

პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის
ინსტიტუტი

ხელნაწერის უფლებით

რუსუდან ხარგელია

ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს
ჰიდროქიმიური და ეკოლოგიური
კვლევა

02.00.22 – ქიმიური ეკოლოგია

ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად
წარმოდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი – 2006

სამუშაო შესრულებულია ალექსანდრე ჯანელიძის გეოლოგიურ ინსტიტუტში და
სამეცნიერო კვლევით ფირმა "გამა"-ში

სამეცნიერო ხელმძღვანელი:

ვახტანგ გვახარია,
ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი

ოფიციალური
ოპონენტები:

გურამ მაისურაძე,
ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი
(02.00.22)
ჟუჟუნა გურჯია,
ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი
(02.00.02; 11.00.10)

დისერტაციის დაცვა შედგება 2006 წლის სთ.

პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტის
სადისერტაციო საბჭოს Ch 02.04.№2 სხდომაზე.
მისამართი: 0186, თბილისი, ჯიქიას № 5.

დისერტაციის გაცნობა შესაძლებელია პეტრე მელიქიშვილის ფიზიკური და
ორგანული ქიმიის ინსტიტუტის ბიბლიოთეკაში. მისამართი: 0186, თბილისი,
ჯიქიას № 5.

ავტორეფერატი დაიგზავნა "—" "—" 2006წ.

სადისერტაციო საბჭოს სწავლული მდივანი,
ქიმიის მეცნიერებათა კანდიდატი

/მ. ბურჯანაძე/

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალობა საქართველოს მიწისქვეშა მტკნარი და მინერალური წყლების წარმოება ქვეყნის სახალხო მეურნეობის ერთ-ერთი წამყვანი დარგია, რომელსაც შეუძლია დიდი წვლილი შეიტანოს საქართველოს ეკონომიკის განვითარებაში. აღნიშნული დარგის ეკონომიკური პოტენციალი გაცილებით მაღალია, ვიდრე სახალხო მეურნეობის სხვა რომელიმე დარგისა და რამდენჯერმე აღმატება აგროსამრეწველო კომპლექსის წამყვან დარგების – მეჩაიეობის, მევენახეობის და მეღვინეობის პოტენციალს ერთად აღებულს.

მინერალური წყლების ინდუსტრიის განვითარება მწელი წარმოსადგენია ბორჯომის პროდუქციის წარმოების გარეშე. საქვეყნოდ ცნობილი “ბორჯომი” საქართველოს მინერალური წყლების საერთაშორისო ბაზარზე დამკვიდრების გარანტია.

ოთხმოცდაათიანი წლების კრიზისის პერიოდში პრაქტიკულად უმეთვალყურეოდ დარჩენილი ბორჯომის მინერალური წყლის უნიკალური საბადო სავალალო მდგომარეობაში აღმოჩნდა. ჩვენი გჯუფის მიერ დოკუმენტალურად აღწერილია საბადოს იმდროინდელი, კატასტროფის პირას არსებული, ინფრასტრუქტურა. შემდგომში, აღორძინების პროცესის დასაწყისში, შესაძლებელი ნეგატიური ცვლილებების გადამოწმების მიზნით საჭირო გახდა მისი დეტალური, მეცნიერულად დასაბუთებული აღწერა, სრულყოფილი ჰიდროგეოლოგიური, ჰიდროქიმიური და ეკოლოგიური დახასიათება.

დღეს საბადო მთლიანად მოდერნიზებულია: გაუქმებულია დეფექტური ჭაბურღილები, აღდგენილია და გაწმენდილია საექსპლოატაციო და სათვალთვალო ჭაბურღილები. ამავე დროს გაუვიდა ვადა 1982 წ. დამტკიცებულ საექსპლოატაციო მარაგებს და საჭირო შეიქმნა მათი გადათვლა, რაც ჰიდროგეოლოგიური, ჰიდროქიმიური და ეკოლოგიური კვლევების საფუძველზე ხორციელდება.

საბადოს გეოლოგიური, ჰიდროქიმიური და ეკოლოგიური შეფასება ხორციელდება ევროკავშირის დირექტივების მიხედვით, იქმნება ახალი ნორმატიული დოკუმენტები; განისაზღვრება წყლის ხარისხი და სხვა.

აღწერილი საერთაშორისო მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად, აუცილებელია მიწისქვეშა წყლების გამოყენების პრობლემისადმი ახლებური მიდგომა. საბადოებისა და მინერალური წყლების პროდუქციისათვის საჭიროა თანამედროვე მოთხოვნების შესაბამისი ინფორმაციული მხარდაჭერის უზრუნველყოფა, ანუ მასალების მომზადება, იმპორტიორი ქვეყნების მოთხოვნების შესაბამისად, ეს კი, თავის მხრივ, მოითხოვს ეკოლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური და ჰიდროქიმიური მონიტორინგული კვლევების სისტემის მოდერნიზაციას, ახალი მეთოდების დანერგვასა და კვლევის შედეგების საერთაშორისოდ მისაღებ ფორმატში წარმოდგენას.

კვლევის მიზანი და ამოცანები. ჩატარებული სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ჰიდროქიმიური და ეკოლოგიური კვლევა საერთაშორისო მოთხოვნების შესაბამისად; კვლევის შედეგად მოპოვებული ინფორმაციის სისტემატიზაციისა და საბადოს მართვის სისტემის გაუმჯობესების მიზნით კომპლექსური მონაცემთა ბაზის და კომპიუტერული მოდელის შექმნა. საბადოს სტაბილურობის დადგენის მიზნით ბუნებრივი ჰიდროქიმიური ფლუქტუაციების ზღვრების განსაზღვრა, ბორჯომის მინერალური წყლის სტანდარტის ქიმიური პარამეტრების დადგენა.

ამ მიზნის მისაღწევად დასახული იყო შემდეგი ამოცანები:

- ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოზე არსებული მონიტორინგის პროგრამის მოდიფიცირება ევროგაერთიანების დირექტივების მოთხოვნების შესაბამისად, რაც ითვალისწინებს განსასაზღვრი კომპონენტების შერჩევას ევროკავშირის მოთხოვნებისა და ბორჯომის მინერალური წყლის სპეციფიკის გათვალისწინებით.
- ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ყველა მოქმედი ჭაბურღილის წყლის ქიმიური ანალიზების სერიების ჩატარება მონიტორინგის პროგრამის შესაბამისად, განისაზღვრება ძირითადი, სპეციფიკური და ნორმირებული კომპონენტები, ორგანოლოგიური მაჩვენებლები, მიკრობიოლოგიური მახასიათებლები, პესტიციდები და სხვა ორგანულ კომპონენტები, თანამდე გაზები.
- მიღებული ჰიდროქიმიური შედეგების სტატისტიკური დამუშავება, შედეგების ანალიზი და ფლუქტუაციის ზღვრების დადგენა.

- ჰიდროქიმიური და ჰიდროგეოლოგიური მონაცემების საფუძველზე საბადოს ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება.
- მიღებული ჰიდროქიმიური ინფორმაციის გაანალიზება საბადოსათვის დამახასიათებელი ჰიდროგეოლოგიური თავისებურებების გათვალისწინებით. საბადოს რესურსების გადათვლის პროცესში ჰიდროქიმიური მონაცემების უზრუნველყოფა.
- ბორჯომის საბადოს ჰიდროქიმიური და ჰიდროგეოლოგიური მონაცემთა ბაზების შექმნა.
- ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს სამგანზომილებიანი მოდელის შექმნა გეოსაინფორმაციო სისტემების გამოყენებით, სადაც თითოეული ჭაბურღილისთვის შეტანილია ქიმიური კვლევების შედეგები, სინჯის აღების კოორდინატებისა და აღების დროის მითითებით.

ნაშრომის სამცენიერო სიახლე: მიმდინარე ნაშრომში თანამედროვე მოთხოვნის შესაბამისად გამოკვლეულია ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ჭაბურღილების წყლის ქიმიური შემადგენლობა, კვლევისას გამოყენებულია საერთაშორისო სტანდარტიზაციის ორგანიზაციის მიერ რეკომენდებული ქიმიური ანალიზის სტანდარტული მეთოდები. ანალიზის სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით პირველადაა გაანალიზებული მრავალწლიანი ქიმიური მონიტორინგის შედეგები ჰიდროქიმიური და ეკოლოგიური თვალთახედვით, დადგენილია საბადოსათვის დამახასიათებელი, წყლის ქიმიური შემადგენლობის ბუნებრივი ფლუქტუაციების ზღვრები.

პირველადაა შესწავლილი და შეფასებული ძირითად მეტალთა იონების განაწილება საბადოს საექსპლოატაციო ჭაბურღილებსა და ჰიდროგეოლოგიურ უბნებს შორის. ნაშრომში გაანალიზებული წყლის ქიმიური პარამეტრები გამოყენებულია საბადოს ჰიდროგეოლოგიური დარაიონების განსაზღვრისათვის და მასზე არსებული უბნების საზღვრების დაზუსტებისათვის.

გეოსაინფორმაციო სისტემების გამოყენებით შემუშავებულია საბადოს სამგანზომილებიანი მოდელი, რომელიც მასში შეტანილი, წლების მანძილზე მოპოვებული მონაცემების საფუძველზე, საბადოს ახლებურად დანახვისა და შეფასების საშუალებას იძლევა. პროგრამა დროის მცირე მონაკვეთში წარმოადგენს ინფორმაციას თითოეულ ჭაბურღილის ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრების შესახებ, წყლების ფიზიკურ და ქიმიურ მახასიათებლებს.

ჩვენს ხელთ არსებული მონაცემების გამოყენება საშუალებას იძლევა შეფასებულ იქნას საბადოს ეკოლოგიური დაცულობის ხარისხი. ჰიდროგეოლოგიური და ჰიდროქიმიური პარამეტრების ერთობლივი განხილვის საფუძველზე დადასტურებულია საბადოს ეკოლოგიური მდგრადობის პარამეტრები. განხილულია მიწისძვრების ზემოქმედება წყლის ქიმიურ შემადგენლობაზე.

ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება: კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემების საფუძველზე მომზადდა ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს დამახასიათებელი ანგარიში, რომელიც წარდგენილ იქნა ბრიტანეთის საკვები პროდუქტების სტანდარტიზაციის სააგენტოში. ანგარიშში ასახულ ქიმიური შემადგენლობის და ეკოლოგიური დაცულობის მონაცემებზე დაყრდნობით, ბორჯომის მინერალური წყალი შეტანილია ევროგაერთიანების მიერ აღიარებული მინერალური წყლების საბადოების ნუსხაში, როგორც ეკოლოგიურად დაცული, ხოლო პროდუქციას მიენიჭა ნატურალური მინერალური წყლის სტატუსი. მრავალწლიანი დაკვირვებების შედეგად განსაზღვრულ ბორჯომის მინერალური წყლის ბუნებრივი ფლუქტუაციის ზღვრებზე დაყრდნობით მომზადებული და რეგისტრირებულია საქართველოს ეროვნული სტანდარტი - სსტ 50:2005, წყალი ნატურალური მინერალური "ბორჯომი", ტექნიკური პირობები, რომელიც წარმოადგენს საქართველოს პირველ ეროვნულ სტანდარტს და აღიარებულია მინერალური წყლების სავაჭრო სივრცეში. აღნიშნული სტანდარტის საფუძველზე ჩვენს მიერ, მომზადებული იქნა საქართველოს მინერალური წყლების ეროვნული სტანდარტი (სსტ 53:2006) "წყლები ნატურალური მინერალური, ჩამოსხმული". ტექნიკური პირობები.

ნაშრომში ასახული კვლევის შედეგები გამოყენებულ იქნა ბორჯომის საბადოს წყლის მარაგების შეფასების პროექტის მომზადებისას, რომელიც განხილულ იქნა მარაგების სახელმწიფო კომისიაზე. წარდგენილი პროექტის საფუძველზე მარაგების სახელმწიფო კომისიამ დაამტკიცა ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს მარაგები 2006-2031 წლებისათვის.

