



წყალტუბოს (დასავლეთი საქართველო) „თეთრა მღვიმის“ პრაქტიკული სარგებლიანობის პოტენციალი

ო. ლანჩავა^{1,2}, ნ. ილიაში³, ს. რადუ³, კ. წიქარიშვილი⁴, ზ. ლეჟავა⁴, ა. ამირანაშვილი⁵, ვ. ჩიხლაძე⁵, ლ. ასანიძე⁴

¹გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი, მიწისქვეშა ნაგებობების მშენებლობისა და სამთო ტექნოლოგიების ცენტრი, მინდელის 7, თბილისი, საქართველო

²საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, შრომის უსაფრთხოებისა და საგანგებო სიტუაციების მართვის დეპარტამენტი, კოსტავას 77, თბილისი, საქართველო

³პეტროშანის უნივერსიტეტი, მექანიკური ინჟინერიის დეპარტამენტი, უნივერსიტეტის 20, პეტროშანი, რუმინეთი

⁴ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტი, თამარაშვილის 6, თბილისი, საქართველო

⁵ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მიხეილ ნოდინის სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი, მერაბ ალექსიძის 1, თბილისი, საქართველო

აბსტრაქტი:

წყალტუბო ერთ-ერთი უძველესი ბალნეოლოგიური კურორტია საქართველოში. ქალაქი განლაგებულია მდინარე წყალტუბოსწყლის ხეობაში ზღვის დონიდან 95–150 მეტრის სიმაღლეზე. ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან ქალაქს სამგურალის ქედის სამხრეთ ფერდობი (დიდი კავკასიონის მთათა სისტემა), ხოლო სამხრეთიდან - შავი ზღვისკენ გახსნილი კოლხეთის დაბლობი ესაზღვრება. კურორტის გარშემო განლაგებული ბორცვები დაფარულია მდიდარი სუბტროპიკული მცენარეულობით, მარად მწვანე ბუჩქნარით და ფოთლოვანი ტყით - (მუხა, წიფელა, თელა). წყალტუბოს შემოგარენი ცნობილია აგრეთვე კარსტული მღვიმეებით, რომელთა შორის მნიშვნელოვანი პოპულარობით და მიმზიდველობით გამოირჩევიან „თეთრა მღვიმე“, „სათაფლია“ და 1984 წელს ვახუშტი ბაგრატიონის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტის საექსპედიციო რაზმის მიერ აღმოჩენილი წყალტუბოს („პრომეთეს“) მღვიმე. წყალტუბოს მუნიციპალიტეტი მდიდარია მრავალი ისტორიულ-კულტურული და ბუნების ძეგლებით. ამიტომ ქალაქი საკურორტო-სამკურნალო ფუნქციების გარდა მიმზიდველია როგორც უცხოელი, ისე ადგილობრივი ტურისტებისა თუ დამსვენებელთათვის.

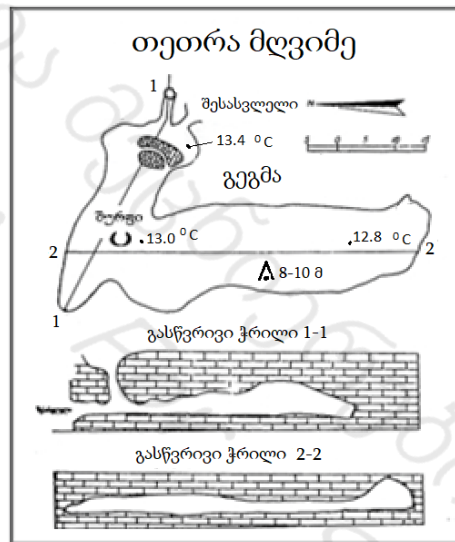
გასული საუკუნის სამოცდაათიანი წლების დასაწყისში „თეთრა“ მღვიმე გამოიყენებოდა გულსისხლძარღვთა და სასუნთქი სისტემების დაავადებების მქონე პაციენტების სამკურნალოდ. საქართველოში წინა საუკუნის 90-იანი წლებისდან ეს პრაქტიკა შეწყვეტილი იყო. ბოლო გამოკვლევების შედეგად დადგინდა, რომ მღვიმეში აღსდგა მისთვის დამახასიათებელი რადიოაქტიური და მაიონიზებული მდგომარეობა. მითითებული გარემოება დადასტურებულია აგრეთვე წინამდებარე ნაშრომით. აღნიშნული იმის საწინდარია, რომ „თეთრა“ მღვიმე კვლავ შეიძლება გამოყენებული იქნეს როგორც სამკურნალო, ისე ტურისტული ან სხვა სასარგებლო დანიშნულებით, რომელიც ზარალს არ მიაყენებს მღვიმეს, მღვიმურ წარმონაქმებსა და გარემოს.

საკვანძო სიტყვები: კარსტი, მღვიმე, სპელეოთერაპია, სამეურნეო დანიშნულება.

შესავალი:

„თეთრა მღვიმე“ მდებარეობს კურორტ წყალტუბოს ტერიტორიაზე, ქალაქის ცენტრიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთით 1,5 კმ-ის დაშორებით. ქალაქის განაპირა უბნამდე მიყვანილია მოასფალტებული გზა, რასაც მღვიმის შესასვლელამდე ბეტონის 1 კმ-იანი სიგრძის მონაკვეთი აგრძელებს: მღვიმის გეოგრაფიული კოორდინატებია: X. 303679; Y. 4689108; N. 42 19.769 და E. 42 37.033.

მღვიმის შესასვლელი იხსნება ზღვის დონიდან 80 მ სიმაღლეზე. მღვიმის ბუნებრივი ჩასასვლელი 7 მ სიღრმისა და 2 მ დიამეტრის შვეული ხვრელითაა წარმოდგენილი. მღვიმე აგრეთვე ხელოვნურად გაჭრილი ჰორიზონტალური გვირაბით უკავშირდება ვრცელ, ჰორიზონტალურ ფსკერიან დარბაზს, რომლის სიგრძე დაახლოებით 100 მ შეადგენს, სიგანე არის 10-25 მ, ხოლო ჭერის სიმაღლე კი 6-10 მ დიაპაზონში იცვლება. მღვიმის ერთიანი სივრცე პირობითად შეიძლება დავეყოთ სამ სხვადასხვა ზომის დარბაზებად. მღვიმის ფსკერის ფართობი დაახლოებით 2000 მ², მოცულობა კი 9000 მ³-ს აღწევს (იხ. ფიგ. 1).



