

მიხეილ გოგებაშვილი¹, გარი გრებენჩუკი¹, ერემია თულაშვილი²,
ნაზი ივანიშვილი¹, სოფიო კალმახელიძე³, მარიამ შუბითიძე¹

წყალტუბოს მინერალურ-რადონული წყლების გამოყენების უსაფრთხოების კვლევა

¹ი.ბერიტაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრის რადიაციული უსაფრთხოების პრობლემათა ლაბორატორია, თბილისი, საქართველო ²ი.ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო;

³ი.ბერიტაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრის ნეიროტოქსიკოლოგიის ლაბორატორია, თბილისი, საქართველო

Doi: <https://doi.org/10.52340/jecm.2023.03.04>

MIKHEIL GOGEBASHVILI¹, GARY GREBENCHUK¹, EREMIA TULASHVILI²,
NAZI IVANISHVILI¹, SOFIO KALMAKHELIDZE³, MARIAM SHUBITIDZE¹

STUDY OF THE SAFETY OF USING MINERAL-RADON WATERS OF TSKALTUBO

¹I. Beritashvili Experimental Biomedicine Center Radiation Safety Problems Laboratory, Tbilisi, Georgia;

²I. Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia; ³I. Beritashvili Experimental Biomedicine Center Neurotoxicology Laboratory, Tbilisi, Georgia

SUMMARY

Concentration of Radon in Tskaltubo geothermal waters equals to 40-100 Bq/l, and when inhaled, this number does not exceed 37 Bq/m³. Inhaled concentration is characterized by minimal radioactive parameters and is irrelevant to the characteristic parameters listed in the classification, what indicates that the healing properties of Tskaltubo mineral waters cannot be attributed only to the Radon concentration. During inhalation therapy, radiation exposure is formed by various salt ions and gas of mineral water, in conditions of high humidity and temperature. Furthermore, the activation of physiological-biochemical processes (Hormesis) not only dependents on the dose of radon absorbed by the body, but is the result of different complex factors joint action that require further research.

Keywords: Radon, gamma-irradiation, hormesis, Tskaltubo

საზოგადოების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე დიდი მნიშვნელობა ენიჭება რადიაციული უსაფრთხოების საკითხებს. აღნიშნული გარემოება საინტერესოა იმის გამო, რომ მედიცინის თერაპიულ და დიაგნოსტიკურ სფეროებში ყოველწლიურად ფართოვდება ისეთი ახალი დანადგარებისა და ტექნოლოგიების დანერგვა, რომლებიც ეფუძნებიან სხვადასხვა ტიპის გამოსხივებას [1,2,3]. აღნიშნულთან დაკავშირებით, აქტუალური ხდება როგორც თანამედროვე მედიცინაში გამოყენებული რადიაციული ტექნოლოგიების უსაფრთხოების ექსპერტიზა, ისე უკვე არსებული, ძველი პროტოკოლების განახლება. ამ მიმართებაში საყურადღებოა კურორტოლოგიაში გამოყენებული მინერალურ-რადონული წყლების პროცედურების უსაფრთხოების კვლევა. ბოლო წლების გამოკვლევების შედეგებით იკვეთება წყალტუბოს წყლების მაღალი ჰორმეზისული დონე [4,5,6,7]. აღნიშნული წყლების ფიზიოლოგიური, ბიოქიმიური და სხვა პარამეტრების განსაზღვრისას მიღებული შედეგები სამეცნიერო პუბლიკაციებში ახსნილია, როგორც მხოლოდ რადონის შემცველობით გამოწვეული ეფექტები [8,9,10]. საერთაშორისო კლასიფიკაციით გამოყოფენ სამკურნალო მინერალური წყლების 4 ძირითად ჯგუფს: რადონული, რადიუმისანი, რადონულ-რადიუმისანი და ურანული. სამკურნალო დანიშნულება აქვთ რადონულ წყლებს. რადიოაქტიურობის მიხედვით, რადონული წყლები იყოფა: სუსტი რადონული - 200-1500 ბეკერელი/ლ; რადონის საშუალო კონცენტრაციის შემცველობით - 1500-7500 ბეკერელი/ლ და რადონული წყლები 7500 ბეკერელი/ლ მეტი რადონის კონცენტრაციით. რადონის სამკურნალოდ მოქმედ მინიმალურ კონცენტრაციად ითვლება: წყლის აბაზანებისთვის - 200 ბეკერელი/ლ; სასმელად - 4000 ბეკერელი/ლ. რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედება განისაზღვრება ორგანიზმის მიერ შთანთქმული დასხივების დოზის სიდიდით. ზღვრულად დასაშვები დასხივების დოზა პაციენტისთვის (სამკურნალო კურსი) შეადგენს: წყლის აბაზანების მიღებისას 34000 ბეკერელი/ლ; საჭაერო გზით - 9400 ბეკერელი/ლ; რადონისა და მისი პროდუქტების ჩასუნთქვისას - 700 ბეკერელი/ლ.