ბორჯომის საბადოსთვის მომზადებული სამგანზომილებიანი გეოსაინფორმაციო მოდელი წარმოადგენს მომავალი მონიტორინგული ინფორმაციის შენახვისა და ანალიზის ეფექტურ ინსტრუმენტს, რომელიც შესაძლებელია სისტემატურად განახლდეს და გარდაიქმნას საბადოს ექსპლოატაციის და მონიტორინგის მოქმედ დინამიურ მოდელად.

ნაშრომის აპრობაცია: სადისერტაციო ნაშრომი აპრობირებულია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ალექსანდრე ჯანელიძის სახელობის გეოლოგიურ ინსტიტუტში. ნაშრომის შედეგები წარდგენილი და განხილულია ბრიტანეთის საკვები პროდუქტების სტანდარტიზაციის სააგენტოში. ნაშრომის შედეგები თეზისების სახით მოხსენებულია საერთაშორისო კონგრესზე მოსკოვში 2004 და 2006 წლებში.

პუბლიკაციები: დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებულია 8 სამეცნიერო შრომა, მათ შორის რეფერირებულ ჟურნალებში 5; 10 თეზისი.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა: სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლის, ლიტერატურის მიმოხილვის, ექსპერიმენტული ნაწილის, შედეგების განსჯისა და დასკვნისაგან.

ნაშრომი წარმოდგენილია ნაბეჭდი ტექსტის 128 გვერდზე. ილუსტრირებულია 28 ნახაზით, 4 რუკით და 40 ცხრილით, ციტირებული ლიტერატურის სია მოიცავს 116 წყაროს.

ნაშრომის ძირითადი შინაარსი

შესავალში დასაბუთებულია თემის აქტუალობა, დასახულია კვლევის მიზნები და ამოცანები, ნაჩვენებია ნაშრომის სიახლე და სამეცნიერო-პრაქტიკული მნიშვნელობა.

პირველი თავი წარმოადგენს ლიტერატურის მიმოხილვას, რომელიც მოიცავს ცნობებს ბორჯომის რაიონის და საბადოს შესახებ; საბადოს გეოლოგიურ და ჰიდროგეოლოგიურ დახასიათებას, აღწერილია მისი ფორმირების და ეკოლოგიური დაცულობის თავისებურებები; წარმოდგენილია ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ჰიდროქიმიური შესწავლილობა;

განხილულია წყლის ქიმიური, ბაქტერიოლოგიური და რადიოლოგიური პარამეტრების კვლევისას საერთაშორისოდ რეკომენდირებული უნიფიცირებული მეთოდები, რომელიც მოიცავს საერთაშორისო სტანდარტიზაციის ორგანიზაციის (ISO), ამერიკის შეერთებული შტატების გარემოსდაცვით ორგანიზაციის სტანდარტულ მეთოდებს (US EPA) და ყოფილი საბჭოთა კავშირში მიღებულ სტანდარტულ მეთოდებს (ГОСТ).

განხილულია ნორმატიული დოკუმენტები, ნატურალური მინერალური წყლის პროდუქციისა და მინერალური წყლის საბადოსადმი წაყენებული მოთხოვნები, რომელიც გამოიყენება საკვები პროდუქტებისა და წყლის პროდუქციის წარმოებაში. განხილულია ადამიანის ჯანმრთელობის უსაფრთხოებასთან დაკავშირებული მოთხოვნები, ჰიგიენური ნორმები. საქართველოში მოქმედი კანონმდებლობა შედარებულია ევროპეული ვეროგაერთიანებისა და ჯანმრთელობის საერთაშორისო ორგანიზაციის მოთხოვნებთან.

ნაშრომის შემდეგ თავებში აღწერილია ჩატარებული სამუშაოს ექსპერიმენტული ნაწილი და განხილულია კვლევის შედეგები.

ექსპერიმენტული ნაწილი და კვლევის შედეგების განსჯა

კვლევის ობიექტი და გამოყენებული კვლევის მეთოდები: კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს საექსპლოატაციო ჭაბურღილები (maxazi 1). ცენტრალური უბნის ჭაბურღილები 1; 41; 59, ვაშლოვანი ყვიბისის უბნის – ჭაბურღილები 25; 37; 38 და ლიკანის უბნის – ჭაბურღილი 54. ჩვენს მიერ ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს კვლევა დაწყებულია ოთხმოცდაათიანი წლებიდან. თითოეული ჭაბურღილის წყლის ნიმუში 2002 წლამდე შეისწავლებოდა სიხშირით ერთი ან ორი სრული ანალიზი წელიწადში. 2002 და 2003 წლებში ჩვენს მიერ შედგენილი იყო მონიტორინგის სპეციალური პროგრამა, რომლის მიხედვითაც ორი წლის განმავლობაში თითოეული ჭაბურღილისთვის (7 საექსპლოატაციო ჭაბურღილი) გაანალიზებული იყო 10-10 სინჯი. თითოეულ სინჯში ტარდებოდა სრული ქიმიური ანალიზი, რომელიც მოიცავს: ძირითადი და სპეციფიკური კომპონენტების, ბიოგენური ელემენტების, მიკროელემენტების, მიკრობიოლოგიური პარამეტრების ანალიზს.

ნიმუშების აღება ხდებოდა ისო-5667-5 სტანდარტული მეთოდების გამოყენებით. თითოეული ნიმუშის ეტიკეტზე დატანილი იქნა ნიმუშის აღების დრო, გეოგრაფიული კოორდინატი GPS-ის საშუალებით, ჭაბურღილის ფუნქციონირების ფიზიკური პარამეტრები, კონსერვირების მეთოდი და სხვა საჭირო ინფორმაცია. ზოგადი ინფორმაცია გამოკვლეული ჭაბურღილების შესახებ მოცემულია ცხრილში 1.

ნიმუშებში საკვლევი ქიმიური და მიკრობიოლოგიური კომპონენტების განსაზღვრა ხდებოდა ძირითადად ისო-ს სტანდარტული მეთოდების შესაბამისად.

კვლევის შედეგების სტატისტიკური დამუშავება. წყლების ქიმიური შემადგენლობის სტაბილურობის ხარისხის დადგენის მიზნით თითოეული ჭაბურღილის მონაცემები დამუშავდა მათემატიკური სტატისტიკური ანალიზის მეთოდით – განისაზღვრა ფლუქტუაციის ზღვრები, ემპირიული და საშუალო კვადრატული გადახრები და სხვა. ცხრილში 2, მაგალითის სახით წარმოდგენილია 38 ჭაბურღილის ძირითადი და სპეციფიკური კომპონენტების სტატისტიკური ანალიზის შედეგები. ეროკავშირის დეკლარაციის მოთხოვნების მიხედვით წყლების ქიმიური ფლუქტუაცია არ უნდა იყოს დამოკიდებული სეზონურობაზე და ძირითადი კომპონენტების ემპირიული გადახრა საშუალო არითმეტიკული სიდიდიდან არ უნდა აღემატებოდეს 20% -ს. ასეთ შემთხვევაში ითვლება, რომ საბადაო ეკოლოგიურად დაცულია და მისი დაბინძურების ალბათობა ძალზედ მცირეა.

ჭაბურღილების წყლების ორწლიანი კვლევის მანძილზე არ არის ფიქსირებული ქიმიური შემადგენლობის რაიმე შესამჩნევი ცვლილება, ძირითადი იონების შემცველობა მერყეობს ბუნებრივი ფლუქტუაციის ფარგლებში და არ აღემატება 5-10%-ს; მიკროელემენტების და ბიოგენური კომპონენტების გადახრები უახლოვდება 20% -იან ზღვარს, მაგრამ ასეთი გადახრა, მათი შედარებით მცირე კონცენტრაციათა გამო, განსაზღვრის ცდომილებით არის განპირობებული.

წყლების შემადგენელი რიგი კომპონენტების სტატისტიკური ანალიზით მიღებული საშუალო მნიშვნელობები შვიდივე საქესპლოატაციო ჭაბურღილისთვის მოყვანილია ცხრილში 3.

მონიტორინგის პროცესში დარიშხანი, კადმიუმი, ციანიდი, ქრომი, ვერცხლისწყალი, ნიკელი, სელენი, სტრიუმი, ტყვია, ნიტრატი, ნიტრიტი, არცერთ ჭაბურღილში არ დაფიქსირებულა, მათი შემცველობები ნაკლებია განსაზღვრის ზღვარზე.

ბორჯომის მინერალური წყლის შემადგენელი კომპონენტები, მათი კონცენტრაციათა დიაპაზონები. **“ბორჯომის” ეროვნული სტანდარტი** საქართველოში, ისევე როგორც დსთ-ს სხვა ქვეყნებში მინერალური წყლებისათვის მოქმედებს სტანდარტი - გოსტ 13273-88. ეს სტანდარტი მოქმედებულისა და ვერ აკმაყოფილებს ევროპის რეგიონალური სტანდარტის და ბუტილირებული წყლების საერთაშორისო ასოციაციის წესების მოთხოვნებს; მასში მოყვანილი ზოგიერთი მონაცემი არ შეესაბამება ბორჯომის მინერალური წყლის პროდუქციის რეალურ ქიმიურ შემადგენლობას.

ჩვენს მიერ შემუშავებულია საქართველოს ეროვნული სტანდარტი – სსტ 50:2005, წყალი ნატურალური მინერალური “ბორჯომი” ტექნიკური პირობა. სტანდარტი ლეგალიზებულია 2006 წლის 29 მარტს და დღეს ბორჯომის ხარისხის კონტროლი, რეალიზაცია და ექსპორტი მისი საშუალებით ხორციელდება.

ცხრილში 4 წარმოდგენილია ჩვენს მიერ შეტანილი ცვლილებები ბორჯომის მინერალური წყლის ძველ სტანდარტში.

გოსტ 13273-88 ნატრიუმის და კალიუმის ჯამური მნიშვნელობებია მოცემული. ბორჯომის სტანდარტში ამ ელემენტების ჯამური კონცენტრაციის ჩვენება არამართებულია. კალიუმი, რომლის რაოდენობა ზოგიერთ ჭაბურღილში აღწევს 40 მგ/ლ-ს, ბორჯომის წყლის თავისებურებაზე უთუოდ ახდენს გავლენას. მრავალწლიანი ანალიზების და სტატისტიკური გათვლების საფუძველზე ახალ სტანდარტში ნატრიუმი და კალიუმი ცალცალკე არის წარმოდგენილი.

შეცდომად მიგვაჩნია ის გარემოებაც, რომ ბორჯომის წყლის ძველ სტანდარტში არ არის მოცემული კონკრეტული ინფორმაცია სტრონიციუმის, ფტორის, იოდის და ბორის შესახებ. ჩვენი მონაცემებით სტრონიციუმის შემცველობა ჭაბურღილების წყლის ნიმუშებსა და პროდუქციაში შეადგენს 4.0-20.0 მგ/ლ, ფტორის 3-10.6 მგ/ლ, იოდის 0.3-1.5 მგ/ლ, ბორი 3.0-10.0მგ/ლ. ბიოლოგიურად აქტიური ელემენტების ასეთი რაოდენობა, ცხადია, გარკვეულ გავლენას ახდენს ბორჯომის წყლის კონდიციაზე. ამიტომ, ახალ სტანდარტში ეს ჯგუფი გამოიყო სპეციფიკური კომპონენტების სახით.

ბორჯომის ეროვნულ სტანდარტში გამოყოფილი ძირითადი და სპეციფიკური კომპონენტების მნიშვნელობები მოყვანილია ცხრილებში 5-6.

სპეციფიკური კომპონენტები არ განსაზღვრავენ მინერალური წყლის ტიპს, ამავე დროს მათი კონცენტრაცია საგრძნობ გავლენას ახდენს წყლის თვისებებზე.

ბორჯომის წყალში ნორმირებული მაჩვენებლები და საბადოს ეკოლოგიური დაცულობა. ამ თავში განხილულია ეროკავშირის დირექტივაში მოყვანილი ქიმიური, მიკრობიოლოგიური და რადიაციული ნორმები და ბორჯომის მინერალურ წყალში ნორმირებულ კომპონენტთა შემცველობები – ცხრილი 7 და 8.

ბორჯომის წყალში არ ფიქსირდება ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები, პესტიციდები, პოლიქლორბიფენილები, ნავთობპროდუქტები, პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები. წყლის მონიტორინგული კვლევები მასსპექტრომეტრული ქრომატოგრაფიის მეთოდით

შესრულებულია დიდი ბრიტანეთის (Alcontrol Laboratories – იორკშირი, Wessex Laboratories - ვესექსი) და საფრანგეთის (Compange Generale d'eau de source) ლაბორატორიებში.

