისებურებებთან, ჩატარდა მიღებული შედეგების შედარება ლიტერატურულ მონაცემებთან;

3. შესწავლილია

ქ. თბილისის გეოგრაფიული არეალში, კერძოდ თბილისისა და ქართლის არტეზიული აუზების ტერიტორიებზე წყლის ზოგიერთი ნიმუშის რადიონუკლიდური შედგენილობა გამა-სპექტრომეტრის მეთოდით. მიღებული შედეგები შედარებულია ალფა-სპექტრომეტრით მიღებულ შედეგებთან.

დადგენილია

- წყლის ნიმუშის ალების დღეს და ალებიდან 30 დღის შემდეგ ანალიზისას დაყოვნების შემდეგ ზოგიერთი პიკების ინტენსივობა შემცირებულია ან საერთოდ გამქრალია;
- დამზერილი შემთხვევები ნიმუშის ერთთვიანი გაჩერების შემდეგ ზოგიერთი ნუკლიდის პიკისთვის, რომლებიც არ წარმოადგენენ არაწონასწორული რადონის დაშლის პროდუქტებს, თვლის სიჩქარის უმნიშვნელო ცვლილება შესაძლოა გამოწვეული იყოს, როგორც ფონით, ასევე ნიმუშის თავისებურებებით.
- რადონის კონცენტრაციის მნიშვნელობების საკმაოდ კარგი შეფარდება, რომელიც მიღებული იყო ორი მეთოდით (ალფა- და გამა-სპექტრომეტრული მეთოდებით კვლევისას), მოწმობს მოქმედი ფაქტორების უმნიშვნელო გავლენაზე.

4. შესწავლილია

ქ. თბილისის გეოგრაფიული არეალში, კერძოდ თბილისისა და ქართლის არტეზიული აუზების ტერიტორიებზე ნიადაგურ აირში რადონის შემცველობა.

დადგენილია

- ნიადაგურ აირში რადონის აქტივობის სიდიდეების მიხედვით, გამოკვლეული საკონტროლო პუნქტების უმრავლესობა იმყოფებოდა ტიპურზე დაბალი (ნაკლები 3000 Bq/m^3) შემცველობის ჯგუფში, ერთ საკონტროლო პუნქტში დაფიქსირდა ტიპური მნიშვნელობა, და ერთ საკონტროლო პუნქტში - ტიპურზე მაღალი;
- რადონის აქტივობის კვლევის მიღებული შედეგები ნიადაგური აირისთვის, ისევე როგორც ზედაპირული წყლებისთვის, ორივე არტეზიულ აუზებში შესაძლოა დაკავშირებული იყოს აღნიშნული ტერიტორიების გეოლოგიურ თავისებურებებთან;
- თბილისისა და ქართლის არტეზიული აუზებში გამოკვლეული საკონტროლო პუნქტების ნიადაგური აირის რადონის რუკა;
- მიღებული შედეგები შესამჩნევად ნაკლებია მსოფლიოს სხვა რეგიონების სიდიდეებზე.

5. შესწავლილია

ქ. თბილისის გეოგრაფიული არეალში, კერძოდ თბილისისა და ქართლის არტეზიული აუზების ტერიტორიებზე ნიადაგის ზოგიერთი ნიმუშის რადიონუკლიდური შემცველობა.

დადგენილია

- ნიმუშებში აღმოჩენილი იქნა 22-მდე რადიონუკლიდი: Th-232-ის ოჯახი - Ac-228, Th-228, Ra-224, Pb-212, Bi-212, Tl-208, U-238-ის ოჯახი - Th-234, Pa-234, Th-230, Ra-226, Pb-214, Bi-214, Pb-210, U-235-ის ოჯახი - U-235, Th-231, Th-227, Ra-223, Rn-219, Pb-211, ზოგიერთი ბუნებრივი რადიონუკლიდი - Be-7, K-40, ასევე ტექნოგენური რადიონუკლიდი Cs-137;