ფიგ. 1. „თეთრა მღვიმის“ გეგმა და ჭრილები 1-1 და 2-2 ლერძებზე

მღვიმე საინტერესოა ძველი სიფონური არხების მრავალფეროვნებით, რომელთა მეშვეობით წარსულში წნევიანი წყლების შემოდინებას ჰქონდა ადგილი. მღვიმის ფორმირება მოხდა ფრეატიულ რეჟიმში წნევიანი წყლების აქტიური მოქმედებით. აღნიშნულის კვალი შემორჩენილია მღვიმის ჭერზე ზარისებრი ჩაღრმავებების სახით. მოგვიანებით მღვიმის ფორმირებაში აქტიური როლი ითამაშა წყლის დროებითმა ნაკადებმა. ამჟამად მღვიმე იმყოფება განვითარების მშრალ-ტალანურ სტადიაში. გვირაბი ძირითადად მშრალია, ალაგ-ალაგ სველი უბნებითაა წარმოდგენილი, წყლის მოდენა მცირე და სტაბილურია [1]. დროებითი ნაკადების შემოდინება მღვიმეში შესუსტებულია და მღვიმეს საშიშროებას არ უქმნის. თუმცა პერიოდულად, თავსხმა წვიმების პერიოდში, ზოგიერთ მონაკვეთზე შესამჩნევია წყლის დამატებითი შემოდინება პონორებიდან. ამავე დროს, ჭერსა და კედლებზე მოსალოდნელია ფილტრაციული და კონდენსირებული წყლის წვეთების გამოყოფის დროებითი გააქტიურება იმავე პერიოდში.

მღვიმეში წარმოდგენილია გამოფიტვის ადგილობრივი მასალა. ზოგიერთ უბანზე თიხის ნაფენების სისქე 9-10 მეტრს აღწევს. მღვიმე გამომუშავებულია მონოკლინურად სამხრეთისაკენ დამრეცად დახრილ ქვედაცარცულ (ურგონული ფაციესის) მასიურ კირქვებში, სადაც შრეობრიობა სუსტადაა გამოხატული. კირქვები მინარევების მცირე შემცველობის გამო ძლიერ არის დაკარსტული, რის გამოც მიწისქვეშ წარმოშობილი სიცარიელები დიდი ზომისაა და ამის გამო, მღვიმესაც მნიშვნელოვანი მოცულობა აქვს.

დიზუნქტიური დისლოკაციებით წარმოქმნილი ნაპრაღთა სისტემები მღვიმეში სუსტადაა გამოხატული, ჭერი და კედლები კალციტის სქელი ქერქითაა დაფარული, რაც მღვიმის თაღის მდგრადობას განაპირობებს. მცირე სიდიდის ნაპრაღები წარმოდგენილია მხოლოდ მღვიმის შესასვლელთან ჭერის მცირე მონაკვეთზე. აღნიშნული მონაკვეთის ცემენტაცია მომავალში გათვალისწინებული უნდა იქნას მღვიმის უსაფრთხო ექსპლუატაციის პირობიდან გამომდინარე.

მღვიმე მდიდარია მრავალფეროვანი ნალვენთი წარმონაქმნებით (სტალაგმიტები, სტალაქტიტები, სვეტები, „მცურავი კალციტები“, ბორდიურები და სხვ.); შესასვლელ ნაწილში რამდენიმე მოკლე განშტოება კრისტალური ნალვენთი ფორმებით არის წარმოდგენილი. კალციტოვანი სვეტები ჭერამდე აღწევს, ქმნის ულამაზეს კოლონადებს. წინა ნაწილში დარბაზის მაქსიმალური სიმაღლე 5 მეტრია, სიგანე 12-15 მ. იქვე ებმის უფრო ვრცელ დარბაზს, რომლის ზომებია: სიგანე 35 მ, მაქსიმალური სიმაღლე 8 მ, აქ ძლიერად არის განვითარებული და წარმოდგენილი ნალვენთი წარმონაქმნები. დარბაზის ცენტრში განლაგებულია 4 მ სიმაღლისა და 10-12 მ გარშემოწერილობის სქელი სტალაქტიტური კოლონა, აგრეთვე სხვა დიდი ზომის სტალაქტიტები და კალციტით მოფარდაგებული კედლები. სიღრმეში ჭერის სიმაღლე კლებულობს და გვირაბის ფორმას ღებულობს. მღვიმის ამ ნაწილში ნალვენთები ნაპრაღების გასწვრივ, შედარებით განცალკევებულ ადგილებში გვხვდება. ზოგიერთი მათგანის სიგრძე 1,5-2 მეტრია. ზოგიერთი მცირე განშტოება კრისტალური ნალვენთებით არის წარმოდგენილი.

ძირითადი ნაწილი: ცივი და თბილი კარსტული მღვიმეების, აგრეთვე მიტოვებული სამთო გვირაბების მეცნიერულმა გამოკვლევებმა გამოავლინა მათი სამკურნალო მიზნით (რევმატიზმი, ნევრალგია, ნეფრიტი, დამბლა, ბრონქული ასთმა, ყივანახველა, ლიმფური, გინეკოლოგიური და სხვა დაავადებანი) გამოყენების პერსპექტივები [2 - 6] აღნიშნული მიზნებისათვის მღვიმეები ჯერ კიდევ ანტიკურ ხანაში გამოიყენებოდა [7].



ფიგ. 2. მღვიმის განშტოებები კრისტალური ნალვენთი ფორმებით

უკანასკნელ წლებში ევროპის მთელ რიგ ქვეყნებში (უნგრეთი, გერმანია, სლოვაკეთი, პოლონეთი და სხვ.) და ამერიკაში ბრონქული ასთმისა და სასუნთქი გზების დაავადებათა სამკურნალოდ ფართო გამოყენება ჰპოვა სპელეოთერაპიამ [8, 9]. მკურნალობის ეს მეთოდი ნაკლებად საჭიროებს სამკურნალო პრეპარატების გამოყენებას, რაც ესოდენ მნიშვნელოვანია როგორც ადამიანის ჯანმრთელობისათვის, ისე ეკონომიკური თვალსაზრისითაც, რადგან დეფიციტურ მედიკამენტებს გამოუჩნდა უფრო ეფექტური შემცველი ბუნებრივი ფაქტორის სახით.

საქართველოში კარსტული მღვიმეების კლიმატის სამკურნალოდ გამოყენების პრიორიტეტი ივ. კონიაშვილის სახელობის კურორტოლოგიისა და ფიზიოთერაპიის სამეცნიერო კვლევით ინსტიტუტს და მის წყალტუბოს ფილიალს ეკუთვნის [10].

გასული საუკუნის 70-80-იან წლებში კარსტული მღვიმეების გამოყენება სამედიცინო მიზნებისათვის მყარ საფუძველზე დადგა საქართველოში. ამ მხრივ მნიშვნელოვანი სამუშაოები ჩატარდა ახალი ათონისა და წყალტუბოს ზონის „თეთრა მღვიმეში“, სადაც პროფესორების ნიკო ხატიაშვილის, გიორგი უშვერიძის, იორამ თარხან-მოურავის, დოცენტ ოთარ შავიანიძის და სხვათა მეთვალყურეობით წარმატებით მკურნალობდნენ ბრონქული ასთმით, გულ-სისხლძარღვთა სისტემით და ჰიპერტონიით დაავადებულ ავადმყოფებს [11 - 13].