პუბლიკაციებში ინჰალაციის დროს მითითებულია დოზა 37 ბეკერელი/მ³ [11-16]. ასეთი მცირე დოზის გამოყენება პაციენტის ჯანმრთელობისთვის რისკს წარმოადგენს, რადგან ორგანიზმის ზოგადი რადიორეზისტენტობიდან გამომდინარე, რაც უფრო მცირეა დასახივების ჰორმონის დოზა, მით უფრო ნაკლებია კრიტიკული (დამაზიანებელი) დოზა [17,18,19]. ამ შემთხვევაში იქმნება რადონით გამოწვეული უსაფრთხოების კვლევის საჭიროება.

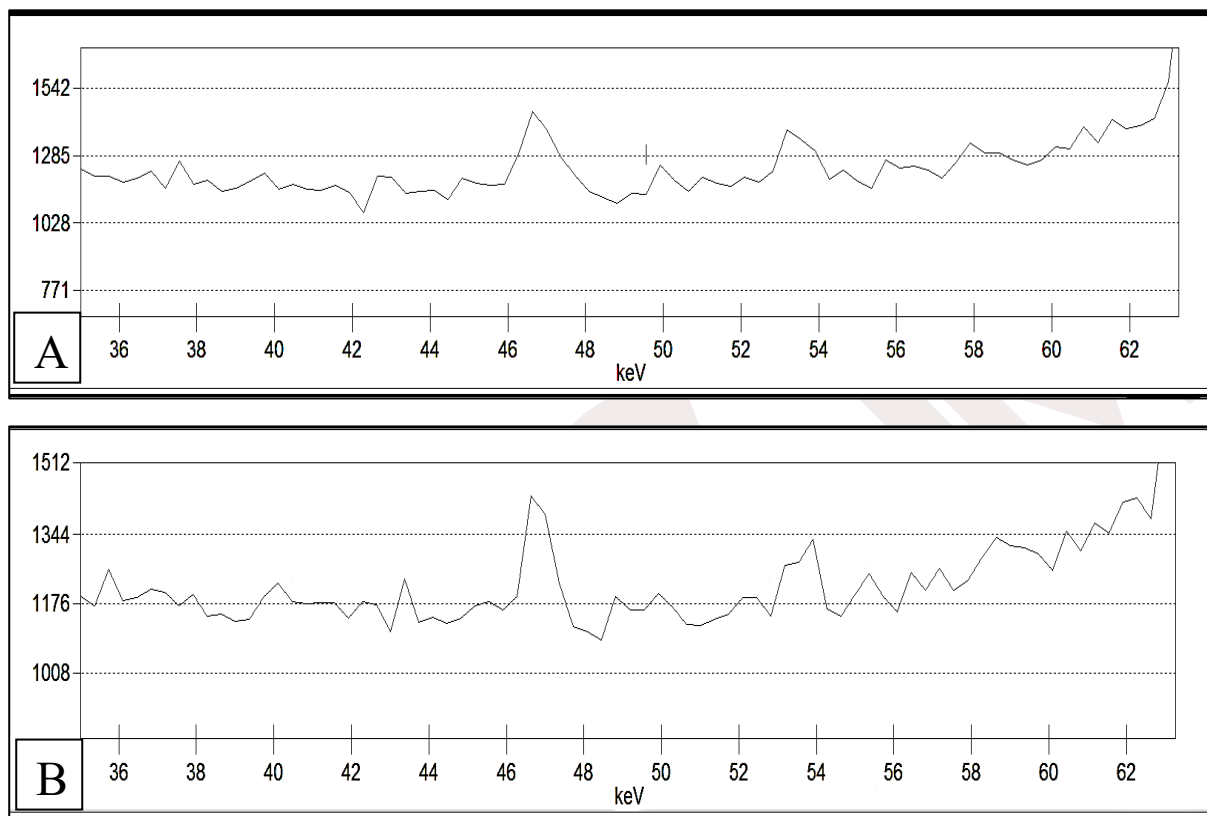
წინამდებარე ნაშრომის ამოცანას წარმოადგენდა დაგვედგინა, თუ რამდენად ზუსტია ზემოაღნიშნული დებულება, რომ თითქოს მხოლოდ რადონის შემცველობა განაპირობებს წყალტუბოს მინერალური წყლების ჰორმონის დონეს. ვინაიდან შესწავლილი ეფექტები რადიაციულად არასპეციფიკურ ხასიათს ატარებენ, საჭიროება იქმნება მრავალკომპონენტური შემცველობის წყლის გამოყენებისას გამოკვლეული იქნას რადონის რადიაციული ზემოქმედების წილი.