- ბუნებრივი რადიონუკლიდების აქტივობა ნიადაგის ტიპის და მდებარეობის მიხედვით განსხვავებულია - თბილისის არტეზიული აუზის ტერიტორიაზე რადიონუკლიდების ეკვივალენტური აქტივობის შედარებით მაღალი მნიშვნელობები დაიმზირება Al-Cr ტიპის ნიადაგებისთვის - საშუალო მნიშვნელობით 93.5 Bq/kg (რაც ახლოსაა ქართლის არტეზიული აუზის ასეთივე ტიპის ნიადაგების აქტივობის საშუალო მნიშვნელობასთან 95.1 Bq/kg). რამდენადმე დაბალია Cn-Cr (88.0 Bq/kg) ტიპის ნიადაგისთვის და მინიმალური მნიშვნელობები დაიმზირება Cn და GC (შესაბამისად 75.2 და 79.5 Bq/kg) ტიპის ნიადაგებისთვის;
- განხილულია რადიონუკლიდების აქტივობების ზოგიერთი შეფარდებები, კერძოდ U-238/U-235, U-238/Th-232, Ra-226/U-238 და Pb-210/Ra-226 და დადგინდა მათი განაწილების ზოგიერთი თავისებურებები; აღინიშნა, რომ Pb-210/Ra-226 შეფარდებისთვის დაიმზირება მნიშვნელოვანი გადახრა წონასწორული მნიშვნელობიდან ზრდადობისკენ;
- მიღებული შედეგები შესამჩნევად ნაკლებია მსოფლიოს სხვა რეგიონების და ასევე საშუალო მსოფლიო სიდიდეებზე. უნდა აღინიშნოს, ისიც რომ რადიუმის ეკვივალენტური აქტივობის სიდიდე, რომელიც იცვლება 48.6 – 93.1 Bq/kg შესამჩნევად დაბალია რეკომენდირებულ სიდიდეზე 370 Bq/kg, ხოლო წლიური ეფექტური დოზა, რომელიც იცვლება 29-56 $\mu\text{Sv/y}$ ნაკლებია ზღვრულ სიდიდეზე 1 mSv/y.

დისერტაციის შედეგები მოხსენებული იყო შემდეგ საერთაშორისო სამეცნიერო ფორუმებზე:

1. 16th International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference & EXPO SGEM 2016 – «Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection», Albena Resort, Varna city, Bulgaria, 28 June-7 July, 2016,

- “Indoor Radon and Dose Parameters in Dwellings in Tbilisi City – The Main City of Georgia” (ზეპირი მოხსენება);*
2. 16th International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference & EXPO SGEM 2016 – «Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection», Albena Resort, Varna city, Bulgaria, 28 June-7 July, 2016
“Radon in Natural Water Sources in Tbilisi Artesian Basin, Georgia” (ზეპირი მოხსენება);
 3. 5th International Conference of Young Scientists - Chemistry Today (ICYS-2016), Tbilisi, Georgia, 19-20 September, 2016, „*Radon in some natural water sources*“ (ზეპირი მოხსენება);
 4. *Micros 2017* - 17th International Symposium on Microdosimetry, An Interdisciplinary Meeting on Ionising Radiation Quality, Molecular Mechanisms, Cellular Effects, and Their Consequences for Low Level Risk Assessment and Radiation Therapy, *Venice (Venezia), Italy* , 5-10 November 2017,
“Radioactivity of soil in suburbs of Tbilisi city (the capital of Georgia)”,
(სასტენდო მოხსენება).

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებული შრომების სია:

1. Nodar Kekelidze, Teimuraz Jakhutashvili, Eremia Tulashvili, Manana Chkhaidze, Zaur Berishvili, Lela Mtsariashvili, Irina Ambokadze „Radon in Tap Water in the Territory of Tbilisi City“. In book “Radon: Geology, Environmental Impact and Toxicity Concerns”; Chapter 7, pp. 149-161; Editor Audrey M. Stacks; Series: Biochemistry Research Trends; Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, NY, USA, 2015;
2. Lela Mtsariashvili, Nodar Kekelidze, Bejan Tutberidze, Eremia Tulashvili, Irina Ambokadze “Radon in Natural Water Sources in Tbilisi Artesian Basin, Georgia”, 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO SGEM 2016, Conference proceedings on Water Resources. Forest,