უნდა აღინიშნოს, რომ მონიტორინგის პროცესში ჭაბურღილების მიკრობიოლოგიური დაბინძურების შემთხვევა არ დაფიქსირებულა ცხრილი 8.

რადიაციული უსაფრთხოების მაჩვენებლების მიხედვით მინერალურ წყალში საერთო α და β რადიოაქტიურობა შესაბამისად ნაკლებია 0.05 ბკ/ლ და 0.5 ბკ/ლ-ზე.

მოცემულ თავში მოყვანილი მონაცემები ნათლად მეტყველებს ბორჯომის საბადოს მდგრად ეკოლოგიურ დაცულობაზე და წყლის სისუფთავის მაღალ ხარისხზე.

ძირითადი მეტალების განაწილება საბადოს ცალკეულ საექსპლოატაციო უბანზე. ბორჯომის საბადოს 15 წლიანი მონიტორინგის შედეგად დაგროვდა მდიდარი მასალა, რომლის დეტალური შესწავლა და ანალიზი ბევრ საინტერესო კანონზომიერების აღმოჩენას გვპირდება.

ბორჯომის მინერალური წყლის საბადო ჰიდროგეოლოგიური პირობების სირთულით გამორჩეულ ერთიან სისტემას წარმოადგენს, ამავე დროს, ჰიდროგეოლოგიური კვლევებით დახასიათებული და გამოყოფილია სამი სტრუქტურული უბანი: ცენტრალური (ჭაბურღილები 1; 41 და 59), ვაშლოვანი ყვიბისის (25; 37 და 38) და ლიკანის (54). გამოყოფილი ჰიდროგეოლოგიური უბნების ფორმირების და მათ შორის ურთიერთკავშირის ბუნება დღესაც სადისკუსიოა და კვლევის საგანია.

ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს უბნებისათვის დამახასიათებელი თავისებურებების შესწავლის მიზნით, გამოკვლეულია მინერალურ წყლის ნიმუშებში ძირითადი მეტალური იონების განაწილების ხასიათი. კვლევის შედეგად, დადგინდა, რომ მეტალების იონების განაწილება დაკავშირებულია საბადოს ცალკეული ჰიდროგეოლოგიური უბნის წყლის ფორმირების თავისებურებასთან. ამ ფაქტის კონსტატაცია მნიშვნელოვანია, ბორჯომის საბადოს ჰიდროგეოლოგიურ უბნებად დაყოფის მართებულობის დასამტკიცებლად.

ცალკეული ჭაბურღილების წყლებისათვის მოცემულია ნატრიუმის კონცენტრაციათა დამოკიდებულება სეზონურობაზე (ნახაზი 2). გამოიკვეთა კონცენტრაციათა სამი ძირითადი უბანი, რომელიც ემთხვევა ბორჯომის მინერალური წყლის სტრუქტურულ ჰიდროგეოლოგიურ უბნებს, მაგრამ არის ერთი გამონაკლისი. ვაშლოვანი – ყვიბისის უბნის 38-ე ჭაბურღილში ნატრიუმის შემცველობა განსახვავებულია ამავე უბნის ორი ჭაბურღილისაგან. ჩვენი აზრით ეს გამოწვეული უნდა იყოს ჭაბურღილის ნაკლები სიღრმით და აქედან გამომდინარე სიღრმული წყლების ნაკლები წილით ინფილტრაციულთან შედარებით.

რაც შეეხება კალიუმს, მისი შემცველობები, სხვა ძირითადი მეტალების მსგავსად იცვლება ჰიდროგეოლოგიური უბნების მიხედვით. ცენტრალური უბნის ჭაბურღილებისათვის კალიუმის საშუალო მნიშვნელობა 29.0-35.0 მგ/ლ დიაპაზონში იცვლება. ვაშლოვანი ყვიბისის უბნის ჭაბურღილებისათვის 17.5-23.8 მგ/ლ დიაპაზონში, ხოლო ლიკანის უბნისთვის კალიუმის საშუალო მნიშვნელობა შეადგენს 35.8მგ/ლ (ნახაზი3).

კალიუმისათვისაც გამოიკვეთა კონცენტრაციათა სამი ძირითადი დიაპაზონი, რომელიც ემთხვევა ბორჯომის მინერალური წყლის სტრუქტურულ- ჰიდროგეოლოგიურ უბნებს. ცენტრალური უბნის ჭაბურღილებისთვის კალიუმის საშუალო მნიშვნელობა 85 მგ/ლ-ია. ვაშლოვანი-ყვიბისის უბანი განსხვავდება ცენტრალური უბნისაგან. ამ ბურღილებისთვის (25, 37, 38) დამახასიათებელია კალიუმის დაბალი შემცველობა (საშუალო მნიშვნელობა 27 მგ/ლ), რაც შეეხება ლიკანის უბანს, ის გამოირჩევა კალიუმის საკმაოდ მაღალი შემცველობით რაც შეადგენს 128 მგ/ლ (ცხრილი 9.ნახაზი4).

ანალოგიური კანონზომიერება შეიმჩნევა მაგნიუმის და სტრონციუმის შემცველობასთან დაკავშირებით, (ცხრილი 9-10, ნახაზი 5). არსებული მონაცემებით მსგავსი კანონზომიერება არ შეიმჩნევა ბარიუმის შემთხვევაში. ბარიუმის შემცველობის დიაპაზონი მთელ საბადოზე 2.0-4.0 მგ/ლ შეადგენს (ცხრილი 10).

ამრიგად, ჩვენს მიერ შესწავლილი ძირითად მეტალ იონების განაწილების კანონზომიერებები ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოში სავსებით შეესაბამება დასკვნებს ბორჯომის საბადოს სამი ძირითადი სტრუქტურული გეოლოგიური უბნის არსებობის შესახებ. ბორჯომის საბადოს ჭაბურღილების წყლებში ჩვენს მიერ დადგენილი იონთა განაწილების მიღებული კანონზომიერება შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ბორჯომის მინერალური წყლის ფორმირების თავისებურებების შესასწავლად და საბადოს სტრუქტურული უბნების კონტურების დასაზუსტებლად.

მიწისძვრების გავლენა ბორჯომის საბადოს ჰიდროქიმიასა და ეკოლოგიურ დაცულობაზე - ცნობილია, რომ ბორჯომის საბადოს რაიონი ხასიათდება მაღალი სეისმურობით. უკანასკნელი 30 წლის განმავლობაში ბორჯომის საბადოდან 120 კმ-ის რადიუსით დაფიქსირებულია 100-მდე მიწისძვრა, სიმძლავრით არანაკლებ 3 ბალისა. ამიტომ საბადოს ეკოლოგიური და ჰიდროქიმიური სტაბილურობის კვლევების დროს მნიშვნელოვანია მიწისძვრის ფაქტორის გათვალისწინება.

ბორჯომის საბადოს ჰიდროგეოლოგიურ პირობებზე მიწისძვრის ზემოქმედების პროცესების სამეცნიერო კვლევები გასული საუკუნის 80-იან წლებში დაიწყო. ამ მიმართულებით ჩვენს მიერ განხორციელებული კვლევები ძირითადად მიწისძვრებთან დაკავშირებულ ჰიდროქიმიურ ცვლილებების შესწავლას შეეხება.

ჰიდროქიმიური მახასიათებლების ცვალებადობის ხასიათისა და ხარისხის განსაზღვრას, მეცნიერულ ღირებულებასთან ერთად, განსაკუთრებული პრაქტიკული მნიშვნელობაც გააჩნია, რადგანაც ევროკავშირის დირექტივების თანახმად, მინერალური წყლის პროდუქციის შეფასება, პირველ რიგში, საბადოს ეკოლოგიური დაცულობითა და ჰიდროქიმიური პარამეტრების სტაბილურობით განისაზღვრება.

მონაცემები მიწისძვრების შესახებ (1983-2002 წწ) მოწოდებულია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკის ინსტიტუტის მიერ. მიწისძვრის თარიღი და დრო, ეპიცენტრის კოორდინატები, მიწისძვრის სიმძლავრე ეპიცენტრსა და ბორჯომის საბადოზე წარმოდგენილია სადისერტაციო ნაშრომში.

ბორჯომის საბადოს თითოეული ჭაბურღილის დებიტზე 1990-2002 წლების მიწისძვრების ზეგავლენის მონაცემები ფორმოკუბის, პიკების და ავთერმოკუბის პერიოდებში წარმოდგენილია ცხრილებში 11-12. მიწისძვრის გავლენის ხასიათი ჭაბურღილების დებიტზე სხვადასხვანაირია, რიგ შემთხვევაში იგი იწვევს დებიტის ზრდას, რიგ შემთხვევაში ამცირებს მას და რიგ შემთხვევაში კი ზემოქმედება დებიტზე საერთოდ არ ვლინდება. არის შემთხვევები, როდესაც საბადოს ერთ-ერთ უბანზე მიწისძვრა დებიტის ზრდას ინიცირებს, მეორე უბნის ჭაბურღილების ჯგუფის დებიტი კი, ამავე დროს მცირდება.

ამავე დროს უნდა აღინიშნოს ის მნიშვნელოვანი გარემოება, რომ მიწისძვრით გამოწვეული დებიტის ფლუქტუაციის ხარისხი არ აჭარბებს 20%-იან ზღვარს, რაც მინერალური წყლის საბადოს ჰიდროქიმიურ სტაბილურობაზე და ეკოლოგიურ დაცულობაზე მიგვიითითებს.

ბორჯომის საბადოს დაბინძურების რისკი დაკავშირებული ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენთან. ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენთან დაკავშირებული ეკოლოგიური პრობლემების შესწავლის პროცესში გამოიკვეთა უბნები, რომელთა ფარგლებში განსაკუთრებით დიდია გარემოზე ნეგატიური ზემოქმედების რისკი მისი მშენებლობისა და ფუნქციონირების დროს აღსანიშნავია ნავთობსადენის 17 კმ სიგრძის მონაკვეთი, დაწყებული ცხრაწყაროს უღელტეხილის თხემიდან, ვიდრე კოდიანას გადასასვლელის თხემამდე. ამ უბანზე, ავარიული დაღვრების შემთხვევაში, ნავთობის ნახშირწყალბადებით დაბინძურების საშიშროება ექმნება ე.წ. ბაკურიანის ლავურ ნაკადთან დაკავშირებულ ზედაპირულ და მიწისქვეშა წყლებს. მდ. ბორჯომულას, რომელის ხეობაში დაფიქსირებულია ბორჯომის მინერალური წყლების ფარული განტვირთვის კერები, სათავე და ხეობის სამხრეთ ნაწილი სწორედ ლავურ ფორმატში არის გამომუშავებული. ამიტომ მდინარეში ნავთობის ჩადვრის შემთხვევაში და ჭაბურღილების მაქსიმალური რეჟიმით მუშაობის პროცესში, როდესაც 1 ჭაბურღილში მოსალოდნელია წნევის ვარდნა და პიეზომეტრული დონეების მკვეთრი დაწევა, არ არის გამორიცხული დაბინძურებული წყლების შერევა ბორჯომის წყალშემცველ ჰორიზონტ – რეციპიენტში.

საბადოს ჭაბურღილების საექსპლოატაციო რეჟიმის გავლენა ჰიდროქიმიურ პარამეტრებზე. ჰიდროქიმიურ პარამეტრებზე ჭაბურღილების საექსპლოატაციო რეჟიმის გავლენის შესწავლის მიზნით დამუშავებულია 1982-2005 წწ ქიმიური მონიტორინგის ინფორმაცია. ამ ხანგრძლივი დროის განმავლობაში საბადოს ექსპლოატაციის პირობები და რეჟიმი სისი ამპლიტუდით იცვლებოდა. საკმაოდ არასტაბილურ პერიოდს მოიცავდა 90-იანი წლების პირველი ნახევარი, როდესაც წყლის მოპოვება პრაქტიკულად არ ხორციელდებოდა. შემდგომში ბორჯომის მარაგების გადათვლის პროცესში ჭაბურღილთა დატვირთვის რეჟიმი ხელოვნურად იცვლებოდა. არც-ერთ შემთხვევაში ჰიდროქიმიური პარამეტრების ბუნებრივი ფლუქტუაცია არ აჭარბებდა 20%-იან ზღვარს, რაც კიდევ ერთხელ ადასტურებს საბადოს ჰიდროგეოლოგიურ სტაბილურობას.

