

**$^{137}\text{Cs}$  რადიონუკლიდის მიგრაცია საქართველოს კურორტების  
ნიადაგში ჩერნობილის ავარიიდან 31 წლის შემდეგ**

ნ. კუჭავა<sup>1</sup>, პ. იმნაძე<sup>1</sup>, ი. ნიკოლაიშვილი<sup>2</sup>, ლ. ჩხარტიშვილი<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი  
ე. ანდრონიკაშვილის სახ. ფიზიკის ინსტიტუტი  
თბილისი, საქართველო  
[nana.kuchava@aip.tsu.ge](mailto:nana.kuchava@aip.tsu.ge)  
[platon.imnadze@gmail.com](mailto:platon.imnadze@gmail.com)

<sup>2</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტი  
თბილისი, საქართველო  
[nikolaishvili95@gmail.com](mailto:nikolaishvili95@gmail.com)

<sup>3</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
საინჟინრო ფიზიკის დეპარტამენტი  
თბილისი, საქართველო  
[levanchkhartishvili@gtu.ge](mailto:levanchkhartishvili@gtu.ge)

მიღებულია 2021 წლის 2 მარტს

## ანოტაცია

შესწავლილია  $^{137}\text{Cs}$  რადიონუკლიდის ვერტიკალური მიგრაცია შავი ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე მდებარე საქართველოს ორი კურორტის – ურეკისა და ბახმაროს – ნიადაგში ჩერნობილის ავარიიდან 31 წლის მერე. ნიმუშები შეგროვდა 2017 წელს ანუ ამ რადიონუკლიდის ნახევარდაშლის პერიოდის გასვლის შემდეგ. დიდი ინტერესი  $^{137}\text{Cs}$ -ის მიგრაციის პრობლემისადმი განპირობებულია მისი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით. ნიადაგის ნიმუშები აღებულ იქნა ერთსა და იგივე დღეს (15 ივლისს) 0 (ზედაპირი), 10, 20, 30 და 40 სმ-ის სიღრმეზე. განხილული ორი განსხვავებული ტიპის ნიადაგისათვის ნათლად გამოიკვეთა  $^{137}\text{Cs}$  რადიონუკლიდის ვერტიკალური მიგრაციის განსხვავებული ხასიათი.

## შესავალი

ცნობილია, რომ ხელოვნური რადიონუკლიდები წარმოშობილია ბირთვული ენერგეტიკის ობიექტების ავარიებით და ბირთვული იარაღის აფეთქებით, რაც წარმოადგენს ადამიანთა დასახივების ერთერთ მნიშვნელოვან წყაროს. ხელოვნური რადიონუკლიდები იწვევს ბიოსფეროს გლობალურ დაბინძურებას, რაც, თავის მხრივ, მოსახლეობის შინაგანი და გარეგანი დასახივების დამატებით წყაროებს წარმოქმნის.

ამ თვალსაზრისით, მნიშვნელოვანია შემდეგი რადიონუკლიდები:  $^{131}\text{I}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  და  $^{14}\text{C}$ . ნახევარდაშლის პერიოდების სხვადასხვაობის გამო მათ მიერ გამოწვეული

დასხივების დოზის ფორმირება ხდება არათანაბრად. <sup>131</sup>I რადიონუკლიდის მიერ გამოწვეული დასხივების დოზის რეალიზაცია რამდენიმე კვირაში ხდება, <sup>90</sup>Sr-ისა და <sup>137</sup>Cs-ის ზემოქმედებით გამოწვეული დასხივება კი ათეულობით, ხოლო <sup>14</sup>C – ათასობით წელი გრძელდება.

### **რადიონუკლიდების ამოფრქვევა ჩერნობილის ავარიის დროს**

ატომური ელექტროსადგურების ავარიათა რიცხვს ეკუთვნის ჩერნობილის მე-4 ბლოკის აფეთქება 1986 წლის 26 აპრილს, რომლის შედეგები პირველად სკანდინავიის ქვეყნებში, შვედეთსა და ფინეთში, დაფიქსირდა. აღნიშნული ავარიით გამოწვეული ჰაერის, ნიადაგისა და კვების პროდუქტების დაბინძურების სიჩქარე, ძირითადად, დამოკიდებული იყო მეტეოროლოგიურ პირობებზე და კონკრეტული ქვეყნის რელიეფის, ფლორისა და ფაუნის თავისებურებებზე.