2008 წლის აპრილში ჩატარებული ექსპედიციის დროს აღმოჩნდა, რომ მღვიმის კარები იყო გატეხილი, ხოლო მღვიმეში დატოვებული იყო ადამიანების არასანქცირებული ყოფნის კვალი: ბოთლები, ნაგავი, საკვების, კოცონის ნარჩენები და ა.შ. ამგვარად, მღვიმის ბუნებრივი მდგომარეობის პირობები იყო დარღვეული (ჰერმეტიზაცია, ჰაერის სისუფთავე და სხვა). ამის შედეგად რადონის შემცველობა მღვიმეში იყო 20 ბკ/მ³-ზე ნაკლები. შესაბამისად, მსუბუქი იონების კონცენტრაცია შეადგენდა შემდეგ მაჩვენებლებს: დადებითი - 250 იონი/სმ³ და უარყოფითი - 100 იონი/სმ³. შედარებისათვის უნდა აღვნიშნოთ, რომ ანალოგიური სიდიდეები დამახასიათებელია ძლიერ დაბინძურებული სამრეწველო ქალაქებისათვის. მღვიმის მიმდებარე ტერიტორიაზე ტყეში, ჰაერში მსუბუქი იონების შემცველობა სხვადასხვა ადგილებში შეადგენდა: დადებითი - (1000 - 1500) იონი/სმ³ და უარყოფითი - (900 - 1600) იონი/სმ³. 2010 წლისათვის დამუშავდა წინადადებები „თეთრა“ მღვიმის ბუნებრივი სამკურნალო პოტენციალის დასაბრუნებლად. ამ მიზნით საჭირო გახდა წინასწარ, დეტალურად ყოფილიყო შესწავლილი აღნიშნული პოტენციალის დარღვევისა და ანომალიის მიზეზები [14]. ამასთან ერთად, წინადადება ეძლეოდათ განეხილათ აგრეთვე საქართველოს სხვადასხვა ცნობილი და პერსპექტიული სარეკრეაციო ზონების პასპორტიზაციის საკითხი, იონოთერაპიის ორგანიზების კუთხით, რასაც პერსპექტივაში ხელი უნდა შეეწყოს მათი საკურორტო-ტურისტული პოტენციალის ამაღლებისათვის [15-20].

აუცილებელია აღინიშნოს, რომ ბოლო დროს საქართველოს დაცული ტერიტორიების სააგენტომ მთელი რიგი ღონისძიებები ჩატარა მღვიმის პირვანდელი სახის აღსადგენად, რაც აგრეთვე გულისხმობს მღვიმის მიმდებარე ტერიტორიის მოწესრიგებას. აღნიშნული ღონისძიებების განხორციელებამ პრაქტიკულად მთლიანად აღადგინა მღვიმის უნიკალური მიკროკლიმატური და ბიოკლიმატური თვისებები. კერძოდ, როგორც 2018 წლის 24 ივნისის საექსპედიციო გაზომვების შედეგებმა გვიჩვენა, მღვიმის რადიოაქტიური და იონიზაციური მდგომარეობა იყო აღდგენილი და მაჩვენებლები დაუბრუნდა ადრინდელ სიდიდეებს [21].

მრავალწლიური დაკვირვებებით ირკვევა, რომ მღვიმეს სპეციფიკური კლიმატი და მეტეოროლოგიური რეჟიმი გააჩნია. ჰაერის ტემპერატურა რამდენადმე დაბალია, ვიდრე



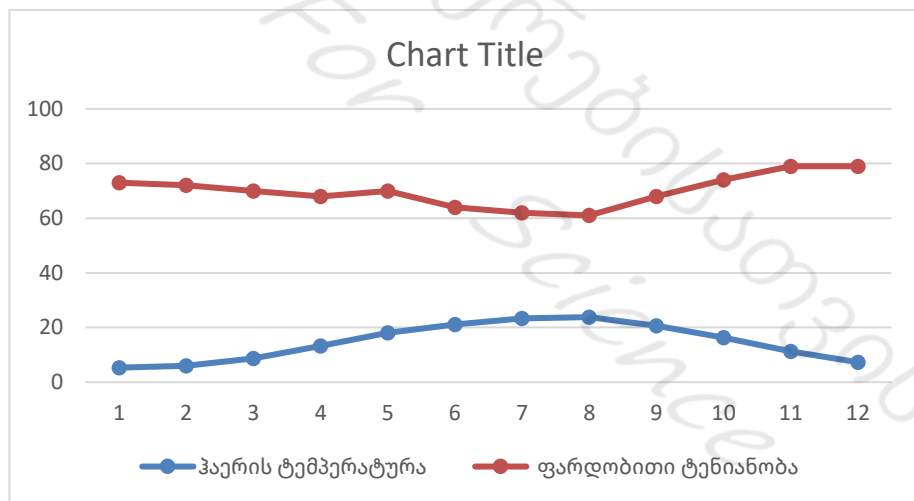
გარემომცველი ტერიტორიის ჰაერის საშუალო მრავალწლიური ტემპერატურა. თუ წყალტუბოში ჰაერის ტემპერატურის დღედამური და საშუალო მრავალწლიური ცვალებადობის ამპლიტუდა 18,5-20 °C და ზოგჯერ მეტსაც აღწევს, მიწის ქვეშ „თეთრა“ მღვიმეში, აღნიშნული სიდიდე მხოლოდ 1-1,5 °C-ის ფარგლებში იცვლება.

ზედაპირული ჰაერის ტემპერატურის, ფარდობითი ტენიანობისა და წყლის ორთქლის პარციალური წნევის ცვალებადობა კურორტ წყალტუბოსათვის მოცემულია ცხრილში 1 და წარმოდგენილია ფიგ. 3-ზე.

ცხრილი 1

ზედაპირული ჰაერის ფიზიკური პარამეტრების წლიური ცვალებადობა

თვეები	t, °C	φ, %	ρ _ო , კა	თვეები	t, °C	φ, %	ρ _ო , კა
იანვარი	5.3	73	640	ივლისი	23.3	62	2220
თებერვალი	6	72	650	აგვისტო	23.8	61	2200
მარტი	8.7	70	730	სექტემბერი	20.6	68	1790
აპრილი	13.3	68	1000	ოქტომბერი	16.3	74	1300
მაისი	18.1	70	1430	ნოემბერი	11.3	79	940
ივნისი	21.1	64	1850	დეკემბერი	7.3	79	720



ფიგ. 3. ზედაპირული ჰაერის ტემპერატურისა და ფარდობითი ტენიანობის ცვალებადობა ქალაქ წყალტუბოსათვის

1970-1971 და 1973 წლების თბილ პერიოდში ჩატარებული გაზომვების მონაცემებით, ჰაერის ტემპერატურა მღვიმეში შეადგენდა 13.5-14.0 °C, ხოლო ფარდობითი ტენიანობა კი - 98 %. ჰაერის რადიოაქტიურობა მღვიმის დარბაზებში იცვლებოდა 777 - 7104 ბკ/მ³ დიაპაზონში, დადებითი იონების კონცენტრაცია იყო 3483 - 7290 იონი/სმ³, ხოლო



უარყოფითი იონებისა - 3402 - 5832 იონი/სმ³ ფარგლებში. ამავე დროს, მღვიმის გარეთ, იმავე სიდიდეების ცვალებადობა მიწისპირა ჰაერის ფენაში შეადგენდა: რადიოაქტიურობა - 1.85 - 35.15 ბკ/მ³, დადებითი იონების კონცენტრაცია - 81 - 998 იონი/სმ³, უარყოფითი იონების კონცენტრაცია - 81 - 275 იონი/სმ³.