მონაცემთა ბაზა და საბადოს კომპიუტერული მოდელი. ბორჯომის საბადოს შესახებ არსებული გეოლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური, ჰიდროქიმიური, ეკოლოგიური, საექსპლოატაციო და სხვა

ტიპის ინფორმაციის სისტემატიზაციის ეფექტურად გამოყენების მიზნით, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება საბადოს კომპლექსურ მონაცემთა ბაზის შექმნას და კომპიუტერულ მოდელირებას.

ბორჯომის საბადოსათვის, Microsoft Access პროგრამულ ბაზაზე, შექმნილია მონაცემთა ბაზა, რომელიც მოიცავს ფართო ინფორმაციას საბადოს შესახებ, მასში აღწერილია თითოეული ჭაბურღილის კონსტრუქცია და არსებული ტექნიკური მდგომარეობა, ლითოლოგიური ჭრილები, საწყისი დებიტები და მათი საექსპლოატაციო რეჟიმები, ყველა ჰიდროგეოლოგიური და ჰიდროქიმიური პარამეტრიც, რომელსაც მოითხოვს ევროკავშირის დეკლარაცია მინერალური წყლებისათვის. პროგრამა წარმოადგენს საბადოს მონიტორინგის სისტემის ნაწილს და მუდმივად განიცდის შევსებას და განახლებას.

მონაცემთა კომპიუტერული ბაზის საფუძველზე, გეოსაინფორმაციო კომპიუტერული პროგრამების გამოყენებით (ARC GIS), შესაძლებელი გახდა საბადოს სამგანზომილებიანი მოდელის მომზადება (ნახაზი 8-9).

თვითოეული ბურღილისათვის მოდელში შეტანილია ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური მონიტორინგის შედეგები. აღსანიშნავია, რომ ციფრული მოდელი საშუალებას იძლევა გავანალიზოთ ჰიდროქიმიური ინფორმაცია დროსთან მიმართებაში და შევადგინოთ საბადოზე მიმდინიერ პროცესები. შესაძლებელია ასევე მონაცემთა ექსტრაპოლაცია საბადოს უბნების მიხედვით. მოდელი საშუალებას იძლევა გავანალიზოთ მიღებული ინფორმაცია და დავადგინოთ საექსპლოატაციო რეჟიმები კონკრეტული პრობლემების გათვალისწინებით.

საბადოს ექსპლოატაციის რეჟიმი, როგორც წესი, არასტაბილურია. მინერალურ წყალზე მოთხოვნილება სეზონურობის გათვალისწინებით სხვადასხვაა – წყლის მოხმარების პიკი მოდის ზაფხულის პერიოდზე. საბადოს ინტენსიურ რეჟიმში მუშაობის პროცესში, აუცილებელია ჰიდროგეოლოგიური და ეკოლოგიური პარამეტრების სტაბილურობის უზრუნველყოფა, რაც საბადოს უსაფრთხოებასთან არის დაკავშირებული. ასეთ შემთხვევაში კომპიუტერული მოდელი ინდიკატორული პარამეტრების მიხედვით საშუალებას მოგვცემს ვაწარმოთ ბორჯომის ურთულესი საბადოს საექსპლოატაციო რეჟიმის კონტროლი.

დღეისათვის მოდელი წარმოადგენს მომქმედ მონაცემთა ბაზას, რომელიც მუდმივად განახლებადია და წარმოადგენს საუკეთესო ინსტრუმენტს მომავალი კვლევებისათვის.

დასკვნები:

1. არსებულ ლიტერატურულ და ფონდურ მასალაზე დაყრდნობით, 15 წლიანი მონიტორინგული კვლევების საფუძველზე, ახლებურად არის შეფასებული ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს ჰიდროქიმიური მახასიათებლები, ჰიდროდინამიკური პარამეტრები და ეკოლოგიური მდგომარეობა
2. საერთაშორისო სტანდარტიზაციის ორგანიზაციის მეთოდების დანერგვითა და გამოყენებით, მინერალურ წყალზე საქართველოს ნორმატიული დოკუმენტების და ევროკავშირის კოდექსის მოთხოვნების გათვალისწინებით შესწავლილია ბორჯომის საბადოს საექსპლოატაციო ჭაბურღულების წყლების ქიმიური შემადგენლობა
3. ბორჯომის წყალში ქიმიური შემადგენლობის მიხედვით გამოიყო ძირითადი, სპეციფიური და ნორმირებული კომპონენტები, ნორმირებული კომპონენტების კონცენტრაციათა მნიშვნელობები არ აჭარბებს ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს, განსაზღვრულს საქართველოს სანიტარული წესები და ევროსაბჭოს დირექტივების მიხედვით
4. ბორჯომის საბადოს საექსპლოატაციო ჭაბურღილების წყლებში შესწავლილია ტუტე მეტალებისა და ტუტე-მიწათა მეტალების განაწილება, რაც საბადოს გენეზისთან დაკავშირებულ სადისკუსიო საკითხის გადაწყვეტის საშუალებას იძლევა. მიღებული კანონზომიერება ადასტურებს წარმოდგენას საბადოს ცენტრალურ, ვაშლოვანი-ყვიბისისა და ლიკანის ჰიდროგეოლოგიური უბნების არსებობის შესახებ.
5. ბორჯომის საბადოს ჭაბურღილებზე, მრავალწლიანი სისტემატური ჰიდროქიმიური და ჰიდროდინამიკური დაკვირვებების და მონაცემების სტატისტიკური ანალიზის შედეგად, დადგინდა წყლების ქიმიური შემადგენლობისა და დებიტის ბუნებრივი ფლუქტუაციის დიაპაზონი. ევროსაბჭოს მოთხოვნების მიხედვით, ძირითადი კომპონენტების ემპირიული გადახრა საშუალო არითმეტიკული სიდიდიდან არ უნდა აღემატებოდეს 20%-ს. ბორჯომის შემთხვევაში, აღნიშნული მნიშვნელობები იცვლება 10%-ის ფარგლებში, რაც საბადოს მაღალ

ჰიდროქიმიურ და ჰიდროდინამიკურ სტაბილურობას და ეკოლოგიურ დაცულობას ადასტურებს.

6. ბორჯომის საბადოს ჭაბურღილებში ნორმირებული კომპონენტების კონცენტრაციების დასაშვებ ზღვრებში არსებობა, პესტიციდებისა და სხვა ორგანული დამაბინძურებლების არ არსებობა, აგრეთვე მიგვითითებს საბადოს მდგრად ეკოლოგიურ დაცულობაზე.
7. შესწავლილია 1990-2002 წლის მწისძვრების ზეგვლენა თითოეული ჭაბურღილის დებიტზე. ზემოქმედება სხვადასხვაგვარია: რიგ შემთხვევაში, ჭაბურღილის დებიტი იზრდება, რიგ შემთხვევაში მცირდება, ან ზემოქმედება საერთოდ არ ვლინდება. მომხდარი მიწისძვრების ზეგავლენის შედეგად ბორჯომის მინერალური წყლის დებიტისა და ქიმიური შემადგენლობის ცვლილება არ აჰარბებს, სტაბილურობისათვის დადგენილ 20%-იან ზღვარს. ქიმიური შემადგენლობის და დებიტის სტაბილურობა მიწისძვრების დროს, მიგვითითებს საბადოს ეკოლოგიურად მდგრად მდგომარეობაზე.
8. ბორჯომის საბადოსათვის, Microsoft Access პროგრამულ ბაზაზე, შექმნილია გეოფიტრაციული და გეოქიმიური მონაცემთა ბაზა, რომელიც საშუალებას იძლევა სისტემატიზირებული სახით მოვიპოვოთ სრული ინფორმაცია ჰიდროგეოლოგიური, ჰიდროქიმიური და ეკოლოგიური მდგომარეობის შესახებ. მასში აღწერილია თითოეული ჭაბურღილის კონსტრუქცია და არსებული ტექნიკური მდგომარეობა, ლითოლოგიური ჭრილები, საწყისი დებიტები, წყლის ქიმიური შედგენილობა და სხვა.
9. გეოსაინფორმაციო სისტემების გამოყენებით (ARC View GIS) შექმნილია ბორჯომის საბადოს სამგანზომილებიანი მოდელი, რომელშიც შეტანილია საბადოს განლაგების რელიეფი კვების არეების ჩათვლით, წყალშემცველი ჰორიზონტის განლაგების სიღრმე, ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრები და ა.შ. ჭაბურღილები წარმოდგენილია მათი განლაგების კოორდინატებისა და აბსოლუტური ნიშნულების შესაბამისად; თვითოეული ბურღილისათვის შეტანილია ჰიდროქიმიური მონიტორინგის ინფორმაცია, სინჯების აღების სპეციფიკისა და თარიღის გათვალისწინებით. სამგანზომილებიანი მოდელის გამოყენება, საშუალებას იძლევა განვაზოგადოთ ჰიდროქიმიური ინფორმაცია საბადოს უბნების ფარგლებში. იგი წარმოადგენს მნიშვნელოვან ინსტრუმენტს, რომელიც მომავალში გამოყენებული იქნება საბადოს მონიტორინგის პროცესში.
10. სადისერტაციო კვლევების საფუძველზე, ევროკავშირის დირექტივებზე დაყრდნობით და საერთაშორისო ორგანიზაციებთან და ექსპერტებთან თანამშრომლობით მომზადდა სამართლებრივი ნორმატიული დოკუმენტი – საქართველოს ეროვნული სტანდარტი სსტ 50:2005 “წყალი ნატურალური მინერალური “ბორჯომი”. ტექნიკური პირობა”. სტანდარტი განაპირობებს მაღალი ხარისხის ბორჯომის პროდუქციის თანამედროვე წარმოებას. იგი აღიარებულია საერთაშორისო მასშტაბით, რაც ხელც შეუწყობს სადისტრიბუციო ქსელის არეალის გაფართოვებას.
11. სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილ მასალათა მიხედვით, შედგენილია დოკუმენტთა პაკეტი, რომლის საფუძველზე ბრიტანეთის საკვები პროდუქტების სტანდარტიზაციის სააგენტომ ბორჯომს მიანიჭა, ევროსაბჭოს მიერ დაწესებული ხარისხის უმაღლესი სტატუსი, ნატურალური მინერალური წყლის კატეგორია.

Институт физической и органической химии
Петра Меликишвили

На правах рукописи

Русудан Гивиевна Харгелия

**Гидрохимическое и экологическое исследование месторождения
боржомской минеральной воды**

02.00.22 – Химическая экология

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации, представленной на соискание ученой степени кандидата
химических наук

Тбилиси

2006

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Производственный розлив грузинских подземных минеральных вод, является одной из ведущих отраслей народного хозяйства, способной внести значительный вклад в развитие экономики страны. Экономический потенциал данной отрасли намного выше потенциала какой-либо другой отрасли народного хозяйства страны и в несколько раз превосходит объединенный потенциал ведущих отраслей агропромышленного комплекса - чаеводства, виноградарства и виноделия.

Развитие индустрии минеральных вод трудно представить без участия промышленного розлива боржомской минеральной воды. Всемирно известная марка «Боржоми» является гарантом выхода грузинских минеральных вод на международный рынок.

Во время кризиса 90-ых годов, практически ставшее безнадзорным, уникальное месторождение боржомской минеральной воды оказалось в плачевном состоянии. Нами документально зафиксировано катастрофическое состояние инфраструктуры месторождения того периода. В дальнейшем, во время работ по восстановлению функционирования всего комплекса месторождения, стала очевидной необходимость его детального, научно обоснованного описания, его полная гидрогеологическая, гидрохимическая и экологическая характеристика.

В настоящее время комплекс инфраструктуры месторождения в основном модернизирован; ликвидированы дефектные, восстановлены эксплуатационные и наблюдательные скважины.

В 2005 году истек срок утвержденных в 1982 году эксплуатационных запасов месторождения и возникла необходимость в пересчете последних. В настоящее время осуществляется перерасчет эксплуатационных запасов Боржомского месторождения минеральных вод на основе гидрогеологических, гидрохимических и экологических исследований.