ატმოსფეროში ამოფრქვეულმა რადიოაქტივობამ დიდ სიმაღლეს მიაღწია, ტროპოსფერული გადატანის შედეგად დიდ მანძილზე გავრცელდა და გამოიწვია ევროპის, ამერიკის, აზიისა და აფრიკის სახელმწიფოთა მთელი რიგის ტერიტორიების მნიშვნელოვანი დაბინძურება. ქალაქ პარიზში ჩერნობილის რადიოაქტიური ღრუბელი პირველად შემჩნეულ იქნა 1986 წლის 29 აპრილს. აღინუსხა <sup>131</sup>I და <sup>99</sup>Mo რადიონუკლიდები, რომელთა კონცენტრაციაც მაქსიმალური იყო 1 – 2 მაისს.

კვლევით დადგინდა [1], რომ დედამიწაზე მაშინ დალექილი <sup>137</sup>Cs-ის რადიოაქტივობა შეიძლება შეუდარდეს 1963 წლის ბირთვულ აფეთქებათა შედეგად გამოწვეულ დაბინძურებას. რადიოაქტივობის მაღალი დონე აღინიშნა იაპონიაში – ინციდენტის ადგილიდან 2000 კმ-ის დაშორებით. კუნძულ ჰონსიუზე 5 – 10 მაისს შეგროვებულ ჰაერის ფილტრის ნიმუშების მაღალ რადიოაქტიურობაში დიდი წვლილი ეკუთვნოდა <sup>131</sup>I ხანმოკლე რადიონუკლიდს [2]. 1986 წლის 29 აპრილიდან 5 მაისამდე პერიოდში სამხრეთ-აღმოსავლეთ ავსტრიის ნიადაგის ნიმუშებში ქიმიური ელემენტების – <sup>239</sup>Pu-ის, <sup>90</sup>Sr-ისა და <sup>137</sup>Cs-ის შესამჩნევი კონცენტრაციები აღმოჩნდა [3]. აღმოსავლეთ პოლონეთში კი რადიონუკლიდების აქტივობა კომპლექსურად იქნა შესწავლილი: ჰაერში, ნიადაგსა და ბალახში [4]. სლოვენის ნიადაგის ნიმუშებში შეისწავლეს <sup>90</sup>Sr-ის, <sup>134</sup>Cs-ისა და <sup>137</sup>Cs-ის კონცენტრაციები ჩერნობილის ავარიის საწყის პერიოდში და ორი წლის შემდეგ [5].

### **რადიონუკლიდების მიგრაციის შესახებ**

შრომაში [6] აღნიშნული იყო, რომ რადიონუკლიდები, სხვადასხვა გზით ხვდებიან რა დედამიწის ზედაპირზე, პირველ რიგში აბინძურებენ ნიადაგს, მის მცენარეულ საფარს, წყალსაცავებს და ასე აღწევენ ადამიანის თითქმის ყველა სასიცოცხლო პროცესში. ამიტომ სწორედ ნიადაგი წარმოადგენს რადიონუკლიდების არსებობის შესწავლისათვის უაღრესად საინტერესო ობიექტს.

ადრე მკვლევრები ფიქრობდნენ, რომ ნიადაგზე დაფენილი რადიონუკლიდები ზედაპირზევე რჩება. მაგრამ აღმოჩნდა, რომ ეს ასე არ არის. მათი გარკვეული რაოდენობა მართლაც რჩება ზედაპირზე, მაგრამ მნიშვნელოვანი ნაწილი მიგრირდება ნიადაგის სიღრმეში. და არ არის აუცილებელი, რომ ეს დაფენისთანავე მოხდეს. ნიადაგის სიღრმეში შეღწეული რადიონუკლიდების რაოდენობა სიღრმის ზრდის

მიხედვით ექსპონენციალურად მცირდება. ამ ფაქტს ხსნიან იმით, რომ ნიადაგის მიერ რადიონუკლიდები წვიმის წყალთან ერთად შეიწოვება [7].