როგორც დასტურდება, მთლიანობაში, მრავალწლიანი მონაცემების საფუძველზე ჰაერის ტემპერატურა მღვიმეში წლის განმავლობაში მერყეობს 12.0–14.0 °C ფარგლებში, ფარდობითი ტენიანობა 98 – 100 %, წყლის ორთქლის დრეკადობა ჰაერში - 13.7 – 16.0 მმ (მილი-ბარის) ფარგლებში. მღვიმის ჰაერში მაიონიზებული რადიაციის ეკვივალენტური დოზები შეადგენს 100 – 170 ნზვ/სთ (გამა-გამოსხივება), 110 – 180 ნზვ/სთ (გამა და ბეტა-გამოსხივება) და 130 – 190 ნზვ/სთ (ალფა, ბეტა და გამა-გამოსხივება).

„თეთრა მღვიმეში“ წლების განმავლობაში ჩატარებული სპელეოკლიმატური დაკვირვებების თანახმად, მღვიმეს სტაბილური კლიმატი ახასიათებს. კერძოდ, წლის მანძილზე მღვიმის ჰაერის ტემპერატურა 13.0-14.0 °C-ის ფარგლებში იცვლება (იხ. ცხრ. 2).

ცხრილი 2

ჰაერის ტემპერატურის მაჩვენებლები „თეთრას“ მღვიმეში

დაკვირვების წელი	t, °C	ავტორი
1963	13.0	შ. ყიფიანი, ზ. ტინტილოზოვი
1970-1973	13.5-14.0	კ. დანელია
1973	13.8	ი. თარხნიშვილი
1978	13.5	ზ. ლეჟავა
1984-1990	13.6-14.0	კ. წიქარიშვილი
2008	13.5	ა. ამირანაშვილი, ვ. ჩიხლაძე
2018	13.6	ო. ლანჩავა

მღვიმე გარე ზედაპირს და შესაბამისად ატმოსფეროს უკავშირდება სამი სხვადასხვა დიობით: ძირითადი შესასვლელით, რომელიც არის ხელოვნურად გაჭრილი გვირაბი, მოცემული გვირაბიდან შესასვლელშივე მარცხენა მხარეზე არსებული ნაწილობრივ ჩახერგილი ბუნებრივი დიობით და ვერტიკალური ჭის საშუალებით, რომელიც ძირითადი შესასვლელიდან 4-5 მ მანძილზე არის განლაგებული.

ჰაერის მოძრაობა მღვიმეში შეზღუდულია. გარდამავალ პერიოდებში (გაზაფხული, შემოდგომა) დაკვირვებების დროს, ჰაერის ნაკადი ყოველთვის ვერ ატრიალებდა 0.1 მ/წმ სიზუსტის მქონე ანემომეტრის ფრთებს. მღვიმეში ჰაერის ნაკადის შემოდინება ხდება ძირითადი შესასვლელიდან, ნაწილობრივ ამოხერგილი დიობიდან, ხოლო ვერტიკალურ ჭაში ადგილი აქვს ჰაერის ნაწილობრივ გაწოვას.

პირველი მიახლოებით შესაძლებლად მიგვაჩნია იმის აღნიშვნა, რომ ძირითადი შესასვლელიდან მოხვედრილი ჰაერი დიფუზიით, კლებადი სიჩქარით ვრცელდება

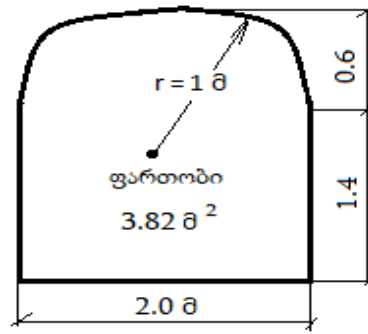
დანარჩენ დარბაზებში, ხოლო ბოლო დარბაზამდე იგი პრაქტიკულად ვერ აღწევს. ჩახერგილი ლობიდან შემოდენილი და ვერტიკალურ ჭაში გაწოვილი ჰაერის ხარჯები ერთმანეთს აკომპენსირებენ და საუკეთესო შემთხვევაში, მღვიმეში ჰაერცვლას განაპირობების მხოლოდ ხელოვნური გვირაბიდან შემოდინებული ჰაერი. ირიბად შესაძლებელია აგრეთვე დავასკვნათ, რომ მღვიმეს სავარაუდოდ აქვს შეუმჩნეველი კავშირები ატმოსფეროსთან, საიდანაც ხდება ჰაერის გარე ზედაპირზე დაბრუნება. ჰაერის გადაადგილების სიჩქარის გაზომვა მოხერხდა მხოლოდ ძირითად შესასვლელთან, სადაც ჰაერის სიჩქარემ 13 საათისათვის შეადგინა 0.08 მ/წმ, მოცემული სიდიდე ნაკლებად სარწმუნოა, რადგან არის ანემომეტრის მგრძობელობის ფარგლებში.

ნაკადის სიჩქარიდან და შესასვლელი კარების ფართობიდან გამომდინარე, შემოდინებული ჰაერის ხარჯია 0.313 მ³/წმ (1126 მ³/სთ) 2018 წლის 24 ივნისის მდგომარეობით.



ფიგ. 4. ჰაერის სიჩქარის გაზომვა გვირაბის შესასვლელში

ხელოვნურად გაჭრილი გვირაბის განივი კვეთის ფართობი დაახლოებით 3.82 მ² შეადგენს (იხ. ფიგ. 5).



ფიგ. 5. წყალტუბოს „თეთრა მღვიმის“ ხელოვნური შესასვლელის განივი კვეთი

აღსანიშნავია, რომ ერთჯერადი გაზომვა არ უზღვენებს ბუნებრივად აღძრული ჰაერის მოცულობებს მთელი წლის განმავლობაში. აღნიშნული სიდიდის მიახლოებით განგარიშებისათვის ვისარგებლეთ „პრომეთეს“ მღვიმის ანალოგიური სიდიდეებით და მოვახდინეთ კორელაცია ამ უკანასკნელის მიხედვით [22].

აღნიშნული წესით განსაზღვრული „თეთრა“ მღვიმეში შემოდინებული ჰაერის რაოდენობა თვეების მიხედვით მოცემულია ცხრილში 3.