В администрации Евросоюза функционирует Совет координации и маркетинга по эксплуатации месторождений подземных минеральных вод. Совет издает директивы, в соответствии с которыми осуществляется геологическая, гидрохимическая и экологическая оценка месторождений, разрабатывает новую нормативную документацию, утверждает нормы, определяет качество воды и т.д.

Для удовлетворения международных требований необходим новый подход к проблемам использования минеральных вод. Для промышленного розлива минеральных вод необходима соответствующая информационная поддержка современных требований, подготовка материалов, в соответствии с требованиями стран импортеров, что, в свою очередь, требует модернизации системы экологического, гидрогеологического и гидрохимического мониторингового исследования, внедрения новых методов и представления результатов исследований в принятом международном формате.

Задача и цели работы. Целью работы являлось гидрохимическое и экологическое исследование Боржомского месторождения минеральных вод в соответствии с международными требованиями; систематизация полученных информационных данных; создание компьютерных баз данных и компьютерной модели с целью усовершенствования системы управления месторождением; оценка пределов природных флуктуаций гидрохимических параметров воды; определение химических параметров для стандарта боржомской минеральной воды.

Для достижения вышеуказанных целей, были определены следующие задачи:

- Модификация существующей программы мониторинга в соответствии с современными требованиями Европейского союза, включая выбор компонентов мониторинга и учет специфики боржомской минеральной воды;
- Проведение серии химических анализов воды из всех эксплуатационных скважин Боржомского месторождения минеральных вод в соответствии с модифицированной системой мониторинга, включая количественное определение основных и специфических компонентов, нормированных, органолептических и микробиологических показателей, содержание органических соединений, пестицидов и сопутствующих газов;
- Статистическая обработка полученных результатов, их анализ и определение границ природных флуктуаций изученных параметров;
- Оценка экологического состояния месторождения подземных минеральных вод на основе гидрохимических и гидрогеологических характеристик показателей;
- Анализ полученной гидрохимической информации с учетом специфических гидрогеологических условий месторождения; обеспечение работ по переоценке эксплуатационных запасов месторождения необходимой гидрохимической информацией;
- Создание компьютерных баз данных по гидрохимическим и гидрогеологическим показателям.
- Создание трехмерной модели месторождения подземных минеральных вод с использованием технологии геоинформационных систем, в которую будет включена вся существующая информация по химическим анализам воды, с указанием географических координат скважин и времени отбора проб.

Научная новизна работы. В диссертационной работе приведены результаты изучения химического состава вод скважин месторождения боржомских минеральных вод в соответствии с современной технологией и требованиями. Во время изучения использовались стандартные методы анализа вод, рекомендованные международными организациями стандартизации. Впервые изучены и оценены

химические показатели воды, полученные в результате многолетних мониторинговых наблюдений с использованием современных методов статистического анализа с гидрохимической и экологической точек зрения. Установлены границы природной флуктуации химического состава вод скважин Боржомского месторождения.

Впервые изучено и оценено распределение ионов основных металлов между эксплуатационными скважинами и гидрогеологическими участками месторождения. Полученные результаты использованы для гидрогеологического районирования месторождения и уточнения границ гидрогеологических участков.

С использованием технологии геоинформационных систем, подготовлена трехмерная модель месторождения, дающая возможность по-новому увидеть и оценить данные многолетних исследований. Программа дает возможность пользователю в короткий срок получить полную информацию по геохимическим, химическим, гидрогеологическим, физическим и другим показателям скважин в различные периоды времени.

Полученная информация и ее сравнение с существующими данными позволяет по-новому оценить качество экологической защищенности месторождения. На основе параллельного сопоставления и изучения гидрогеологических и гидрохимических характеристик определены параметры природной экологической стабильности. Рассмотрено влияние землетрясений на химический состав воды.

Практическое значение работы. На основе результатов проведенных исследований подготовлен отчет о характерных особенностях Боржомского месторождения, представленный в Британское Агентство стандартизации пищевых продуктов. Руководствуясь данными химических показателей, стабильности и экологической защищенности Агентство официально зарегистрировало минеральную воду «Боржоми», внесло ее в список международно признанных вод и присудило ей статус «Натуральная минеральная вода».

Опираясь на данные многолетних наблюдений и установленные границы природных флуктуаций, подготовлен и зарегистрирован Грузинский государственный стандарт (ГТСТ 50:2005) «Вода натуральная минеральная «Боржоми». Технические условия», являющаяся первым стандартом Грузии по минеральным водам. На основе вышеуказанного стандарта был подготовлен Грузинский государственный стандарт по минеральным водам Грузии (ГТСТ 53:2006) «Воды природные, минеральные, бутылированные. Технические условия».

Результаты проведенных исследований были использованы при перерасчете эксплуатационных запасов подземных минеральных вод Боржомского месторождения и представлены на утверждение в Государственную комиссию запасов природных ресурсов, основываясь на которых комиссия утвердила эксплуатационные запасы месторождения на период 2006-2031гг.

Разработана геоинформационная трехмерная модель месторождения, являющаяся мощным инструментом анализа и использования мониторинговой информации, которая может систематически обновляться и превращаться в рабочую модель эксплуатации и мониторинга месторождения.

Апробация работы. Диссертация апробирована на заседании Ученого совета Института геологии Александра Джанелидзе. Результаты работы представлены в Британское Агентство стандартизации пищевых продуктов, и опубликованы в качестве тезисов докладов на международных конгрессах в Москве в 2004 и 2006 годах.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 8 научных работ, в т.ч. 5 в реферативных журналах, 10 тезисов докладов.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 128 страницах, содержит введение, обзор литературы, описание экспериментальной части, обсуждение результатов и выводы, 28 рисунков, четыре карты и 40 таблиц. Список литературы включает 116 наименований.

Основное содержание работы

В введении обоснована актуальность темы, определены цели и задачи исследования, показана научная актуальность и научно-практическое значение работы.

Первая глава посвящена обсуждению литературного материала, включающего информацию о Боржомском месторождении; географические данные, гидрогеологическое описание Боржомского района; характеристики формирования и описание эксплуатационных участков; описана гидрохимическая и гидрогеологическая изученность месторождения.

В главе описаны и рассмотрены международно признанные унифицированные методы анализа химических, бактериологических, радиологических параметров, включающие методы, рекомендованные Международной организацией стандартизации (ISO), Организацией охраны окружающей среды Соединенных Штатов Америки (US EPA) и Госстандартом бывшего СССР (ГОСТ).

Рассмотрены нормативные документы, касающиеся продукции натуральных минеральных вод и требования, предъявляемые к месторождениям минеральных вод, требования, обязательные при производстве пищевой продукции. Рассмотрены требования, касающиеся охраны здоровья населения и санитарно-гигиенические нормы. Законодательство Грузии сопоставлено с требованиями Европейского союза и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ).

В следующих главах диссертации описана экспериментальная часть проведенной работы и рассмотрены полученные результаты.

Экспериментальная часть и обсуждение результатов

Объект исследования и использованные методы. Объектом исследования являются эксплуатационные скважины Боржомского месторождения (рис. 1); Центральный участок - скважины №№ 1, 41,59; Вашловани-Квибисский - скважины №№ 25, 37, 38 и Ликанский - скважина №54. Изучение Боржомского месторождения минеральных вод нами было начато в 80-ых годах прошлого столетия. Образцы воды каждой эксплуатационной скважины до 2002 года изучались с частотой не менее двух раз в год. Для периода 2002-2003 годов нами была разработана специальная мониторинговая программа, в соответствии с которой для каждой эксплуатационной скважины (7 скважин) было проанализировано по 10 проб. Для каждой пробы проводились химические анализы, включавшие: анализ основных и специфических компонентов, биогенных элементов, микроэлементов и микробиологических показателей.

Отбор проб производился с использованием стандартных методов ISO 5667-5. На этикетке каждой пробы было указано время отбора, географические координаты скважин, определенные с помощью GPS, физические характеристики функционирования скважины, методы консервации и дополнительная информация. Основная информация по изученным скважинам представлена в таблице 1.

Определение химических и микробиологических параметров в изучаемых пробах в основном проводилось в соответствии с методиками ISO.

Статистическая обработка результатов исследования. С целью определения стабильности качества химического содержания воды результаты мониторинга каждой скважины обрабатывались статистическими методами анализа. Определены границы флуктуации, абсолютные (эмпирические), минимальные, максимальные значения для каждого изученного параметра, а также среднеквадратичные отклонения и др. В таблице 2 в качестве образца приведены результаты статистического анализа содержания основных и специфических компонентов. В соответствии с требованиями Декларации Европейского Союза, содержание химических параметров воды не должно зависеть от сезонности и эмпирическое отклонение основных параметров от среднеарифметического значения не должно превышать 20%. Если данное условие соблюдено, считается, что месторождение экологически хорошо защищено и риск его загрязнения может быть признан невысоким.

В течении двухлетнего мониторингового периода не зафиксированы случаи изменения химического состава воды; содержание основных ионов изменяется в пределах природной флуктуации и не превышает 5-10%; флуктуация микроэлементов и биогенных компонентов приближается к 20%-ной границе, что вызвано точностью определения используемых методов при низких значениях определяемых компонентов.

В таблице 3 приведены средние значения ряда компонентов для всех семи эксплуатационных скважин, определенные на основе данных статистического анализа.

За время мониторинга содержания сурьмы, кадмия, цианида, хрома, ртути, никеля, селена, стибия, свинца, нитратов и нитритов не были зафиксированы ни в одной из проб воды из эксплуатационных скважин, содержание последних не превышало нижних пределов определения используемых методов анализа.

Характерные компоненты боржомской минеральной воды, диапазоны их содержания, Грузинский государственный стандарт «Боржоми». В Грузии, как и в других странах СНГ, производство минеральных вод осуществляется согласно требованиям стандарта ГОСТ 13273-88. Этот стандарт не удовлетворяет требований Евросоюза и Международной ассоциации бутылированных вод. Некоторые параметры, приведенные в стандарте, не соответствуют реальному химическому составу минеральной воды «Боржоми».

Нами был разработан Грузинский государственный стандарт ГГСТ 50:2005, «Вода натуральная минеральная «Боржоми». Технические условия». Стандарт был легализован 29 марта 2006 года и в настоящее время используется при производстве, контроле качества, реализации и экспорте минеральной воды «Боржоми».

В таблице 4 приведена информация об изменениях, которые были внесены в старый стандарт. В ГОСТ 13273-88 приведены суммарные значения калия и натрия, что является недостатком. Калий, концентрация которого в некоторых скважинах достигает значения 40мг/л, безусловно влияет на свойства минеральной воды. В ГГСТ 50:2005, значения содержания калия и натрия даны раздельно. Пределы установлены на основе статистического анализа данных многолетних исследований.

Мы также считаем ошибкой, что в стандарте ГОСТ 13273-88 нет конкретной информации по содержанию стронция, фтора, йода и бора. По нашим данным содержание стронция в воде из эксплуатационных скважин и в бутылированной воде изменяется в пределах 4-20 мг/л; фтора 3-10.6 мг/л; йода 0.3-1.5 мг/л и бора 3.0-10.0 мг/л. Содержание биологически активных компонентов в таких количествах безусловно влияет на кондицию воды. Перечисленные компоненты в новом стандарте были выделены как специфические компоненты.

Значения основных и специфических компонентов, утвержденных ГГСТ 50:2005, приведены в таблицах 5 и 6.

Специфические компоненты не определяют тип минеральной воды, но их содержание существенно влияет на ее свойства.

Нормированные показатели боржомской минеральной воды и экологическая защищенность месторождения. В данной главе рассмотрены требования Директивы Евросоюза по химическим, бактериологическим и радиоактивным показателям воды и их содержание в водах Боржомского месторождения - таблицы 7 и 8.

В боржомской минеральной воде не фиксируется содержание поверхностно активных веществ, пестицидов, полихлорбифенилов, нефтепродуктов, полициклических ароматических углеводородов. Мониторинговые исследования с применением масс-спектрометрической хроматографии проводились в лабораториях Великобритании (Alcontrol Laboratories – Йоркшир, Wessex Laboratories - Уэссекс) и Франции (Compagnie Generale d'eau de source).