ობიექტი და კვლევის მეთოდები. კვლევის ობიექტს წარმოადგენდნენ ლაბორატორიული თეთრი ვირთაგვები, რომლებიც 3 თვის განმავლობაში თავსდებოდნენ რადონით დასახივების კონტროლირებად პირობებში. რადონული დასახივების სტაბილური დონის უზრუნველყოფა ხორციელდებოდა აერირებული წყლით (ჯამურად 3-ტონიანი რეზერვუარი). ჰაერის რადონით გაჯერების დონე ისაზღვრებოდა მუდმივ რეჟიმში რადონომეტრის (AIRTHINGS DIGITAL RADON DETECTOR) მეშვეობით. ექსპერიმენტის ჩატარების განმავლობაში ლაბორატორიული ცხოველები იმყოფებოდნენ თბილი ჰაერის პირობებში, რომლის ტენიანობა შეადგენდა 80%-ს. ინკუბაციის დამთავრებისას მარკერული ობიექტის სახით გამოყენებული იყო საცდელი ცხოველების ბრტყელი ძვლების გამშრალი და დაქუცმაცებული ქსოვილები. იმის გამო, რომ რადონი ექვემდებარება სწრაფი ბირთვული დაშლის სტადიებს, ცოცხალ ორგანიზმში მოხვედრილი რადონის შედარებით კონსტანტური მაჩვენებლების მიღების მიზნით, გამოყენებული იქნა დიდი სიცოცხლის ხანგრძლივობის მქონე იზოტოპი- ²¹⁰Pb, რომელიც რადონის გარდაქმნის შუალედური დაშლის პროდუქტს წარმოადგენს. ტყვიის იზოტოპის რადონობრივი მახასიათებლის დადგენა წარმოებდა გამა-სპექტრომეტრზე («Canberra») გერმანიუმის დეტექტორის საშუალებით, რომლის გაყინვის ტემპერატურა -196°C შეადგენს. მიღებული სპექტრების ანალიზი ხორციელდებოდა პროგრამა «Genius-2000»-ის მეშვეობით.