ცხრილი 3

ბუნებრივი წევით შემოდინებული ჰაერის დაახლოებითი ხარჯი „თეთრა“ მღვიმეში

თვეები	ჰაერის ხარჯი, მ ³ /წთ	თვეები	ჰაერის ხარჯი, მ ³ /წთ
იანვარი	21.80	ივლისი	21.30
თებერვალი	20.96	აგვისტო	22.00
მარტი	17.47	სექტემბერი	18.50
აპრილი	8.73	ოქტომბერი	9.40
მაისი	14.81	ნოემბერი	11.90
ივნისი	18.80	დეკემბერი	19.25

ჰაერში მსუბუქი იონების შემცველობა მისი ხარისხის ერთ-ერთი უმთავრესი მახასიათებელია. სუფთა ჰაერში პროფილაქტიკურად და ჰიგიენურად ნორმალურად ითვლება მსუბუქი იონების კონცენტრაცია $10^3 - 10^4$ იონი/სმ³ ფარგლებში. როცა აღნიშნული მაჩვენებელი აღემატება $5 \cdot 10^4$ სიდიდეს, მაშინ ასეთი ატმოსფერო უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე. აეროიონების მოქმედება ადამიანის ჯანმრთელობაზე მრავალმხრივია, იგი აგრეთვე დამოკიდებულია აეროიონების პოლარულობაზე. მაგალითად, აეროიონების არასაკმარისი და ჭარბი რაოდენობა ზოგადად არ არის ხელსაყრელი ჯანმრთელობისათვის, მაგრამ უარყოფითი პოლარულობის იონების მომატებული კონცენტრაცია ხშირ შემთხვევაში მასტიმულირებელია ჯანმრთელობისათვის. როგორც ცნობილია, ადამიანის ორგანიზმი აეროიონებზე რეაგირებას ახდენს სუნთქვის ორგანოებით (ფილტვებისა და კანის მეშვეობით).

მღვიმის ჰაერში არ გვხვდება მტვრის ნაწილაკები და ალერგენები; ნახშირბადის დიოქსიდის შემცველობა 0.05-დან 0.3 %-მდეა; სხვა გაზები მღვიმეში არ აღმოჩნდა, არ შეიცავს მავნე და სიცოცხლისათვის საშიშ მინარევებს.

მღვიმის ჰაერში რადიოაქტიურობისა და ჰაერის იონიზაციის მნიშვნელოვნად მომეტებული ფონი მღვიმის თითქმის ყველა დარბაზში შეინიშნება, რაც დადებითად მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე და სამკურნალო ფაქტორებად გვევლინება.

კვლევის მეთოდები, გამოყენებული ხელსაწყოები და შედეგები:

მღვიმეების კლიმატის (ჰაერის წნევა, ტემპერატურა, ფარდობითი ტენიანობა, ჰაერის ნაკადების სიჩქარე და მიმართულება, ჰაერის აირული შედგენილობა და სხვ.) შესასწავლად გამოყენებული იქნა სტანდარტული მეტეო-ხელსაწყოები (ბარომეტრ-ანეროიდი, ვადიანი, მინიმალური და მაქსიმალური თერმომეტრები (სიზუსტით $\pm 0.1-0.20$ °C), ასპირაციული ფსიქრომეტრი (სიზუსტით ± 0.2 და 1-4 %), ფრთიანი ანემომეტრი (სიზუსტით ± 0.1 მ/წმ), გაზონალიზატორები და შახტის ინტერფერომეტრები (სიზუსტით $\pm 0,5\%$ CO₂ და CH₄-სთვის) და თანამედროვე შედარებით მაღალმგრძობიარე ხელსაწყო Enviro-safe pocket thermometer.

მღვიმეში ჰაერცვლის ზემოაღნიშნულმა ინტერპოლაციამ საშუალება მოგვცა დაგვედგინა მღვიმეში ერთდროულად დასაშვებ ადამიანთა მიახლოებითი მაქსიმალური რიცხვი. თბოფიზიკური გაანგარიშების საფუძველზე, ადამიანის მიერ გამოყოფილი სითბოს მაქსიმალური რაოდენობის მხედველობაში მიღებით, განისაზღვრა მღვიმეში ერთდროულად დასაშვებ ადამიანთა ოპტიმალური ოდენობა.





ფიგ. 6. მღვიმეში დაკვირვებების დროს: მარცხნიდან პროფესორი ომარ ლანჩავა, დოქტორი კუკური წიქარიშვილი, პროფესორი ავთანდილ ამირანაშვილი, დოქტორი ვიქტორ ჩიხლაძე

„თეთრა მღვიმისა“ და მისი მიმდებარე ტერიტორიის რადიოლოგიურ-იონიზებული მდგომარეობის შესწავლის მიზნით გაზომვები ჩატარდა PB-4 რადიომეტრის მეშვეობით. გამა-რადიაციული ფონი განისაზღვრა “GS 2” ტიპის დოზიმეტრ-რადიომეტრით. მსუბუქი იონების კონცენტრაცია განისაზღვრა ფირმა „AlphaLab, Inc.“ (აშშ) პორტატული აეროიონების მთვლელით. 0.3-10.0 მკმ დიამეტრის აეროზოლების რიცხვითი კონცენტრაცია განსაზღვრული იქნა მტერის გამზომი ხელსაწყო “PCE-PCO 1” საშუალებით.

კვლევებით დადგინდა, რომ „თეთრა მღვიმის“ კლიმატს სამკურნალო თვისებები გააჩნია. მისთვის დამახასიათებელი სტაბილური კლიმატი, მასში პათოგენური ბაქტერიებისა და ალერგენების არარსებობა, ნახშირორჟანგის მაღალი შემცველობა და უარყოფითი იონების სიჭარბე დადებითად მოქმედებს ბრონქული ასთმით, ქრონიკული პნევმონიით და სხვა დაავადებით შეპყრობილ ადამიანებზე, რაც ახალ პერსპექტივებს ქმნის მღვიმის მიკროკლიმატის სამკურნალო მიზნით გამოყენების საქმეში.

რადონისა, მსუბუქი იონების შემცველობის და გამა-რადიაციის ფონის მონაცემები "თეთრა მღვიმის" ეზოში და მღვიმის შიგნით არის წარმოდგენილი ცხრილში 4.

ცხრილი 4

რადონის, მსუბუქი იონების შემცველობა და გამა-რადიაცია მღვიმე "თეთრას" ეზოში და მღვიმის შიგნით 2018 წ 24 ივნისს

№	დაკვირვების ადგილი	რადონის შემცველობა, ბკ/მ ³	დადებითი მსუბუქი იონების კონცენტრაცია, იონი/სმ ³	უარყოფითი მსუბუქი იონების კონცენტრაცია, იონი/სმ ³	გამა - რადიაცია, ნზვ/სთ
1	მღვიმის ეზო	12.5	470 - 480	1600 - 1800	74 - 135
2	მღვიმე, შესასვლელიდან 50 მ მანძილზე	200	18200	24000	100 - 168
3	მღვიმე, შესასვლელიდან 100 მ მანძილზე	257	22250	24280	100 - 168



ფიგ. 7. მღვიმეში დაკვირვებების დროს: მარცხნიდან დოქტორი ვიქტორ ჩიხლაძე, პროფესორი ავთანდილ ამირანაშვილი, დოქტორი კუკური წიქარიშვილი, დოქტორი ზაზა ლეჟავა

ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევებით დადგინდა, რომ რადონის შემცველობა მღვიმეში შეადგენს 200-257 ბკრ/მ³ (ბეკერელი/მ³), ხოლო ჰაერის ჯამური ალფა-აქტიურობა შეადგენს 600-771 ბკრ/მ³. მღვიმის გარეთ, ზედაპირზე რადონის შემცველობა შეადგენს 12.5 ბკრ/მ³, ხოლო ჰაერის ჯამური ალფა-აქტიურობა შეადგენს 37.4 ბკრ/მ³ [21].