Надо также отметить, что в течении всего мониторинга не зафиксирован ни один факт микробиологического загрязнения воды изучаемых скважин (таблица 8).

По радиоактивным показателям в воде месторождения суммарная α и β радиоактивность соответственно меньше 0.05 Бк/л и 0.5 Бк/л.

Приведенная в данной главе информация подтверждает устойчивую экологическую защищенность месторождения и высокое качество минеральной воды.

Распределение основных металлов на отдельных эксплуатационных участках месторождения. В результате 15-летнего мониторинга Боржомского месторождения накоплен богатый материал, детальное изучение и анализ которого связаны с выявлением множества возможных интересных закономерностей.

По сложности гидрогеологических условий Боржомское месторождение минеральных вод представляет собой обособленную единую систему; при этом, на основе гидрогеологических исследований, выделены и описаны три структурных участка: Центральный (скважины №№1, 41, 59), Вашловани - Квибисский (скважины №№25, 37, 38) и Ликанский (скважина № 54). Формирование выделенных гидрогеологических участков, а также природа их взаимосвязей продолжает оставаться предметом дискуссий и исследований.

С целью изучения особенностей, характерных для участков Боржомского месторождения, в пробах минеральных вод исследован характер распределения ионов основных металлов. В результате исследований было установлено, что распределение ионов металлов связано с особенностями формирования отдельных гидрогеологических участков месторождения. Констатация этого факта важна для подтверждения реальности разделения месторождения на гидрогеологические участки.

Для вод различных скважин концентрация натрия дана в зависимости от сезонности (рис. 2). Выделены три основных участка концентрации, совпадающие, за одним исключением, со структурными гидрогеологическими участками боржомской минеральной воды. Содержание натрия в скважине № 38 Вашловани-Квибисского участка отличается от содержания последнего в двух скважинах указанного участка. Мы считаем, что это должно быть вызвано малой глубиной скважины и, как следствие этого, малой частью глубинных вод по сравнению с инфильтрационными водами.

Содержание калия, как и содержание других основных металлов, меняется в зависимости от гидрогеологического участка. Среднее содержание калия в скважинах Центрального участка колеблется в диапазонах 29.0 – 35.0 мг/л., в скважинах Вашловани - Квибисского участка - в диапазоне 17.5 – 23.8 мг/л; среднее содержание калия в скважинах Ликанского участка составляет 35.8 мг/л (рис. 3).

Для кальция также выделены три диапазона концентрации, соответствующие структурно-гидрогеологическим участкам боржомских минеральных вод. Среднее содержание кальция в скважинах Центрального участка – 85.0 мг/л. Вашловани-Квибисский участок отличается от Центрального. Для скважин этого участка (№№25, 37, 38) характерно низкое содержание кальция (среднее содержание кальция 27 мг/л). Ликанский участок характеризуется достаточно высоким содержанием кальция – 128 мг/л (таблица 9, рис. 4).

Аналогичная закономерность отмечена и для содержания магния и стронция. (таблицы 9-10, рис. 5). По имеющимся данным подобная закономерность в случае с барием не отмечается. Диапазон содержания бария на всей территории месторождения меняется в диапазоне 2.0 – 4.0 мг/л (таблица 10).

Таким образом, изученные нами закономерности распределения ионов основных металлов в минеральных водах Боржомского месторождения полностью соответствуют заключениям о правомерности выделения трех основных структурно-геологических участков месторождения. Установленная нами закономерность распределения ионов в водах скважин Боржомского месторождения может быть использована для изучения особенностей формирования боржомских минеральных вод, а также для уточнения контуров структурных участков месторождения.

Влияние землетрясений на гидрохимию и экологическую защищенность боржомской минеральной воды. Известно, что район расположения Боржомского месторождения характеризуется высокой сейсмоактивностью. В течении последних 30 лет в радиусе 120 км от Боржомского месторождения

зафиксировано до 100 землетрясений мощностью не менее 3-4 баллов. При изучении экологической защищенности и химической стабильности, важно учитывать факторы, связанные с землетрясениями.

Научные исследования, связанные с изучением влияния землетрясений на гидрогеологические параметры месторождения начались в 80-х годах прошлого столетия. Проведенные нами работы в этом направлении были связаны с изучением стабильности гидрохимического состава воды.

Определение характера и качества изменений гидрохимических параметров, наравне с научным, имеет особое практическое значение, т.к. современный подход оценки качества минеральных вод, в первую очередь учитывает оценку экологической защищенности и стабильности гидрохимических параметров.

Данные о землетрясениях (1983-2002 гг.) были предоставлены Институтом геофизики. Информация о сильных землетрясениях, дата и время, мощность в эпицентре и районе Боржомского месторождения представлены в диссертационной работе.

Влияние на каждую из скважин Боржомского месторождения за период 1990-2002 годов, учитывая периоды форшоков, пиков и афтершоков приведены в таблицах 11, 12. Влияние землетрясений на скважины различно: в ряде случаев дебит скважин увеличивался, в ряде случаев - сокращался, или оставался неизменным. Отмечены случаи одновременного увеличения и уменьшения дебита на разных участках месторождения.

Вместе с вышеуказанным, надо отметить, что флуктуация дебита, вызванная землетрясениями, не превышает 20%-ый рубеж, что еще раз доказывает гидрохимическую стабильность и экологическую защищенность месторождения.

Риск влияния нефтепровода Баку-Тбилиси-Джейхан на качество воды Боржомского месторождения. Во время изучения экологических проблем, связанных с воплощением проекта нефтепровода Баку-Тбилиси-Джейхан, были определены участки наибольшего возможного негативного влияния проекта на окружающую среду. Надо отметить 17-ти километровый участок нефтепровода, от перевала Цхрацкаро до верхней точки Кодианского перевала. На вышеуказанном участке, в случае аварийного разлива нефти, под риском загрязнения окажутся поверхностные и подземные воды, связанные с т.н. лавовым потоком Бакуриани. Устье реки Боржомула и южная часть ее ущелья, где зафиксированы участки природной разгрузки Боржомской минеральной воды, связаны с лавовым потоком Бакурианского плато. Учитывая вышесказанное, при интенсивной эксплуатации месторождения, в случае возможного падения давления воды в скважине №1, при попадании нефти в ущелье реки Боржомула, не исключено проникновение загрязненной воды в водоносный горизонт Боржомского месторождения.

Влияние режима эксплуатации месторождения на его гидрохимические параметры. С целью оценки влияния эксплуатационного режима месторождения на гидрохимические показатели воды были изучены мониторинговые данные по месторождению на период 1982-2005 гг. В течении данного периода времени, эксплуатационный режим месторождения значительно менялся. Изученный промежуток времени включает довольно нестабильный период в первой половине 90-х годов, когда добыча воды была на очень низком уровне. Позднее, при работах по переоценке эксплуатационных запасов, нагрузка на скважины специально менялась в соответствии с научным планом. Надо отметить, что в этих случаях природная флуктуация основных параметров не превышали 20%-ную грань, что еще раз подтверждает гидрогеологическую стабильность месторождения.

Информационные базы данных и модель месторождения. Большое значение для систематизации и эффективного использования геологической, гидрогеологической, гидрохимической, экологической, эксплуатационной и другой информации имеет создание комплексной базы данных и компьютерной модели месторождения.

Для Боржомского месторождения создана база данных на основе компьютерной программы Microsoft Access, включающая обширную информацию о месторождении. В базу включены данные о конструкции и техническом состоянии скважин, данные бурения, литология, начальные дебиты, их эксплуатационные режимы, некоторые гидрогеологические и гидрохимические показатели, которые должны изучаться в соответствии с Директивами Европейского союза. Программа является частью мониторинговой системы месторождения и постоянно подвергается обновлению и изменению.

На основе вышеуказанной компьютерной базы данных и с использованием геоинформационных компьютерных систем (ARC GIS), стало возможным создание трехмерной компьютерной модели месторождения (рис. 8,9).

Для каждой из скважин в модель внесена вся мониторинговая информация включая результаты гидрохимического и микробиологического мониторинга. Надо отметить, что компьютерная модель позволяет анализировать гидрохимическую информацию по временному режиму и помогает оценивать различные процессы, происходящие на месторождении. Возможна также, экстраполяция данных по определенным участкам месторождения. В целом модель позволяет правильно анализировать конкретные данные по месторождению и, как следствие, определять или корректировать режимы эксплуатации с учетом определенных проблем.

Обычно эксплуатационный режим месторождения нестабилен, с учетом сезонности и потребности на минеральную воду. Как правило, пиковая потребность отмечается в летний сезон. В периоды интенсивной эксплуатации месторождения, необходимо обеспечивать стабильность гидрохимических и экологических параметров, что в свою очередь гарантирует безопасность всего месторождения. В таких случаях, компьютерная модель, позволит на основе индикаторных параметров контролировать и управлять эксплуатационным режимом крайне сложного в гидрогеологическом плане Боржомского месторождения.

На сегодняшний день, модель является постоянно обновляемой действующей базой данных и важным инструментом для дальнейших исследований.

Выводы:

1. Опираясь на существующую литературу, фондовые материалы и результаты 15-летнего мониторинга, заново оценены гидрохимические характеристики Боржомского месторождения минеральных вод, гидродинамические параметры и экологическое состояние месторождения.
2. Посредством внедрения и использования методов ISO, с учетом требований грузинских нормативных документов и Кодекса Евросоюза на минеральную воду, изучен химический состав вод эксплуатационных скважин Боржомского месторождения.
3. По химическому составу в боржомской минеральной воде выделены основные, специфические и нормативные компоненты. Значение концентраций нормативных компонентов не превышает ПДК, определенных СанПин Грузии и Директивами Евросоюза.
4. В водах эксплуатационных скважин Боржомского месторождения изучено распределение щелочных металлов и щелочно-земельных металлов, что способствует решению проблем дискуссионного характера, связанных с генезисом месторождения. Принятая закономерность распределения металлов подтверждает представление об определенной гидрогеологической самостоятельности Центрального, Вашловани – Квибисского и Ликанского гидрогеологических участков месторождения.
5. В результате многолетних систематических гидрохимических и гидродинамических наблюдений за скважинами боржомских месторождений и статистического анализа данных, установлен диапазон природной флуктуации дебита скважин и химического состава вод. В соответствии с требованиями Евросоюза эмпирическое отклонение среднеарифметических величин основных компонентов не должно превышать 20%, в случае с боржомской минеральной водой природная флуктуация колеблется в пределах $\pm 10\%$, что подтверждает гидрохимическую и гидродинамическую стабильность и экологическую защищенность месторождения.
6. Стабильность дебита скважин и основных ионов в водах месторождения, нахождение в допустимых нормах концентраций нормированных компонентов, отсутствие пестицидов и других органических загрязнителей указывают на устойчивую экологическую защищенность месторождения.
7. Изучено влияние землетрясений на дебит каждой скважины на период 1990-2002 гг. Влияние землетрясений на скважины различно: в ряде случаев дебит скважин увеличивался, в ряде случаев - сокращался, или оставался неизменным. В результате землетрясений за указанный период изменения в дебите эксплуатационных скважин в химическом составе воды не превышают установленной 20% нормы стабильности, что указывает на устойчивую экологическую защищенность месторождения.
8. Для Боржомского месторождения на базе Microsoft Access, создана геофильтрационная и геохимическая база данных, дающая возможность получения полной систематизированной информации о гидрогеологическом, гидрохимическом и экологическом состоянии той или иной скважины. База содержит сведения о каждой скважине, строении породы, начальном дебите, химическом составе воды, раскрытых горизонтах и т.д.
9. С помощью геоинформационной системы ARC View GIS создана трехмерная модель Боржомского месторождения, включающая строение рельефа месторождения и областей питания, глубину залегания водоносного горизонта, гидрогеологические параметры и т.д. На модели месторождения указаны скважины в соответствии с их координатами залегания и абсолютными отметками; база данных содержит подробную информацию о каждой скважине, включающую сведения по гидрохимическому мониторингу, специфике отбора проб с указанием даты отбора, и т.п. Использование трехмерной модели дает возможность обобщения гидрохимической информации в рамках всей территории месторождения. Модель является важным инструментом, могущим и в дальнейшем использоваться для мониторинга месторождения.
10. На базе исследований, проведенных в период подготовки диссертационной работы, а также опираясь на Директивы Евросоюза и сотрудничество с международными организациями и экспертами, был подготовлен правовой нормативный документ: Грузинский государственный стандарт ГГСТ 50:2005 «Натуральная минеральная вода «Боржоми». Технические условия». Стандарт призван обеспечивать высокий уровень современного промышленного розлива

минеральной воды «Боржоми». Стандарт получил международное признание, что будет способствовать расширению ареала дистрибуционной сети.