შედეგები და მათი განხილვა. წყალტუბოს გეოთერმული წყლებით რადონოთერაპიის დროს პაციენტთა ჯანმრთელობისთვის შესაძლო რისკების კვლევის მიზნით, ჩვენს მიერ დასახული ამოცანა ითვალისწინებდა ვირთაგვების მიერ რადონის შთანთქმული დოზის მაჩვენებლების დადგენას. ამ უკანასკნელ ფენომენს ეფუძნება საქართველოში ჩატარებული მრავალრიცხოვანი სამეცნიერო კვლევები, რომლებიც მიუთითებენ წყალტუბოს წყლების რადონით გამოწვეულ რადიოჰორმონისზე [10,13]. ცოცხალი ორგანიზმის მიერ რადონის შთანთქმულ დოზასა და რადიოჰორმონის პროცესის ფორმირებას შორის მიზეზ-შედეგობრივი კავშირის შესწავლის მიზნით გამოვიყენეთ რადონის დაშლის ერთ-ერთი პროდუქტის (²¹⁰Pb) ლოკალიზაციის ეფექტი. ეს იმით იყო განპირობებული, რომ რადონის დაშლის რიგში (²²²Rn-²¹⁸Po-²¹⁴Pb-²¹⁴Bi-²¹⁴Po-²¹⁰Pb) ეს უკანასკნელი იზოტოპი, სხვა დანარჩენი იზოტოპებისგან განსხვავებით, ხასიათდება ხანგრძლივი ნახევარდაშლის პერიოდით - 22,3 წელი. სწორედ, ამ თვისების წყალობით, ²¹⁰Pb ადეკვატურად მიესადაგება, ორგანიზმში რადონის შეღწევის დონის დადგენისთვის, მარკერის სახით გამოყენებას [20,21]. ტყვია ხასიათდება ძვლოვან ქსოვილებში სტაბილურად დაგროვების თავისებურებით, რის გამოც იგი წარმოადგენს ტყვიის დონის მომატების მუდმივ წყაროს სისხლში მაშინაც კი, როდესაც შეწყვეტილია გარე ექსპოზიცია [22]. აღნიშნული გარემოება ძვლებში ტყვიის შემცველობის გამოთვლის საშუალებას იძლევა და ამ ელემენტით ორგანიზმის დაბინძურების ერთადერთ საიმედო დეტერმინანტად გვევლინება [23]; და თუ სისხლი, როგორც დინამიკური სისტემა, ასახავს ტყვიის უშუალო გავლენას ორგანიზმზე [24], მოცემული ელემენტის აკუმულაციის თავისებურება, მისი შემცველობა მადეჰონირებელ ქსოვილებში ახასიათებს ორგანიზმში შეღწევის მუდმივობასა და ხანგრძლივობას [25,26]. ამგვარად, რადიოაქტიური ტყვიის შემცველობა ადეკვატურ მაჩვენებელს წარმოადგენს ორგანიზმის ქსოვილებში რადონის შეღწევისა და ამ უკანასკნელის რადიოაქტიურ ტყვიად გარდაქმნასთან დაკავშირებით.

გარემოს კონტინუუმსა და საცდელი ცხოველების ბრტყელ ძვლებში რადიოაქტიური ტყვიის განსაზღვრისთვის გამოვიყენეთ გამა-სპექტრომეტრული ანალიზის მეთოდი. როგორც პირველ

სურათზე წარმოდგენილი მონაცემებიდან ჩანს, გარემოს კონტინუუმის რადიოაქტიურობა შეადგენს დაახლოებით 1160-1170 იმპულსს, ანუ სუფთა სიგნალი უტოლდება: $1438 - (1160, 1170) = 268-278$ იმპულსს. რადიოაქტიურობის ანალოგიური მაჩვენებლებით ხასიათდება საცდელი ცხოველების ბრტყელი ძვლების გამა-სპექტრის ფრაგმენტი. ამგვარად, ორივე ვარიანტის რადიოაქტიური სპექტრი ერთგვაროვან ხასიათს ატარებს, რაც იმას ნიშნავს, რომ რადიოაქტიური ტყვიის ლოკალიზაციის ზონაში (46.5keV), საცდელ ვარიანტში ტყვიის იზოტოპის დამატებითი აქტიურობა არ ფიქსირდება, ანუ ექსპერიმენტში გამოყენებული ცხოველების მიერ შთანთქმული რადონის რაოდენობრივი მაჩვენებელი უახლოვდება ფონურ (რეფერენტულ) მაჩვენებელს.



სურ.1 გარემოს კონტინუუმისა და საცდელი ცხოველების ბრტყელი ძვლების რადიოაქტიურობის გამა-სპექტრების ფრაგმენტები (რადიოაქტიური ტყვიის ლოკალიზაციის ზონა-46.5keV):

A- კონტინუუმის გამა-სპექტრის ფრაგმენტი; B- ბრტყელი ძვლების გამა-სპექტრის ფრაგმენტი

მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ რადონით დასხივების დობის მოცემულ ინტერვალში შენიშნული რადიოკორმეზის ეფექტი, მრავალრიცხოვან ზემოქმედ ფიზიკო-ქიმიურ ფაქტორთა შორის, მხოლოდ რადონული კომპონენტის ზემოქმედების შედეგს არ წარმოადგენს.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Indrin J., Chetty at all. Technology for Innovation in Radiation Oncology. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2015 Nov 1; 93(3): 485–492.
2. Claudio Fiorino, Matthias Guckenberger, Marco Schwarz, Uulke A van der Heide, Ben Heijmen. Technology-driven research for radiotherapy innovation. Mol Oncol. 2020 Jul; 14(7): 1500–1513.
3. Lilla Pawlik-Sobecka, Joanna Górka-Dynysiewicz, Jadwiga Kuciel-Lewandowska. Balneotherapy with the Use of Radon-Sulphide Water: The Mechanisms of Therapeutic Effect. Appl. Sci. 2021, 11, 2849.
4. Marine Nikolaishvili, Zaqaria Nanobashvili, Nodar Mitagvaria, Gvantsa Chkadua, Tea Museliani, Khatuna Dondoladze, Gogi Jikia. Assessment of integrated antioxidant systems and hormesis effect of radon in experimental studies. Journal of Biosciences and Medicines. 2022, Vol.10, #3, p.212-227.

5. Elene Sakvarelidze, Marine Nikolaishvili, Mamuka Margvelashvili, Zurab Sakvarelidze, Sesili Beriashvili. Effects of small doses of radon during the use of removable orthopedic structures in dental practice, *Experimental and Clinical Medicine*, 2023; 1:23-28.
6. M Nikolaishvili, Z Nanobashvili, N Mitagvaria, Radon hormesis in epileptic pathogenesis and predictors of oxidative stress. *Georgian Medical News*, 2021, 152-158
7. K Dolidze, V Margvelashvili, M Nikolaishvili, T Suladze, M Pkhaladze, Study of the hygienic characteristics of the oral cavity under the complex effect of photodynamic therapy and Tskaltubo spring water radon hormesis. *Georgian Medical News*, 2021, 54-59.
8. M Nikolaishvili, D Zurabashvili, T Museliani, G Jikia, G Parulava, Complex study of biological effect of Tskhaltubo radon water inhalation. *Georgian Medical News*, 2019, 113-118
9. M Nikolaishvili, S Omiadze, T Shishniashvili, D Zurabashvili, G Parulava. Complex study of medicinal properties of radon in mineral water of tskaltubo and oral cavity mineralization recovery in patients with periodontitis. *Georgian medical news*, 2018, 39-43.
10. T Mchedluri, D Oniani, T Oniani, T Museliani, G Grebenchuk, Mechanisms of Radon influence during inhalation of Tskaltubo mineral water vapor. *Proceedings of the Georgian National Academy of Sciences*, 2006, 32 (1): 97-101.
11. S Omiadze, M Nikolaishvili, T Shishniashvili. Inhalation therapy by radon from Tskhaltubo region in clinical and biochemical studies in patients with periodontitis. *Georgian Medical News*, 2020, 82-86
12. Marina Nikolaishvili, Zakaria Nanobashvili, Nodar Mitagvaria, Gvantsa Chkadua, Tea Museliani, Gogi Jikia, Irine Bilanishvili, Khatuna Dondoladze. The Level of Individual Biochemical Constants of the Brain of in the Krushinsky-Molodkina Inbred Rat Strain against the Background of Radon Inhalation During Epilepsy, *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 2022, 10(B): 2555-65.
13. N Chkheidze, E Giorgadze, M Nikolaishvili, A Malazonia, The Effect of Low Doses of Radon on Ghrelin and Glucose Levels in Rats with Multiple Low-Dose Streptozotocin-induced Type 2 Diabetes Mellitus. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 2022, 10(B): 1468-1472
14. M Nikolaishvili, Z Nanobashvili, N Mitagvaria, G Chkadua, T Museliani. Assessment of integrated antioxidant systems and hormezis effect of radon in experimental studies. *Journal of Biosciences and Medicines* 2022, 10 (3): 212-227.
15. K Dondoladze, M Nikolaishvili, D Zurabashvili. The effect of balneotherapy on the oxidative system and changes in anxiety behavior, enhanced by low doses of radon. *International Journal of Radiation Biology*, 2021, 97(10), 1461-1469
16. M Nikolaishvili, J Adamia, N Mosemgvdlishvili, Oral condition and radon hormesis in patients undergoing orthodontic treatment. *Experimental and Clinical Medicine Georgia*, 2021; 1:50-63.
17. И.Н. Гудков, А.Г. Кудяшева, А.А. Москалёв. Радиобиология с основами радиоэкологии. Издательство СыктГУ, Институт биологии Коми НЦ 2014, 512с.
18. Гродзинский Д.М. Radiobiologia, Kiyv, Libidz, 2000, 448с.
19. I.M. Gudkov, M.M. Vinichuk, Radiobiology & Radioecology. Kyiv, 2019, 399p
20. H. Grebenchuk, M. E. Gogebashvili and N. I. Ivanishvili. The Problem of Lead 210Pb in the Manifestation of the Effects of Radon Exposure on Living Organisms: A Conceptual Analysis, In systemic, cellular and molecular mechanisms of physiological functions and their disorders. Nova Science Publishers, (Medicine & Health), New-York, 2021, p.23-35
21. მიხეილ გოგებაშვილი; დავით ნადარეიშვილი; ნაზი ივანიშვილი; გარი გრებენჩუკი. რადონის ზეგავლენით ბიოლოგიური ობიექტის მიერ რადიაციის შთანთქმული დოზის განსაზღვრის მეთოდი. პატენტი P 2020 7206 B, რეგისტრაციის თარიღი: 21.12.2020.
22. Julson B., Mizon K., Smith H. et al. Evidence Central: Skeletal lead release during bone resorption: effect of biphosphate treatment in a pilot study // *Environ. Health Perspect.* 2002; 110:1017-1024.
23. Popovic M., Mc Neit F.E., Chettle D.R. et al. Impact of occupational exposure on lead levels in women // *Environ. Health Perspect.* 2003; 113(4):478-484.
24. Fischbach F.T. Manual of Laboratory and Diagnostic Tests / F.T.Fishbach, M.B.Dunning. - N/Y.: Lippincott Willians Wilkins, 2008. - 1344p.