მღვიმეში დადებითი მსუბუქი იონების კონცენტრაცია შეადგენს 18200 - 22250 იონი/სმ³, უარყოფითი მსუბუქი იონების კონცენტრაცია 24000 - 24280 იონი/სმ³, მღვიმის გარეთ, ზედაპირზე კი 470 - 480 და 1600 - 1800 სმ⁻³ იონი/სმ³ შესაბამისად.

აეროზოლების რიცხვითი ჯამური კონცენტრაცია მღვიმეში შეადგენდა 286 ლ⁻¹, მღვიმის გარეთ - 502 ლ⁻¹ (ცხრილი 5).

თეთრა მღვიმეში მაიონიზებული გამა-რადიაციის ეკვივალენტურმა დოზამ შეადგინა 100 - 168 ნზვ/სთ (ნანოზივერტი/სთ), ხოლო ზედაპირზე - 74 - 135 ნზვ/სთ.

ცხრილი 5
აეროზოლების შემცველობა მღვიმისა და ატმოსფერულ ჰაერში

აეროზოლების დიამეტრი, მკმ	აეროზოლების კონცენტრაცია მღვიმეში, ლ ⁻¹	აეროზოლების კონცენტრაცია მღვიმის გარეთ, ლ ⁻¹
0.3	191.00	368.00
0.5	71.00	108.00
1.0	19.20	21.80
2.5	3.19	3.07
5.0	0.62	0.61
10.0	0.30	0.22
ჯამური მაჩვენებლები	286.00	502.00



ჰაერის ტემპერატურა მღვიმეში ამჟამად შეადგენს 13.6 °C, ხოლო ფარდობითი ტენიანობა - 98-100 %.

გასული წლებისა და ახლანდელი გამოკვლევების შეჯერებით დადგინდა, რომ მოხდა მღვიმის ჰაერის რადიოაქტიური და იონიზაციური მდგომარეობის აღდგენა. მტვრის შემცველობა მღვიმის ჰაერში ნაკლებია, ვიდრე გარეთ.

მღვიმეში ჩატარებული კვლევის შედეგები ცხადყოფენ მღვიმის სპელეოთერაპიული მიზნებისათვის გამოყენების შესაძლებლობას, რაც უნდა განვიხილოთ როგორც ცალსახად დადებითი მოვლენა. რაც შეეხება უარყოფით ზემოქმედებას, აქ უნდა აღვნიშნოთ, რომ ანთროპოგენური ჩარევა ყოველთვის იწვევს ბუნებრივად მიმდინარე პროცესების ცვალებადობას, ამოცანაა დაკვირვების გზით განისაზღვროს ცვალებადობის დონე, რაც დადგინდება ნახშირბადის დიოქსიდისა და ჰაერის კლიმატური პარამეტრების პერიოდული მონიტორინგით. ამასთან, მღვიმეში და მის გარე პერიმეტრზე (ზედაპირზე) დამატებითი სამუშაოების წარმოება უნდა მოხდეს შესაბამისი დარგის სპეციალისტებთან კონსულტაციით, რათა თავიდან იქნას აცილებული მოსალოდნელი უარყოფითი შედეგები და გართულებები.

მონიტორინგის გზით აგრეთვე უნდა დადგინდეს ვიზიტორების შესვლით გამოწვეული ტემპერატურის ცვალებადობის რელაქსაციას ახდენს თუ არა მღვიმე 24 სთ-ის განმავლობაში და საჭიროების შემთხვევაში მოხდეს სათანადო კორექტივების შეტანა ერთდროულად დასაშვები ვიზიტორების რიცხვში [22 – 27].

მღვიმეში ერთდროულად დასაშვებ ადამიანთა რიცხვის განსაზღვრა დაფუძნებულია ადამიანთა უსაფრთხოებაზე და ეკოლოგიური მოსაზრებებიდან გამომდინარე.

პირველი მაჩვენებელი არის ადამიანის სუნთქვისათვის საკმარისი ჰაერის რაოდენობიდან გამომდინარე ადამიანების რიცხვის განსაზღვრა, ხოლო მეორე საკითხია ადამიანთა გარკვეული რიცხვის მიერ გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა, მღვიმის უსაფრთხოებაზე მისი გავლენა და მოახდენს თუ არა მოცემული მღვიმე სითბოს აღნიშნული რაოდენობის განეიტრალებას 24 სთ-ის განმავლობაში.

ექსპლუატაციის პერიოდში საჭირო იქნება ჰაერის ხარისხის შემოწმება: ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის განსაზღვრა ჰაერში, მღვიმის ჰაერის ტემპერატურისა და ფარდობითი ტენიანობის განსაზღვრა ვიზიტორთა მაქსიმალური რიცხვის შემთხვევაში, ანთროპოგენური გავლენის ფონის დადგენა და იმის შემოწმება, ახერხებს თუ არა გარემო შეტანილი შემფოთების რელაქსაციას 24 სთ-ის განმავლობაში. აღნიშნული სამუშაოები სასურველია შესრულდეს კომპენენტური სპეციალისტების მიერ მღვიმის ექსპლუატაციაში გაშვების შემდეგ.

ამის შემდეგ შესაძლებელია მოხდეს ერთდროულად დასაშვებ ადამიანთა რიცხვის კორექტირება როგორც გაზრდის, ისე შემცირების მიმართულებით.

1 ადამიანის სუნთქვისათვის საჭირო ჰაერის ხარჯიდან გამომდინარე განსაზღვრულია მღვიმეში ერთდროულად დასაშვებ ადამიანთა რაოდენობა 1 სთ-ის განმავლობაში, ხოლო მღვიმეში ადამიანების მოცემული რიცხვის დაშვება შესაძლებელია ჯამურად 4 სთ-ის განმავლობაში. აღნიშნული მაჩვენებლები შეტანილია ცხრილში 6.