უნდა აღვნიშნოთ, რომ სამეცნიერო-ტექნიკური ლიტერატურის მონაცემები განსხვავებულ ნიადაგებში რადიონუკლიდების – რკინის Fe, კობალტის Co, იტრიუმის Y, ცერიუმის Ce, სტრონციუმისა Sr და ცეზიუმის Cs – შემცველობათა შესახებ ხშირად ერთმანეთს ეწინააღმდეგება [8]. ერთიდაიგივე ნიადაგისათვის კი რადიონუკლიდების შთანთქმა წარმოდგენილია ასეთი რიგით:  $^{106}\text{Ru} < ^{90}\text{Sr} < ^{144}\text{Ce} < ^{137}\text{Cs}$ .

ამჟამად რადიონუკლიდებით ნიადაგის დაბინძურების საკითხისადმი ბევრი გამოკვლევაა მიძღვნილი – იხ., მაგალითად, [6–10]. ისინი ძირითად მნიშვნელობას ანიჭებენ ნახევარდაშლის დიდი პერიოდის მქონე ნუკლიდებს, როგორცაა  $^{90}\text{Sr}$  (28.6 წელი) და  $^{137}\text{Cs}$  (30.0 წელი). ამასთან აღნიშნულია, რომ  $^{137}\text{Cs}$ -ის შეღწევა ნიადაგში ხდება უფრო ნელა, ვიდრე –  $^{90}\text{Sr}$ -ისა.

განვიხილავთ რა ნიადაგების მიერ რადიონუკლიდების შთანთქმის სხვადასხვა მექანიზმს, აუცილებელია ხაზი გავუსვათ იმ გარემოებას, რომ ნიადაგი წარმოადგენს რთულ ჰეტეროგენულ სისტემას, რომელშიც ერთდროულად მიმდინარეობს მთელი რიგი ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესებისა და ამიტომ მის მიერ რადიონუკლიდების შთანთქმა შეიძლება მოხდეს ერთდროულად რამდენიმე მექანიზმის მეშვეობით. არც იმის შესაძლებლობაა გამორიცხული, რომ მათი შთანთქმა თავდაპირველად მოხდეს ერთი მექანიზმით, ხოლო შემდეგ სხვა მექანიზმებით გაგრძელდეს. ასეთი პროცესები განსაზღვრავს რადიონუკლიდების ძვრადობასა და მიგრაციულ თვისებებს [6].

ყურადღების ღირსია ის გარემოებაც, რომ სადაც ბევრი ნალექი მოვიდა, იმ ადგილებში ნიადაგში ცეზიუმის შეღწევა ნათლად არის გამოხატული.

### ჩერნობილის ავარიის ზოგიერთი შედეგი საქართველოსათვის

ხაზი უნდა გაესვას, რომ საქართველო ერთერთი პირველთაგანია ჩერნობილის ავარიით დაზარალებულ ქვეყნებს შორის. რადიოაქტიური დაბინძურების მიხედვით, ის მეოთხე ადგილზეა ყოფილი საბჭოთა კავშირის რესპუბლიკების – უკრაინის, ბელორუსისა და რუსეთის ფედერაციის (იგულისხმება ჩერნობილის მიმდებარე რაიონები) შემდეგ. საქართველოს აღმოსავლეთ ნაწილში, კერძოდ, დედაქალაქში – თბილისში მომატებული რადიაციული ფონი პირველად 1986 წლის 2 – 3 მაისს მოსული წვიმის წყლის მაღალი რადიოაქტივობის მიხედვით აღინიშნა [11].