Marine and Ocean Ecosystems, Volume I, Hydrogeology and Water Resources, ISBN 978-619-7105-61-2; ISSN 1314-2704; DOI: 10.5593/sgem2016B31, Bulgaria, 2016, pp. 605 – 612;

3. Nodar Kekelidze, Teimuraz Jakhutashvili, Bezhan Tutberidze, Eremia Tulashvili, Mariam Akhalkatsishvili, Lela Mtsariashvili “Radioactivity of soils in Mtskheta-Mtianeti region (Georgia)”, *Annals of Agrarian Science* 15 (2017) pp.304-311,
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1512188717300969?via%3Dihub>);
4. Nodar Kekelidze, Teimuraz Jakhutashvili, Bezhan Tutberidze, Eremia Tulashvili, Mariam Akhalkatsishvili, Lela Mtsariashvili “Radionuclides in Samples of Soil of Different Types in the Kvemo Kartli Region (Georgia)”, *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, Vol. 3, No. 3, 2018, pp. 57-67,
(<http://www.aascit.org/journal/archive2?journalId=805&paperId=6641>).

Abstract

Radon radioactive emission in some natural objects

Atomic nuclei in the environment, of which matter consists, are mainly stable. But there are also unstable nuclei, which contain excess or lack of particles (proton, neutron, etc.), that causes the nucleus transformation (on the basis of decay) into the other nucleus (stable or vice versa). Such atoms are called radioactive, because during transformation they emulate radiation, the nature and the properties of which are different (alpha, beta, gamma and other types of radiation). Radioactive atoms are called radioactive isotopes, or radionuclides.

Radioactivity has not been created by humans; it represents the component of the environment, like the surface of the earth, rocks, atmosphere, human body, nutrition etc.

Therefore, one of the most actual problems in modern ecology is the study of the radioactive state of the environment. Recently scientists have concluded that the main part of irradiation of the population is caused by the natural sources. They can generally be divided into two main groups: cosmic rays and radioactive elements contained in various natural or artificial objects - air, soil, water, building materials etc. For a long time enough attention has not been given to these sources of radiation, but in recent years the point of view of scientists and society has changed.

It could be considered, that in Georgia researches, associated with these problems, are carried out on a small scale. The results obtained in given work, on the definition of the radon content in both one of the main objects of the environment – in drinking (tap) water and in soil air, have the great importance in scientific and practical terms.

In this work the families of natural relatively common radionuclides (whose parents are Th-232, U-238 and U-235, also separate radionuclide K-40) and the natural flowing chain transition for each radionuclides family are discussed in given work. It has been shown the impact of natural radiation on human health have been caused by radionuclide radon dissolving products.

Analysis of informational material has been carried out on the drinking “tap” water supply system of Tbilisi city based on which some features have been identified (namely, the sources of water resources can be conditionally divided into two groups - surface and underground); Analysis of literary material implemented as abroad as well as in Georgia has been carried out.

There is discussed the methodology of studying of radon activity concentration in natural objects. Studies have been carried out by using of two methods: alpha-spectrometric (by using detector RAD7) and gamma-spectrometric (by using Germanic detector Canberra GC2020) ones. It has been established the calculation technique of the dose parameter in the water.

For the researching of drinking “tap” water the territory of Tbilisi city there have been chosen 118 control points on 52 historical territorial units. In addition, 10 control points have been chosen in settlements of Tbilisi city.

For the researching of the surface water there have been chosen 44 control points located on the territories of Kartli and Tbilisi artesian basins situated in the north and south of Tbilisi city. In these artesian basins, not only the surface waters, but also soil air and soil samples have been studied.

The analysis has been carried out and shown, that the results obtained at the study of the two artesian basins may be related to the geological features of the marked territories. There has been carried out comparison of our results with literary data.

On basis of the obtained results there have been created the radiation maps of Tbilisi drinking "tap" water, as well as some of the surface water and soil air samples in the territories of Tbilisi and Kartli artesian basins.

The novelty of the work is expressed by the creation of the first information database on radon content in various natural objects - surface waters, drinking water, soil air, also dose parameters, etc. in the neighborhood of the capital of Georgia – Tbilisi city.