11. На основе материала, представленного в диссертационной работе, составлен пакет документов, руководствуясь которым Британское Агентство стандартизации пищевой продукции присудило минеральной воде Боржоми высший статус качества, утвержденный Евросоюзом – категорию «Натуральной минеральной воды».

ცხრილი 2 სტატისტიკური ანალიზის შედეგები ძირითადი და სპეციფიური კომპონენტებისათვის 38 ჭაბურღილი
 Таблица 2. Результаты статистического анализа основных и специфических компонентов скважины № 38

სტატისტიკური პარამეტრები Статистические параметры	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Sr ²⁺	F ⁻	I ⁻	B
	მგ/ლ					მგ/ლ				
საშუალო მნიშვნელობები Среднее значение	28.06	26	17.64	1381	3645.36	327.70	6.04	9.76	0.27	42.48
სტანდარტული გადახრა Стандартное отклонение	1.60	2.98	1.88	57.74	118.36	21.83	0.92	0.37	0.05	4.74
სტანდარტული გადახრა, % Стандартное отклонение, %	5.69%	11.64%	10.65%	4.18%	3.25%	6.66%	15.20%	3.84%	17.74%	11.16%
მინიმალური მნიშვნელობა Минимальное значение	25.00	20	15.00	1265	3416.00	306.29	4.20	9.20	0.20	36.82
მაქსიმალური მნიშვნელობა Максимальное значение	30.00	30	20.40	1452	3782.00	366.91	7.20	10.60	0.30	53.25
საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობა Среднеарифметическое значение	27.50	25	17.70	1359	3599.00	336.60	5.70	9.90	0.25	45.04
ცვალებადობის განსაზღვრა Переменность	9.09%	20.00%	15.25%	6.88%	5.08%	9.00%	26.32%	7.07%	20.00%	18.24%
მაქ. გადახრა მინიმუმიდან Максимальное отклонение от минимума	10.91%	21.88%	14.98%	8.37%	6.29%	6.53%	30.46%	5.74%	24.81%	13.31%
საშუალო მნიშვნელობა +20% Среднее значение + 20%	33.67	30.72	21.17	1657	4374.43	393.24	7.25	11.71	0.32	50.97
საშუალო მნიშვნელობა -20% Среднее значение - 20%	22.45	20.48	14.11	1104	2916.29	262.16	4.83	7.81	0.21	33.98

ცხრილი 5. ბორჯომის მინერალური წყლის მინერალიზაცია, მისი ძირითადი კომპონენტები და მათი მნიშვნელობები

Таблица 5. Минерализация боржомской минеральной воды, ее основные компоненты и их значения

კომპონენტების დასახელება Наименование компонентов	კონცენტრაცია, მგ/ლ Концентрация, мг/л
კალციუმი / Кальций (Ca^{2+})	20-150
მაგნიუმი / Магний (Mg^{2+})	20-150
კალიუმი / Калий (K^+)	15-45
ნატრიუმი / Натрий (Na^+)	1000-2000
ჰიდროკარბონატი/ Гидрокарбонаты (HCO_3^-)	3500-5000
ქლორიდები / Хлориды (Cl^-)	250-500
სულფატები / Сульфаты (SO_4^{2-})	<10
მინერალიზაცია, გ/ლ Минерализация, г/л	5.0-7.5

ცხრილი 6. ბორჯომის მინერალური წყლის სპეციფიკური კომპონენტები

Таблица 6. Специфические компоненты боржомской минеральной воды

კომპონენტების დასახელება Наименование компонентов	კონცენტრაცია, მგ/ლ Концентрация, мг/л
სტრონციუმი / Стронций (Sr^{2+})	4.0-20.0
ფტორიდები / Фториды (F^-)	0.5-10.0
იოდიდები / Йодиды (I^-)	0.3 -1.5
ბორატები (B-ზე გადათვლით) Бораты (в пересчете на B)	3.0-10.0

ცხრილი 7. ნორმირებული კომპონენტები
 Таблица 7. Нормированные компоненты

კომპონენტების Компоненты	2003/40/ EC	ბორჯომი Боржоми
	მგ/ლ мг/л	
სტიბიუმი / Стий (Sb)	0.0050	<0.001
დარიშხანი / Мышьяк (As)	0.010 (ჯამური) 0.010 (Суммарный)	<0.01
ბარიუმი / Барий (Ba)	1.0	2-4
კადმიუმი / Кадмий (Cd)	0.003	<0.001
ქრომი / Хром (Cr)	0.050	<0.01
სპილენძი / Медь (Cu)	1.0	0.003 – 0.02
ციანიდი / Цианиды (CN)	0.070	<0.01
ფტორი / Фториды (F)	5.0	3.0 – 10.0
ტყვია / Свинец (Pb)	0.010	<0.005
მანგანუმი / Марганец (Mn)	0.50	<0.2
ვერცხლისწყალი / Ртуть (Hg)	0.0010	<0.0005
ნიკელი / Никель (Ni)	0.020	<0.01
ნიტრატი / Нитраты (NO ₃)	50	<0.02
ნიტრიტი / Нитриты (NO ₂)	0.1	<0.02
სელენი / Селен (Se)	0.010	<0.005
თუთია / Цинк (Zn)	-	0.003 – 0.02
ქმ / ХПК	-	0.5-2.5

ცხრილი 8. მიკრობიოლოგიური პარამეტრები
 Таблица 8. Микробиологические параметры

მაჩვენებლის დასახელება Наименование показателя	მაქსიმალურად დასაშვები რაოდენობა, კწე Максимально допустимое количество, КОЕ*	ფაქტიური მნიშვნელობა, კწე Фактическое значение, КОЕ*
მეზოფილურ აერობული და ფაკულტატურ ანაერობული მიკროორგანიზმების რაოდენობა, 1 მლ-ში Количество мезофильно - аэробных и факультативно - анаэробных микроорганизмов в 1мл 22 ⁰ C 37 ⁰ C	100 20	0-დან 8 მდე от 0- до 8 0-დან 5-მდე от 0- до 5
საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები, 250 მლ წყალში Общие колиформные бактерии, в 250 мл воды	არ დაიშვება Не допускается	არ აღმოჩნდა Не обнаружено
Escherichia coli, 250 მლ-ში/ в 250 мл воды	არ დაიშვება Не допускается	არ აღმოჩნდა Не обнаружено
სულფიტმარედუცირებელი კლოსტრიდიები (Clperfringens), 50მლ წყალში Сульфитредуцирующие клостридии (Cl. perfringens), в 50 мл воды	არ დაიშვება Не допускается	არ აღმოჩნდა Не обнаружено
Streptococcus faecalis, 250 მლ წყალში / в 250 мл воды	არ დაიშვება Не допускается	არ აღმოჩნდა Не обнаружено
Pseudomonas aeruginosa, 250 მლ წყალში / в 250 мл воды	არ დაიშვება Не допускается	არ აღმოჩნდა Не обнаружено
პათოგენები, მათ შორის სალმონელები, 100 მლ წყალში Патогены, в том числе сальмонеллы, в 100 мл воды	არ დაიშვება Не допускается	არ აღმოჩნდა Не обнаружено

* კწე – კოლონია წარმომქმნელი ერთეული.

* КОЕ – Колонияобразующая единица

ცხრილი 9. კალციუმის და მაგნიუმის შემცველობა ბორჯომის საბადოს მინერალურ წყლებში

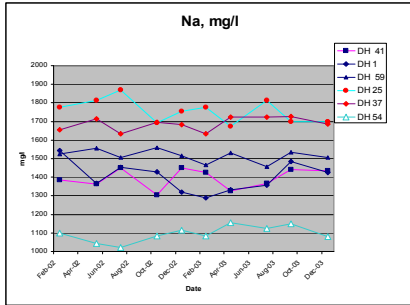
Таблица 9. Содержание кальция и магния в минеральных водах Боржомского месторождения

მინერალური წყლის ფორმირების უბნები Участки формирования минеральной воды	ბურღილების №№ Скважины №№	Ca, მგ/ლ მგ/л			Mg, მგ/ლ მგ/л		
		მინ. Мин.	მაქ. Макс.	საშ. Сред.	მინ. Мин.	მაქ. Макс.	საშ. Сред.
ცენტრალური Центральный	ბურღ. №1 Скваж. № 1	66.0	92.0	81.6	36.0	67.0	47.0
	ბურღ. №41 Скваж. №41	80.0	98.0	85.2	42.0	57.0	47.0
	ბურღ. №59 Скваж. № 59	80.0	96.0	87.2	39.0	61.0	49.0
ვაშლოვანი-ყვიბისი Вашловани – Квибисский	ბურღ. №25 Скваж. № 25	25.0	35.0	29.0	23.0	32.0	26.0
	ბურღ. №37 Скваж. № 37	22.0	40.5	29.6	40.0	65.0	54.0
	ბურღ. №38 Скваж. № 38	25.0	30.0	28.1	20.0	30.0	26.0
ლიკანი Ликанский	ბურღ. №54 Скваж. № 54	112.0	140.0	127.0	100.0	140.0	111.0

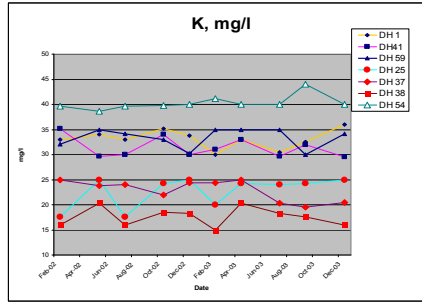
ცხრილი 10. სტრონციუმის და ბარიუმის შემცველობა ბორჯომის საბადოს მინერალურ წყლებში

Таблица 10. Содержание стронция и бария в минеральных водах Боржомского месторождения

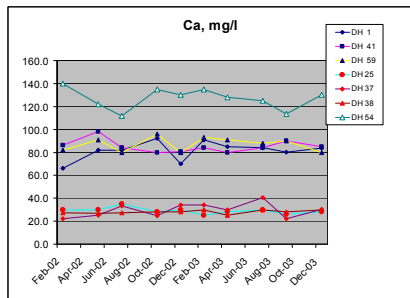
მინერალური წყლის ფორმირების უბნები Участки формирования минеральной воды	ბურღილების №№ Скважины №№	Sr, მგ/ლ მგ/л			Ba, მგ/ლ მგ/ლ		
		მინ. Мин.	მაქ. Макс.	საშ. Сред.	მინ. Мин.	მაქ. Макс.	საშ. Сред.
ცენტრალური Центральный	ბურღ. №1 Скваж. № 1	8.0	11.5	9.7	2.3	4.6	3.1
	ბურღ. №41 Скваж. №41	7.3	11.0	9.1	2.4	4.2	3.2
	ბურღ. №59 Скваж. № 59	7.8	11.6	9.9	1.3	2.6	2.0
ვაშლოვანი-ყვიბისი Вашловани – Квибисский	ბურღ. №25 Скваж. № 25	5.0	6.6	5.8	2.2	3.3	2.9
	ბურღ. №37 Скваж. № 37	5.3	6.5	6.0	2.7	4.5	3.7
	ბურღ. №38 Скваж. № 38	4.2	7.2	6.0	1.7	3.1	2.5
ლიკანი	ბურღ. №54	10.9	18.5	15.5	1.4	2.6	2.0



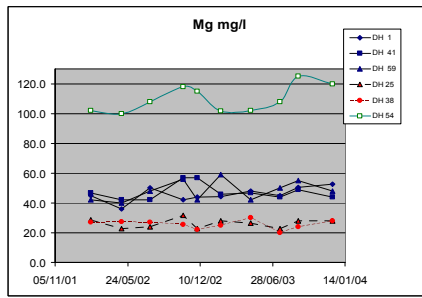
ნახაზი 2. ნატრიუმის იონის განაწილება საბადოს ჭაბურღილებში
 Рис. 2. Распределение ионов натрия в скважинах месторождения



ნახაზი 3. კალიუმის იონის განაწილება საბადოს ჭაბურღილებში
 Рис. 3. Распределение ионов калия в скважинах месторождения



ნახაზი 4. კალციუმის იონის განაწილება საბადოს ჭაბურღილებში
 Рис. 4. Распределение ионов кальция в скважинах месторождения



ნახაზი 5. მაგნიუმის იონის განაწილება საბადოს ჭაბურღილებში
 Рис. 5. Распределение ионов магния в скважинах месторождения

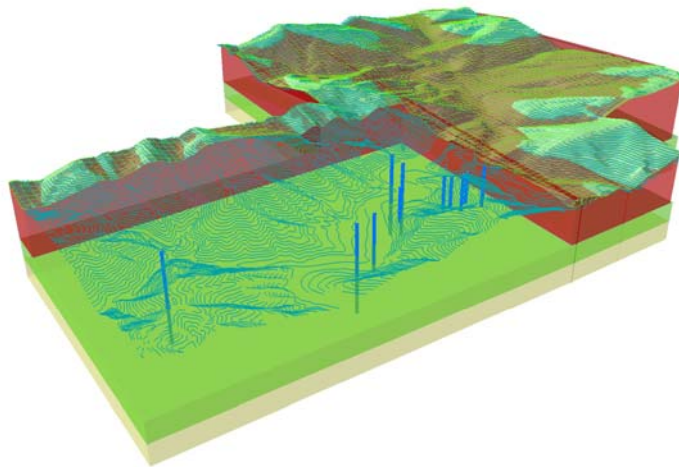
ცხრილი 11. მონაცემები მიწისძვრების შესახებ (1998-2002 წწ.)