გამოქვეყნებული მასალებიდან ჩანს, რომ ავარიის შედეგად უფრო მეტად დაბინძურდა დასავლეთ საქართველო, განსაკუთრებით კი – შავი ზღვისპირეთი, რასაც ხელი შეუწყო წვიმიანმა და ქარიანმა ამინდმა. ამიტომ რადიოაქტიური დაბინძურების დონე დასავლეთ საქართველოში იყო გაცილებით მაღალი, აღმოსავლეთ საქართველოს რაიონების დაბინძურებასთან შედარებით [11 – 14].

შრომაში [15] წარმოდგენილია ჩერნობილის ავარიის შედეგები კავკასიის შავი ზღვის სანაპიროზე 1987–1988 წლებში, რომელთა მოპოვებაშიც მონაწილეობდა საქართველოს ბევრი ტექნიკური მიმართულების დაწესებულება და კვლევითი ინსტიტუტი. აღნიშნულ შრომაში წარმოდგენილია  $^{40}\text{K}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  და  $^{137}\text{Cs}$  რადიონუკლიდებით დასავლეთ საქართველოს ბევრი დასახლებული პუნქტის დაბინძურება. ნიადაგის ნიმუშები აღებულ იქნა 4 – 5 სმ-ის სიღრმეზე. გამოთქმულია ვარაუდი, რომ საჭირო იყო დაბინძურების შემოწმება 8 – 10 სმ სიღრმეზე მაინც.

### **<sup>137</sup>Cs რადიონუკლიდის თავისებურებანი**

ხელოვნურ რადიონუკლიდებს შორის <sup>137</sup>Cs-ის პრობლემისადმი დიდი ინტერესი განპირობებულია ამ ქიმიური ელემენტისა და მისი ნაერთების სპეციფიკური ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით. რადიაციული უსაფრთხოების თვალსაზრისით, ის წარმოადგენს პოტენციურად მეტად მნიშვნელოვან რადიონუკლიდს. ამიტომაც დაისვა <sup>137</sup>Cs-ის ნიადაგში მიგრაციის შესწავლის ამოცანა.

შრომაში [6] აღნიშნულია, რომ ნიადაგების მიერ <sup>137</sup>Cs რადიონუკლიდის შთანთქმა დამოკიდებულია მათი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების განსხვავებულობაზე. ფიქრობენ, რომ, თუ ნიადაგში ჭარბი რაოდენობით არის კალიუმი და კალციუმი, მაშინ იქ <sup>137</sup>Cs რადიონუკლიდის შთანთქმაც მეტი იქნება. შთანთქმის პროცესზე დიდ ზეგავლენას ახდენს გარემოს ტემპერატურა და pH, ნალექების რაოდენობა და კიდევ ბევრი სხვა ფაქტორი.

ცოტა რამ არის ცნობილი იმ სიჩქარის შესახებ, რომლითაც ხდება ქიმიური ელემენტების მიგრაცია ნიადაგში, როცა იცვლება ნიადაგის pH და ტენიანობა. <sup>137</sup>Cs რადიონუკლიდისაგან განსხვავებით, ცეზიუმის სტაბილური ნუკლიდი <sup>133</sup>Cs თანაბრად ვრცელდება ნიადაგის მთელ სიღრმეზე [9]. <sup>90</sup>Sr და <sup>137</sup>Cs რადიონუკლიდების მაღალი შთანთქმისუნარიანობა ნიადაგის მიერ განპირობებულია არამარტო მისი მინერალური შემადგენლობით, არამედ – ამ ქიმიურ ელემენტთა თვისებებითაც.

საქართველოში, კერძოდ, ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ელექტრონული ანდრონიკაშვილის სახელობის ფიზიკის ინსტიტუტში (თსუ-აფი) სისტემატურად ტარდებოდა და ტარდება გარემოს ფონის, წყლის, ნიადაგის, მცენარეული საფარისა და სხვადასხვა საკვები პროდუქტის გამა-სპექტრომეტრული კონტროლი [11 – 15]. შესწავლილია და წარმოდგენილია <sup>137</sup>Cs-ის შემცველობა საქართველოს ზოგი ქალაქის ნიადაგის ზედაპირულ ფენაში ჩერნობილის ავარიის საწყის პერიოდში: ბათუმში (1986 წლის 30 ივნისი), სოხუმში (1986 წლის 30 ივნისი), ქუთაისში (1986 წლის 9 ივლისი) და თბილისში (1986 წლის 11 ივლისი), რომელმაც შეადგინა 124, 136, 29 და 2 ბკ/კგ, შესაბამისად.