ცხრილი 6

ადამიანთა ერთდროულად დასაშვები რიცხვი თეთრა მღვიმეში თვეების მიხედვით

თვეები	1 სთ-ის განმავლობაში	4 სთ-ის განმავლობაში	თვეები	1 სთ-ის განმავლობაში	4 სთ-ის განმავლობაში
იანვარი	43	172	ივლისი	42	168



თებერვალი	41	164	აგვისტო	44	177
მარტი	34	136	სექტემბერი	37	148
აპრილი	17	68	ოქტომბერი	18	72
მაისი	29	116	ნოემბერი	23	92
ივნისი	37	148	დეკემბერი	38	152

გამომდინარე იქიდან, რომ მღვიმეში იმუშავენ ადამიანები, აუცილებელი საჭიროა პერიოდულად ჩატარდეს ჰაერის ფიზიკური პარამეტრების: ნახშირორჟანგის შემცველობის, რადიოაქტიურობისა და იონიზაციური მაჩვენებლების პროფილაქტიკური გაზომვა-შემოწმებები (კვარტალში ერთხელ). ამასთან ერთად, საჭიროდ მიგვაჩნია სათანადო ტექნიკური სამუშაოების ჩატარება. კერძოდ, შესასვლელთან ორმაგი კარების დაყენება, საცალფეხო ბილიკების მწყობრში მოყვანა, მათი სათანადო არასრიალა ფენით დაფარვა და არქეოლოგიური ორმოს გარშემო დამცავი ჯებირის გაკეთება.

დასკვნა

კვლევებით დადგინდა, რომ „თეთრა მღვიმის“ კლიმატს სამკურნალო თვისებები ახასიათებს. მისთვის დამახასიათებელი სტაბილური მიკროკლიმატი, მასში პათოგენური ბაქტერიებისა და ალერგენების არარსებობა, ნახშირორჟანგის მაღალი შემცველობა და უარყოფითი იონების სიჭარბე დადებითად მოქმედებს ბრონქული ასთმით, ქრონიკული პნევმონიით და სხვა დაავადებით შეპყრობილ ადამიანებზე, რაც ახალ პერსპექტივებს ქმნის აღნიშნული მღვიმისა და მისი მიკროკლიმატის სამკურნალო მიზნით გამოყენების საქმეში.

„თეთრა მღვიმის“ ხელსაყრელი ეკონომიკურ-გეოგრაფიული მდებარეობა, კლიმატური, მორფოლოგიური, გეოლოგიური და სხვა თავისებურებები საუკეთესო პირობებს ქმნის მასში მთელი რიგი დამხმარე მეურნეობების მოსაწყობად. კერძოდ, მოცემულ მღვიმეში კარგი პირობებია ღვინის შენახვისა და დაჭაშნიკებისათვის. აღნიშნული პრაქტიკა უკვე აპრობირებულია სამხრეთ კორეასა (მუჯუშისა და კვანმიონის მღვიმე-ენოთეკები) და მორავიაში (ვალტიცკის მიწისქვეშეთში არსებული სპელეომარანი). ბოთლებში ჩამოსხმული ღვინის დამველებისათვის უპირატესად განთავსების ადგილად შეირჩეს მღვიმის ბოლო, ნალვენთი ფორმებისაგან თავისუფალი მონაკვეთები.

დიდი მნიშვნელობა უნდა მიენიჭოს წყალტუბოს კირქვული მასივის უნიკალური მიწისქვეშა ძეგლების და საკუთრივ „თეთრა მღვიმის“ გააზრებულ და გეგმაზომიერ ათვისებას. წყალტუბოს „პრომეთეს“ კეთილმოწყობილი მღვიმის ექსპლუატაციის გამოცდილებიდან გამომდინარე, „თეთრა მღვიმისა“ და მიმდებარე ტერიტორიის კეთილმოწყობას და მის უსაფრთხო ექსპლუატაციას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება კურორტ წყალტუბოს ეკონომიკური და კულტურული განვითარებისათვის.

ჩატარებული კომპლექსური კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ მღვიმის ფიზიკური მდგომარეობა, მდგრადობა, კლიმატური რეჟიმი, ჰაერცვლის მაჩვენებლები, რადიაციული ფონი, ჰაერის იონიზაცია (უარყოფითი იონების სიჭარბე ატმოსფეროსთან

შედარებით), ჰაერში მტვრისა და მავნე აირების არარსებობა, აგრეთვე მღვიმის სამეურნეო და სამკურნალო მიზნებით გამოყენების გამოცდილება, ოპტიმისტური დასკვნის გაკეთების საშუალებას იძლევა „თეთრა მღვიმის“ ოპტიმალური ექსპლუატაციის შესაძლებლობების კუთხით. შესაბამისად, რეკომენდაცია მიეცეს მღვიმის გამოყენებას სამეურნეო (სპელეომარანი, სპელეოდეგუსტაცია და ღვინის სადემონსტრაციო დარბაზი) და სამკურნალო მიზნებისათვის. პარალელურად, სასურველია შენარჩუნებული იქნას მღვიმის სპელეოტურისტული პოტენციალიც, რაც შესაძლებელია წინამდებარე ნაშრომისა და დარგის სპეციალისტების რეკომენდაციათა მხედველობაში მიღებით.

ლიტერატურა

- [1] Kipiani Sh., Tintilozov Z. Sataplia-Tskhaltubos midamoebis karstuli gamoqvabulebi. Saqartvelos mgvimeebi da gamoqvabulebi. Tbilisi, 1963, v. 1, pp. 25-64 (in Georgian).
- [2] Maksimov S. D. Vlianie mikroklimate Solotvinskikh solianikh shakht na logochnoe dikhanie u bolnikh bronkhialnoi astmoi. Avtoreferat dissertatsii kandidata meditsinskikh nauk, Uzhgorod, Russia, 1975, p. 22 (in Russian).
- [3] Dushevski V. P. Ispolzovanie karstovikh polostei Predgornogo Krima. V kn.: Ispolzovanie pesher, Tezisi dokladov Vsesoiuznogo soveshanie, Perm, 1979, pp. 24-26 (in Russian).
- [4] Mamatkulov M. M., Aripov K. P., Atajanov I. I., Ispolzovanie pesher Srednei Azii dlia razlichnikh tselei. V kn.: Tezisi dokladov Vsesoiuznogo soveshanie, Perm, 1979, pp. 31-33 (in Russian).
- [5] Dublianski V. N. Hidrotermokarstovie pesheri iuga SSSR. Pesheri, Mezhvuzovski sbornik trudov, Perm, 1981, pp. 16-25 (in Russian).
- [6] Tsikarishvili K. Mgvimeebi medicinis samsaxurshi. Mecniereba da tekhnika, 1983. №3, pp. 32-34 (in Georgian).
- [7] Maksimovich G. A. Originalnoe ispolzovanie pesher. „Pesheri“, Perm, vip. 8/9, 1970, pp. 174-176 (in Russian).
- [8] Gorbenko P. P. Mikroklimatecheskie osobennosti speleoterapevticheskikh stacionarov. Akkumulatsia zimnego kholoda v gornikh porodakh i ego ispolzovanie v narodnom khoziaistve. Tezisi dokladov Vsesoiuznogo soveshanie, Perm, 1981, pp. 101-102 (in Russian).
- [9] Gorbenko P. P. uspekhi i perspektivi pazvitia speleomeditsini. V kn.: Sostoianie, zadachi i metodi izuchenia glubinnogo karsta SSSR, Tezisi dokladov Vsesoiuznogo soveshanie, Moskva., 1981, pp. 181-182 (in Russian).
- [10] Kavkasidze R. P., Chkhenkeli Sh. M., Tintilozov Z. K. i dr. Izuchenie mikroklimate nekotorigh pesher Gruzii. Kurortologia i piziotherapia, Trudi (Nauchno-issledovatelski Institut Kurortologii i piziotherapii im. I. G. Koniashvili), 1973, v. 34, pp. 43-53 (in Russian).
- [11] Tarkhnishvili I. D. Speleoterapia bolnikh bronkhialnoi astmoi v usloviakh karstovoi pesheri „Tetri mgvime“(v raione Tskhaltubo). Avtoreferat dissertatsii kandidata meditsinskikh nauk, Tbilisi, 1979, p. 23 (in Russian).
- [12] Khatishvili N. M. K voprosu ispolzovania mikroklimate karstovoi pesheri v medicine. Problemi kompleksnogo izuchenia karsta gornikh stran, Tbilisi, Metsniereba, 1989, pp. 286-289 (in Russian).
- [13] Tarkhan-Mouravi I. D. Speleoterapia, Tbilisi, TSU, 2000, p. 85 (in Georgian).
- [14] Saakashvili N., Tabidze M., Tarkhan-Mouravi I., Khelashvili E., Amiranashvili A., Kirkitadze D., Melikadze G., Nodia A., Tarkhnishvili A., Chikhladze V., Lominadze G., Tsikarishvili K., Chelidze L. Climatic, Aero-Ionizing and Radiological Characteristics of the Health Resort – Tourist Complex of Tskaltubo City. Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology, vol. 115, 31-40, 2008, <http://dSPACE.gela.org.ge/xmlui/bitstream/handle/123456789/754/Tskaltubo-TbKonf08Ru.pdf?sequence=1>
- [15] Saakashvili N. M., Tabidze M. Sh., Tarkhan-Mouravi I. D., Amiranashvili A. G., Melikadze G. I., Chikhladze V. A. To a Question about the Certification of the Health Resort and Tourist Resources of Georgia. “Modern Problems of Using of Health Resort Resources”, Collection of Scientific Works of International Conference, Sairme, Georgia, June 10-13, 2010, ISBN 978-9941-0-2529-7, Tbilisi, 2010, pp. 175-180 (in Russian).
- [16] Amiranashvili A. G., Chikhladze V. A. Saakashvili N. M., Tabidze M. Sh., Tarkhan-Mouravi I. D. Bioclimatic Characteristics of Recreational Zones – Important Component of the Passport of the Health Resort – Tourist Potential of Georgia. Pressing Problems in Hydrometeorology and Ecology, Papers of the Int. Conf. Dedicated to