25. Измеров Н.Ф. Свинец и здоровье. Гигиенический и медико-биологический мониторинг / Н.Ф. Измеров. – М., 2000. - 256 с.
26. Корбакова А.И., Соркина Н.С., Молодкина Н.Н. и др. Свинец и его действие на организм (обзор литературы) // Медицина труда и промышленная экология. 2001; 5:29-34.

*მიხეილ გოგებაშვილი¹, გარი გრებენჩუკი¹, ერემია თულაშვილი²,
ნაზი ივანიშვილი¹, სოფიო კალმახელიძე³, მარიამ შუბითიძე¹*

წყალტუბოს მინერალურ-რადონული წყლების გამოყენების უსაფრთხოების კვლევა

¹ი.ბერიტაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრის რადიაციული უსაფრთხოების პრობლემათა ლაბორატორია, თბილისი, საქართველო ²ი.ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, თბილისი, საქართველო;

³ი.ბერიტაშვილის ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრის ნეიროტოქსიკოლოგიის ლაბორატორია, თბილისი, საქართველო

რეზიუმე

წყალტუბოს გეოთერმულ წყლებში რადონის შემცველობა შეადგენს 40-100 ბეკერელი/ლ, ხოლო ინჰალაციისას ეს მაჩვენებელი 37 ბეკერელი/მ³ არ აღემატება. ეს უკანასკნელი თავისი რადიოაქტიურობით ზემოქმედებს პარამეტრებით ხასიათდება და ჩამორჩება კლასიფიკაციით მოყვანილ ყველა მახასიათებელს, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ წყალტუბოს მინერალური წყლების სამკურნალო თვისებები არ შეიძლება მიენეროს რადონის შემცველობას. ინჰალაციური თერაპიის დროს სხივური ზემოქმედება ფორმირდება: მინერალური წყლების მარილების იონებისა და აირების კომპონენტებით, მაღალი ტენიანობისა და ტემპერატურის პირობებში, ანუ ფიზიოლოგიურ-ბიოქიმიური პროცესების გააქტიურება (ჰორმონის) გამოწვეულია არა ორგანიზმის მიერ რადონის შთანთქმული დოზით, არამედ სხვადასხვა ფაქტორების ერთობლივი ზემოქმედებით, რომლებიც შემდგომ კვლევას საჭიროებენ.