პერიოდულად გრძელდება რადიაციული ფონის ანალიზი, რასაც მოწმობს შრომაში [16] წარმოდგენილი მონაცემები. აქ შესწავლილია გამა-რადიაციული ფონის შემადგენლობა თსუ-აფი-ის პირველ სართულზე ერთერთ ლაბორატორიაში 2009 წელს ანუ ჩერნობილის ავარიიდან 23 წლის შემდეგ. როგორც ამ შრომაშია აღნიშნული, განსაკუთრებით საყურადღებოა დღევანდელი ხელოვნური რადიონუკლიდის <sup>137</sup>Cs-ის შემცველობის დადგენა და მისი შედარება წინა საუკუნის 70 – 80-იანი წლების მონაცემებთან.

### **<sup>137</sup>Cs რადიონუკლიდის შემცველობა საქართველოს ნიადაგებში**

ახლა წინამდებარე გამოკვლევის ძირითადი საკითხი განვიხილოთ. ამ მიზნით შევნიშნოთ, რომ ინტერესმოკლებული არ უნდა იყოს ჩატარებული ექსპერიმენტის ტექნიკური მხარის აღწერა ასეთი კუთხით და, აგრეთვე, <sup>137</sup>Cs-ის ბირთვული მახასიათებლების წარმოდგენა.

ნიადაგის ნიმუშები ორივე ადგილას – შავი ზღვის დონიდან დაახლოებით 15 მ სიმაღლეზე კურორტ ურეკში და 2050 მ სიმაღლეზე კურორტ ბახმაროს მიდამოებში –

აღებულ იქნა ერთსა და იგივე დღეს (2017 წლის 15 ივლისი) ნიადაგის შემდეგ სიღრმეებზე (ზედაპირი მიჩნეულია ნულოვან სიღრმედ): 0, 10, 20, 30 და 40 სმ. იდგა მშრალი ამინდი. ნიმუშების გაშრობა დაიწყო თბილისში 2017 წლის 17 ივლისს და დამთავრდა 29 ივლისს 37 – 39°C ტემპერატურის პირობებში. ნიმუშები გაიცრა წვრილ საცერში და მოთავსდა უაღრესად თხელი მასალისაგან დამზადებულ გამჭვირვალე კონტეინერში მათი გამა-სპექტრომეტრული გამოკვლევისათვის.

გაზომვები ჩატარდა მაღალი სისუფთავის გერმანიუმის კრისტალის მქონე ნახევარგამტარული დეტექტორის Closed-Coaxial Ge გამოყენებით (HP Germanium Detector, Model GC 3018, Serial # 07079313), რომლის აქტიური ზონის მოცულობაა 138 სმ<sup>3</sup>, ფარდობითი ეფექტურობა შეადგენს 30%-ს, პიკი / კომპტონის წილი არის 58, ხოლო 1332 კევ ენერგიის მიხედვით გარჩევისუნარიანობა – 1.8 კევ. გარემოს ფონური გამა-გამოსხივების მაქსიმალურად შემცირების მიზნით, დეტექტორი მოთავსებული იყო ტყვიის დამცავ გარსში. დეტექტორი გრილდებოდა Electrically Refrigerated Cryostat CryoPulse 5 ელექტრონული სისტემის გამოყენებით.

აგრეთვე გამოყენებული იყო მრავალარხიანი (16384 არხი) ანალიზატორი Portable Spectroscopy Workstation – InSpector 2000 (Model 1300). ასე მოპოვებულ მონაცემები დამუშავდა შემდეგი პროგრამებით:

- მონაცემების დამუშავების პროგრამული უზრუნველყოფა Spectroscopy Software Genie-2000; და
- გაზომვების შედეგების მიღების პროგრამული უზრუნველყოფა Measurement Solutions ISOCS / LABSOCS (Model S 573/S574).