Таблица 11. Данные о землетрясениях (1998-2002 г.г.)

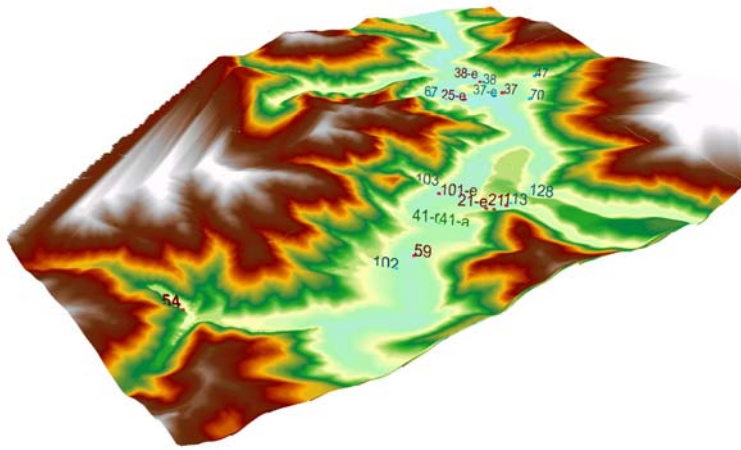
თარიღი Даты	საათი Часы	განედი Широта	გრძედი Долгота	მაგნიტუდა Магнитуда	ეფექტი ბორჯომში (ბალი) Эффект в Боржоми (Баллы)
1998/07/11	21:10	42,94	42,04	4,1	4
1999/01/14	22:45	43,90	41,45	4,4	4
1999/11/11	20:00	43,34	41,89	2,6	3
1999/12/03	17:07	42,40	41,28	5,1	4
2000/01/28	22:26	43,35	41,92	2,7	3
2000/05/01	7:25	43,42	41,77	3,4	4
2002/06/25	15:50	41,80	43,42	3,0	3
2002/08/14	4:48	41,78	43,37	2,9	3

ცხრილი 12. მიწისძვრების ზეგავლენა აღნიშნული ჰაბურღილების დებიტზე, მ³/დღამე
 Таблица 12. Влияние землетрясений на дебит указанных скважин, м³/сут

თარიღი Дата	ბურღ.1 Сквж.1	ბურღ.41 Сквж.41	ბურღ.59 Сквж.59	ბურღ.25 Сквж.25	ბურღ.37 Сквж.37	ბურღ.38 Сквж.38	ბურღ.54 Сквж.54
06\98	24,2	57,40	57,80	152,30	56,10	43,60	76,60
07\98	23,3	103,70	57,70	150,40	54,20	97,60	76,50
08\98	20,9	137,20	57,50	148,00	67,50	97,80	76,60
12\98	30,0		59,60	22,20	71,70	12,90	77,00
01\99	33,6		59,50		64,20	92,50	77,20
02\99	36,8		59,50	58,80	64,50	31,30	77,50
10\99	28,1	162,00	61,40	161,60	2,61,3	95,90	77,30
11\99	26,6	162,00	61,50	160,60	60,90	96,30	77,60
12\99	28,1		61,30	159,80	60,00	22,50	77,70
01\00	29,2	95,40	61,50	154,60	60,70	96,30	77,40
04\00	28,2	98,50	42,10	160,30	48,00	98,30	77,50
05\00	28,6	75,70	31,50	160,30	47,30	89,40	77,40
06\00	23,5	74,40	31,70	159,60	28,20	106,20	77,80
05\02	26,5	127,50	34,60	136,30	39,60	99,70	78,60
06\02	29,7	134,80	34,60	113,70	40,10	107,40	78,60
07\02	25,7	138,60	34,60	122,30	40,10	107,20	78,60
08\02	20,8	152,90	28,30	163,60	40,10	106,70	78,60
09\02	15,7	129,80	27,30	160,50	41,10	107,50	78,60



ნახაზი 8. ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს სამგაზომილებიანი მოდელის ჭრილი
 Рис. 8. Срез трехмерной модели месторождения боржомской минеральной воды



ნახაზი 9. გეოსაინფორმაციო მოდელი. საბადოს რელიეფი ბორჯომის მინერალური წყლის ბურღილების ჩვენებით
 Рис. 9. Геоинформационная модель. Рельеф месторождения с указанием скважин минеральной воды

სამეცნიერო შრომების ჩამონათვალი:

1. **Гвахария В.Г., Харгелия Р.Г., Габечავა Д. Ш., Стаматели М.Ю., Адамия Т.М., Дочвири А.А., Кадагишвили Н.Д. (2004).** О создании грузинского государственного стандарта на бутылированные натуральные минеральные воды // *Питьевая вода*, №4 с.16-20
 2. **Харгелия Р.Г., Гвахария В.Г., Габечავა Дж. Ш., Гиргвлиანი Д.А. (2005)** Щелочно-земельные металлы в минеральных водах Боржомского месторождения // *Georgian Engineering News*, No2 с.59-62
 3. **Гвахария В.Г., Габечავა Д. Ш., Харгелия Р.Г., Адамия Т.М., Дочвири А.А., Мачавариანი Б.К. (2005).** Минеральные воды Грузии // *Питьевая вода*, №3 с.17-26
 4. **ჯ. გაბეჩავა, ვ. გვახარია, ი. ლომინაძე, ბ. მიგინიეშვილი, ს. ზობოხიძე, მ. ტყეზუჩავა, მ. ბერიძე, რ. ხარგელია.** (2005) ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს იზოტოპური შედგენილობის შესწავლის შედეგები // *საერთაშორისო სამეცნიერო ტექნიკური საინფორმაციო ჟურნალი "საქართველოს წავთობი და გაზი"* №14 გვ. 55-62
 5. **ჯ. გაბეჩავა, ვ. გვახარია, ი. ლომინაძე, ბ. მიგინიეშვილი, რ. ხარგელია მ. ტყეზუჩავა, ს. ზობოხიძე, მ. ბერიძე.** (2005) ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს პალეოპროტოკოლოგია // *საერთაშორისო სამეცნიერო ტექნიკური საინფორმაციო ჟურნალი "საქართველოს წავთობი და გაზი"* №15 გვ. 52-56
 6. **Гвахария В.Г., Харгелия Р.Г., Габечავა Дж. Ш., Гиргвлиანი Д.А., Мачавариანი Б.К. (2006)** Исследование минеральных вод Грузии // *Georgian Engineering News*, No2 с. 263-269.
 7. **V.Gvakharia, R.Khargelia, J.Gabechava, D.Girgvliani. (2006)** Hydro-chemical investigation of Borjomi mineral water deposit, distribution of main metal ions through different districts of deposit // *GEORGIAN CHEMICAL JOURNAL*, No 6(4), p. 386-391.
- თეზისები**
1. **В. Гвахария, В. Цхварадзе, Дж. Габечავა, Н. Сакварелидзе, Р. Харгелия, Т. Адамия, К. Манджавидзе (2000).** Родники г. Тбилиси (Общее санитарно-гигиеническое состояние. Химическое и бактериологическое исследование вод источников). // Четвертый международный конгр. "Вода: Экология и технология" ЭКВАТЕК-2000, Москва, ст. 322.
 2. **В. Гвахария, В. Цицишвили, Дж. Габечავა, М. Стаматели, Д. Гиргвлиანი, Т. Адамия, Р. Харгелия (2000).** Опыт планирования производства минеральных вод в Грузии. // Четвертый международный конгр. "Вода: Экология и технология" ЭКВАТЕК-2000. Москва, ст. 803.
 3. **В. Гвахария, Н. Мачтадзе, Р. Харгелия, Д. Гиргвлиანი (2002).** Содержание тяжелых металлов в прибрежных морских осадках грузинского сектора Черного моря. 5-ый международный конгресс "Вода: экология и технология" ЭКВАТЭК-2002, Москва, с. 157-158
 4. **Флери Ж., Гвахария В., Габечავა Дж., Адамия Т., Харгелия Р. (2002).** Подземные воды Боржомского района. Проблемы и перспективы. // 5-ый международный конгресс "Вода: экология и технология" ЭКВАТЭК-2002, Москва, с.787-788.
 5. **Гвахария В.Г., Харгелия Р.Г., Адамия Г. М., Дочвири А.А., Кадагишвили Н.Д., Габечავა Д.Ш., Стаматели М.Ю. (2004).** Исследование водопроявлений пресных и минеральных подземных вод гидрогеологической области южного склона большого кавказа в пределах грузии // Шестой международный конгр. «Вода: Экология и технология» ЭКВАТЕК-2004 Москва, ст. 188-189
 6. **Гвахария В.Г., Харгелия Р.Г., Гелашвили Н.Э., Джанашвили Н.Д., Майсурадзе Г.В. (2004).** Изучение загрязнения нефтяными углеводородами грузинской акватории черного моря // Шестой международный конгр. "Вода: Экология и технология" ЭКВАТЕК-2004 Москва, с. 321
 7. **Гвахария В.Г., Харгелия Р. Г., Габечავა Д.Ш., Стаматели М.Ю., Адамия Г. М., Дочвири А.А., Кадагишвили Н.Д. (2004).** О создании Грузинского государственного стандарта на бутылированные натуральные минеральные воды // Шестой международный конгр. «Вода: Экология и технология» ЭКВАТЕК-2004 Москва, ст. 963.
 8. **Гвахария В.Г., Харгелия Р.Г., Габечავა Дж.Ш., Гиргвлиანი Д.А., Циргиладзе Н.М. (2006).** Гидрохимическая стабильность Боржомского месторождения минеральной воды. - Тезисы докладов 6-го Международного конгресса «Вода: Экология и технология», ЭКВАТЭК -2006. М., с 175.
 9. **Багдавадзе Л.М., Шарашенидзе В.В., Корошинадзе Т.О., Чхаидзе Д.В., Мигинишвили Б.К., Харатишвили Л.А., Гвахария В.Г., Харгелия Р.Г., Габечავა Дж.Ш., Гиргвлиანი**

Д.А., Гамбашидзе Г.О., Циргиладзе Н.М., Ломинадзе И.Г. (2006). Подсчет эксплуатационных запасов месторождения минеральной воды боржоми. -Тезисы докладов 6-го Международного конгресса «Вода: Экология и технология», Экватэк -2006. М., с 226.

10. Гвахария В.Г., Харгелия Р.Г., Адамия Т.М., Габечавა Дж.Ш., Гиргвлиани Д.А., Стаматели М.Ю., Дочвири А.А., Мачавариани Б. К. (2006). Современное состояние производства грузинских бутылированных вод.-Тезисы докладов 6-го Международного конгресса «Вода: Экология и технология», Экватэк -2006. М., 2006. с 1080.