the 90th Anniversary of Academician G. Svanidze, September 27-29, Tbilisi, 2011, Trans. of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University, vol. 117, ISSN 1512-0902, Tbilisi, 2011, pp. 89-92.

[17] Saakashvili N. M., Tabidze M. Sh., Amiranashvili A.G., Melikadze G.I., Chikhladze V.A. To a Question about the Organization of Ionotherapy at the Health Resorts of Georgia. "Modern Problems of Using of Health Resort Resources", Collection of Scientific Works of International Conference, Sairme, Georgia, June 10-13, 2010, ISBN 978-9941-0-2529-7, Tbilisi, 2010, pp. 168-174, (in Russian). <http://dspace.gela.org.ge/bitstream/123456789/658/1/Ionoterapia-Kurorti-Konf-2010-Ru.pdf>.

[18] Amiranashvili A., Bliadze T., Chikhladze V., Machaidze Z., Melikadze G., Saakashvili N., Khatiashvili E., Tarkhan-Mouravi I., Sikharulidze Sh., Nakaidze T., Tavartkiladze M. New Data About the Aero ionization Characteristics of the Territory of National Botanical Garden of Georgia as the Factor of the Expansion of its Sanitation Properties for the Visitors. Journal. of Georgian Geophysical Soc., Iss. (B), Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, vol.16b, Tbilisi, 2013, pp. 24-30.

[19] Amiranashvili A. G., Amiranashvili B. A., Bliadze T. G., Tarkhan-Mouravi I. D., Chikhladze V. A. Soderzhanie legkikh aero-ionov v nekotorykh kurortnikh i turistichekikh zonakh Borjomi i Tbilisi. Aktualnie problemi patologii, terapii i meditsinkoi reabilitatsii. Sbornik nauchnikh statei, ISBN 978-9941-0-6499-9, Tbilisi-Moskva: ТБК-РАМ-ТН, 2014, pp. 69-74 (in Russian).

[20] Amiranashvili A. G., Bolashvili N. R., Chikhladze V. A., Japaridze N. D., Khazaradze K. R., Khazaradze R. R., Lezhava Z. L., Tsikarishvili K. D. Some New Data about the Bioclimatic Characteristics of the Village of Mukhuri (Western Georgia). Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.18 B, Tbilisi, Georgia, 2015, pp. 107-115.

[21] Amiranashvili A., Chikhladze V., Tsikarishvili K., Tsiklauri Kh. On the Restoration of the Ionization ustroenni Dedicated to Prof. Davit Ukleba's 100th Anniversary, ISBN 978-9941-13-885-0, 5-6 November, Tbilisi, Georgia, 2019, pp. 33-36.

[22] Lanchava O. A., Tsikarishvili K. D. Tskhaltubos (Prometes) mgvimuri sistema. Tbilisi State University Publishing House, Tbilisi, 2016, p. 152 (in Georgian).

[23] Lanchava O. A., Tsikarishvili K. D. O neobkhodimosti monitoringa blagoustroennikh karstovikh pesher s tseliuih optimalnoi ekspluatatsii (na primere Novoafonskoi i Tskhaltubskoi pesher Grusii). Kompleksnoe ispolzovanie i okhrana podzemnikh prostranstv (Integrated Use and Protection of underground spaces), Perm, Russia, 2014, pp. 123-129 (in Russian).

[24] Bolashvili N. R., Lanchava O. A., Tsikarishvili K. D. [Tskhaltubo \(Prometheus\) Cave System.](#) Lambert Academic Publishing, Saarbrücken 1, 2017, p. 136.

[25] Lanchava O. Hygroscopic heat and mass transfer in underground structures, Tbilisi, 1998, p. 272 (in Georgian).

[26] Lanchava O., Bolashvili N., Naskhidashvili A., Tsikarishvili K., Lezhava Z., Tsagareishvili S. and Chartolani G. Determination of the Simultaneously Allowed Optimal Number of Tourists for the Tskaltubo (Prometheus) Cave. Open Journal of Geology, 8, 2018, pp. 437-445. <https://doi.org/10.4236/ojg.2018.84025>.

[27] Lanchava O., Ilias N., Andras I., Moraru R., Neag I. On the Ventilation of Transport Tunnels in the Presence of a Strong (Heavy) Fire. Annals of the University of Petrosani, Mechanical Engineering, Petrosani, Romania, 2007, pp. 219-227.

[28] Lanchava O., Ilias N. Complex calculation method of temperature, mass transfer potential and relative humidity for ventilation flow in subway. Journal of Engineering Sciences and Innovation. Volume 3, Issue 1, Bucharest, 2018, pp. 69-84.