ამ გამოზომი აპარატურისა და პროგრამული უზრუნველყოფის მწარმოებელ ფირმას CANBERRA წარმოადგენს.

რაც შეეხება <sup>137</sup>Cs რადიონუკლიდის ბირთვულ მახასიათებლებს, ისინი ასეთია: ნახევარდაშლის პერიოდი – 30 წელი და გამა-გამოსხივების ენერგია – 661.6 კევ. როგორც აღნიშნული იყო, ჩვენი გამოკვლევა ჩატარდა ჩერნობილის ავარიიდან 31 წლის შემდეგ. მიღებული შედეგები ნაჩვენებია ცხრილში 1.

**ცხრილი 1.** კურორტების – ურეკისა და ბახმაროს ნიადაგში <sup>137</sup>Cs რადიონუკლიდის შემცველობა მისი ვერტიკალური მიგრაციისას.

ნიმუშის ნომერი	ნიადაგის სიღრმე, სმ	ნიადაგში <sup>137</sup> Cs-ის შემცველობა, ბკ/კგ	
		ბახმარო	ურეკი
1	0	24.88	12.52
2	10	13.57	24.42
3	20	1.72	12.22
4	30	–	5.7
5	40	–	4.0

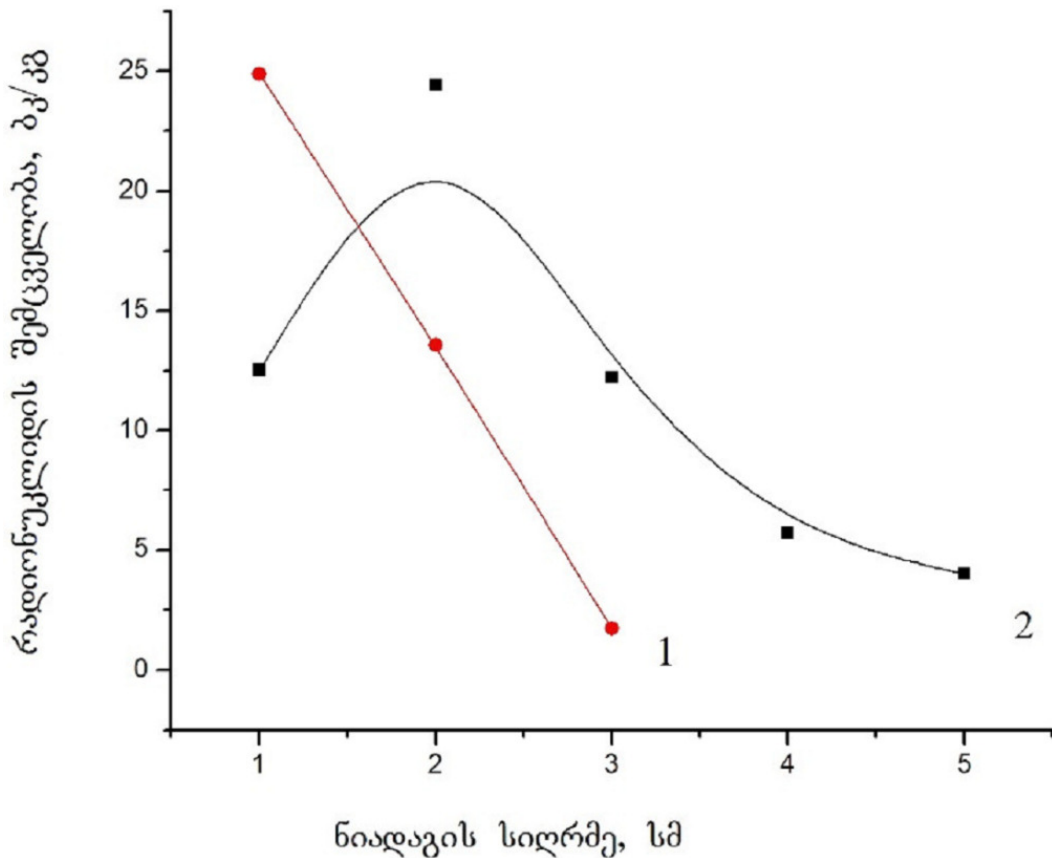
წარმოდგენილი ცხრილის ანალიზიდან ჩანს, რომ კურორტ ურეკის ნიადაგის ზედაპირულ ფენაში (აღნიშნულია 0-ით) სწორედ მიგრაციის გამო არის <sup>137</sup>Cs რადიონუკლიდის უფრო მცირე რაოდენობა, ვიდრე – 10 სმ სიღრმეზე, ხოლო 20 სმ-ის სიღრმეზე და ზედაპირზე მისი კონცენტრაციები თითქმის თანაბარია. რაც შეეხება 30

და 40 სმ სიღრმეებს, აქ აღნიშნული რადიონუკლიდის შეღწევა არის 2 – 3-ჯერ უფრო მცირე, ნიადაგის ზედაპირთან შედარებით.

შავი ზღვის დონიდან 2050 მ-ის სიმაღლეზე კურორტ ბახმაროს ნიადაგის ზედაპირზე დაფენილი საკვლევი რადიონუკლიდის რაოდენობა თითქმის 2-ჯერ მეტია კურორტ ურეკის ნიადაგის ზედაპირზე არსებულ რაოდენობაზე. მისი რაოდენობა ბახმაროს ნიადაგის 10 სმ სიღრმეზე თითქმის 2-ჯერ ნაკლებია, ზედაპირზე არსებულ რადიონუკლიდის რაოდენობასთან შედარებით, ხოლო 20 სმ-ს სიღრმეზე – 14-ჯერ ნაკლები. ბახმაროს ნიადაგის 30 სმ სიღრმეზე ამ რადიონუკლიდის შემცველობა დეტექტირების ზღვარს ქვემოთაა.

უნდა აღინიშნოს, რომ განხილული კურორტების ნიადაგების შეფერილობა და სიმკვრივე არსებითად განსხვავდება ერთმანეთისაგან: თუ ბახმაროს ნიადაგი არის მოყავისფრო და საკმაოდ მკვრივი, ურეკის ნიადაგი არის შავი ფერის და სილიანი.

თვალსაჩინოებისათვის იგივე რიცხვითი მონაცემები გამოსახულია **სურათზე 1**, რომელიც აგებულია სპეციალური პროგრამით Origin 6.0.



**სურათი 1.** საქართველოს ორი კურორტის ნიადაგში <sup>137</sup>Cs რადიონუკლიდის შემცველობა (ბკ/კგ) ვერტიკალური მიგრაციისას: 1 – ბახმარო (●) და 2 – ურეკი (■).

**სურათზე 1** მრუდი 1 ნათლად აჩვენებს კურორტ ბახმაროს ნიადაგში <sup>137</sup>Cs რადიონუკლიდის შემცველობას, ხოლო მრუდი 2 – იგივეს კურორტ ურეკის ნიადაგში. ამ შემთხვევაში რადიონუკლიდის მაქსიმალური რაოდენობა შეესაბამება 10 სმ სიღრმეს, ხოლო მინიმალური – 40 სმ-ს, მაშინ როდესაც კურორტ ბახმაროს ნიადაგში უმცირესი რაოდენობა 20 სმ სიღრმეზე დაფიქსირდა.

## დასაკვნიტი შენიშვნები

წინამდებარე შრომა მიზნად არ ისახავს საქართველოს ორი საკურორტო ზონის ნიადაგში  $^{137}\text{Cs}$  რადიონუკლიდის ვერტიკალური მიგრაციის დეტალურად შესწავლასა და ამ გზით მიღებული შედეგების ახსნასა და განზოგადებას. აღნიშნავთ მხოლოდ იმას, რომ აქ განხილული ორი განსხვავებული ტიპის ნიადაგისათვის ნათლად გამოიკვეთა ამ რადიონუკლიდის ვერტიკალური მიგრაციის განსხვავებული ხასიათი, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ  $^{137}\text{Cs}$  რადიონუკლიდის ვერტიკალური მიგრაციის თავისებურებანი დიდად არის დამოკიდებული ნიადაგის ფიზიკურ-ქიმიურ მახასიათებლებზე.

## დამოწმებანი

- [1] A. J. Thomas, J. M. Martin. First assesment of chernobil radioactive plume over Paris. Nature, 1986, 321, 6073, 817-819.
- [2] M. Aoyama, K. Hirose, Y. Suzuki, H. Ince, Y. Sugimura. High level radioactive nuclide in Japan in May. Nature, 1986, 321, 6073, 819-820.
- [3] K. Batarekh, D. K. Teherani. Determination of Pu-239 in soil samples from Austria after the Chernobyl accident. J. Radioanal. Nucl. Chem. Lett., 1987, 118, 6, 415-420.
- [4] L. Pienkowski, J. Jastrzebski, J. Tys, T. Batsch, P. Jaracz, W. Kurcewicz, S. Mirowski, G. Szefflinska, Z. Szefflinski, B. Szweryn, Z. Wilhelmi, E. T. Jozefowicz. Isotopic composition of the radioactive fallout in Eastern Poland after the Chernobyl accident. J. Radioanal. Nucl. Chem. Lett., 1987, 117, 6, 379-409.
- [5] K. Jurnic, M. Korun. Radioactivity of cattle fodder and milk after the Chernobyl acident. J. Radioanal. Nucl. Chem. Lett., 1989, 137, 3, 235-242.
- [6] Ф. Л. Павлоцкая. Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах. 1974, Москва, Атомиздат.
- [7] А. Н. Силантьев, И. Г. Шкуратова, Ц. И. Бобовникова. Атомная энергия, 1989, 66, 3, 194-197.
- [8] В. Куликов, Л. В. Молчанова. Континентальная радиоэкология. 1975, Москва, Наука.
- [9] А. А. Моисеев, П. В. Рамзаев. Цезий-137 в биосфере. Москва, 1975, Атомиздат.
- [10] А. А. Моисеев. Цезий-137, окружающая среда, человек. 1985, Москва, Энергоатомиздат.
- [11] Л. Мосулишвили, Н. Шония, Н. Катамадзе, Э. Гинтури. Некоторые данные радионуклидного мониторинга в Грузии после чернобыльской катастрофы. Радиацион. иссл., 1991, 6, 221-241.
- [12] N. Katamadze, N. Kuchava, L. Mosulishvili, M. Tsitskischvili. Evolution of thyroid gland irradiation doze induced by Chernobil radiation for Tbilisi region population. Bull. Georgian Natl. Acad. Sci., 1998, 157, 2, 213-216.
- [13] Н. Катамадзе, Н. Кучава, Л. Мосулишвили, М. Цицкишвили, Н. Шония, Д. Эристави. Оценка максимальной дозы  $\beta, \gamma$  облучения населения Тбилиси после аварии на чернобыльской АЭС. Изв. НАН Грузии (Сер. биол.), 1995, 21, 1-6, 189-194.

- [14] N. Katamadze, N. Kuchava, L. Mosulishvili, D. Eristavi, N. Shonia. Doze of external irradiation of the population in Tbilisi region after Chernobil accident. *Radiat. Studies*, 1994, 7, 263-272.
- [15] К. Ш. Надарейшвили, М. С. Цицкишвили, Г. А. Гаччиладзе, Н. М. Катамадзе, Л. Н. Инцкирвели, С. Р. Киртадзе, Д. Н. Манджгаладзе, Л. М. Мосулишвили, Т. Г. Саная, Р. Е. Хазарадзе, Р. Д. Читанава, Н. Н. Шавдия. Воздействие чернобыльской катастрофы на радиоэкологическую ситуацию в Закавказье. Сообщение 1. Радионуклидное эхо Чернобыля в Грузии. *Радиацион. иссл.*, 1991, 6, 132-151.
- [16] N. Kuchava, P. Imnadze. Spectral Composition of the environment gamma-radiation background. *Proc. Georgian Natl. Acad. Sci.*, 2010, 36, 4, 496-499.