

**ჰიდროგეოლოგია  
და  
საინჟინრო გეოლოგია**

**IVANE JAVAKHISHVILI  
TBILISI STATE UNIVERSITY**

**IRAKLI P. MIKADZE**

**HYDROGEOLOGY  
&  
ENGINEERING GEOLOGY**

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის  
თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ირაკლი მიქაძე

ჰიდრობეოლოგია  
და  
საინჟინრო გეოლოგია



თბილისის  
უნივერსიტეტის  
გამომცემლობა

სახელმძღვანელო განკუთვნილია თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის გეოლოგიის მიმართულების ბაკალავრიატის სტუდენტებისათვის. კურსი აერთიანებს ორ მჭიდროდ დაკავშირებულ დისციპლინას – ჰიდროგეოლოგიასა და საინჟინრო გეოლოგიას.

ნიგნში დიდი ყურადღება ეთმობა ისეთ ფუძემდებლურ საკითხებს, როგორცაა: ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის დარგის განვითარების ისტორია, მიწისქვეშა ჰიდროსფეროს აგებულება; მიწისქვეშა წყლების ფიზიკური, წყლოვანი თვისებები და შედგენილობა, დინამიკა და რეჟიმი, მიწისქვეშა წყალშემცველი სისტემები, მიწისქვეშა წყლების კლასიფიკაცია, ქანების შესწავლისა და კლასიფიკაციის პრინციპები და დარაიონება.

ნაშრომში დეტალურადაა დახასიათებული აერაციის ზონის, გრუნტის, არტეზიული, ნაპრაღური და კარსტული, მუდმივი გაყინულობის, სიღრმული, თანამედროვე ვულკანური რაიონებისა და სუბმარინული წყლები. გადმოცემულია სარწყავი და დასაშრობი მიწების მელიორაციის საკითხები, სასმელი, სამეურნეო, მინერალური, თერმული წყლების, რეკრეაციული და ბალნეოლოგიური რესურსების რაციონალური გამოყენებისა და დაცვის პრობლემები, ჩვენი ქვეყნისათვის მეტად დამახასიათებელი გრაფიტაციული, სუფოზიური, კარსტული პროცესები, ლიოსები და მათზე საინჟინრო ობიექტების მშენებლობასთან დაკავშირებული პრაქტიკული საკითხები.

The textbook is intended for BA students of geological direction of the faculty of Exact and Natural Sciences of Tbilisi State University. The course consists of two closely connected subjects - Hydrogeology and Engineering Geology.

In this textbook special attention is given to the following basic issues: the history of development of the branch of Hydrogeology and Engineering Geology; the structure of the subterranean hydrosphere; physical and water properties, composition, dynamics and regime of underground waters; underground water-bearing systems; classification of underground waters; principles of study and classification of bedrocks and their zoning.

The book gives a detailed characteristics of the issues of: aeration zone, ground, artesian, cleft, karstic, permafrost, abyssal, modern volcanic area and submarine waters; problems of melioration of irrigated lands and bogs; also some problems of rational use and protection of drinking, technical, mineral and thermal waters, as well as of recreational and balneological resources; so much characteristic of our country gravitational, piping, karstic processes, loesses and some practical issues connected with building engineering constructions on them.

რედაქტორი      გეოლოგია-მინერალოგიის მეცნიერებათა დოქტორი,  
                         პროფესორი **ვ. ალფაიძე**

რეცენზენტი    გეოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორი,  
                         პროფესორი **უ. ზვიადაძე**

© თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2010

ISBN 978-9941-13-167-7



## სარჩევი

წინასიტყვაობა ..... 9

### ჰიდროგეოლოგია

**შესავალი** – ჰიდროგეოლოგიის საგანი, ამოცანები და

მისი თეორიული ნაწილები ..... 13

**თავი I.** ჰიდროგეოლოგიის განვითარების ისტორია ..... 15

**თავი II.** მიწისქვეშა წყლები – დედამიწის ჰიდროსფეროს ელემენტი ..... 20

**თავი III.** მიწისქვეშა ჰიდროსფეროს აგებულება ..... 25

**თავი IV.** ქანების ფიზიკური და წყლოვანი თვისებები ..... 31

**თავი V.** მიწისქვეშა წყლების ფიზიკური თვისებები და შედგენილობა ..... 34

**თავი VI.** მიწისქვეშა წყლების დინამიკა და რეჟიმი ..... 39

**თავი VII.** მიწისქვეშა წყალშემცველი სისტემები ..... 42

**თავი VIII.** მიწისქვეშა წყლების კლასიფიკაცია და დარაიონება ..... 45

**თავი IX.** მიწისქვეშა წყლების დახასიათება ..... 66

9.1. აერაციის ზონის მიწისქვეშა წყლები ..... 66

9.2. გრუნტის წყლები ..... 68

9.3. არტეზიული წყლები ..... 71

9.4. ნაპრაღური და კარსტული ქანების მიწისქვეშა წყლები ..... 74

9.5. მარადმზრალი რაიონების მიწისქვეშა წყლები ..... 78

9.6. სიღრმული და თანამედროვე ვულკანური რაიონების მიწისქვეშა წყლები ..... 81

9.7. მიწისქვეშა წყლები ზღვებისა და ოკეანეების ქვეშ ..... 85

**თავი X.** მიწისქვეშა წყლების გამოყენება და დაცვა ..... 88

10.1 სასმელი და სამეურნეო დანიშნულების მიწისქვეშა წყლები ..... 91

10.2. ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების როლი მელიორაციაში ..... 92

10.3. საქართველოს სარწყავი და დასაშრობი მასივების მელიორაციული მდგომარეობის მოკლე მიმოხილვა ..... 95

ა. ვაკე დაბლობისა და მთისწინა ბორცვების რიონის ქვეოლქის სარწყავი და დასაშრობი მასივები .....	97
ბ. ივერიის ზომიერად ნოტიო და მშრალი სუბტროპიკული ოლქის სარწყავი მასივები.....	108
10.4. მინერალური წყლები .....	112
10.4.1. მინერალური წყლების საბადოების მიმოხილვა .....	112
10.4.2. საქართველოს მინერალური წყლების დარაიონება.....	118
10.5. სამრეწველო მინისქვემა წყლები .....	124
10.6. თერმული მინისქვემა წყლები .....	126
10.7. რეკრეაციული და ბალნეოლოგიური რესურსები .....	133
10.8. მინისქვემა წყლების რესურსების დაცვა .....	136
ლიტერატურა .....	142

## **საინჟინრო გეოლოგია**

<b>შესავალი</b> – საინჟინრო-გეოლოგიის საგანი, ამოცანები და მეთოდები .....	149
<b>თავი I.</b> საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ისტორია საქართველოში.....	153
<b>თავი II.</b> ქანების შესწავლისა და კლასიფიკაციის პრინციპები .....	155
<b>თავი III.</b> ქანების პეტროგრაფიული დახასიათება .....	162
<b>თავი IV.</b> ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები .....	168
<b>თავი V.</b> კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური დახასიათება და შეფასება.....	176
<b>თავი VI.</b> ფხვიერი შეუკავშირებელი და რბილი შეკავშირებული ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური დახასიათება და შეფასება .....	186
6.1. ფხვიერი შეუკავშირებელი და რბილი შეკავშირებული ქანების დახასიათება .....	186
ა) კონტინენტური ქანები .....	189
ბ) ლავუნური ქანები .....	196
გ) ზღვიური ქანები.....	197
6.2. ფხვიერი შეუკავშირებელი და რბილი შეკავშირებული ქანების შედგენილობა .....	198

6.3. ფხვიერი შეუკავშირებელი და რბილი შეკავშირებული ქანების განლაგების პირობები .....	201
<b>თავი VII.</b> განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობისა და თვისებების ქანებისა და ნალექების საინჟინრო-გეოლოგიური დახასიათება და შეფასება .....	203
<b>თავი VIII.</b> ქანების თვისებების ხელოვნურად გაუმჯობესების მეთოდები .....	210
8.1. კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების თვისებების გაუმჯობესების მეთოდები .....	210
8.2. ფხვიერი შეუკავშირებელი ქანების თვისებების გაუმჯობესების მეთოდები .....	211
8.3. რბილი შეკავშირებელი ქანების თვისებების გაუმჯობესების მეთოდები .....	213
<b>თავი IX.</b> ბუნებრივი გეოლოგიური და საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესები.....	215
9.1. ქანების გამოფიტვა და ეროზიული პროცესები.....	215
9.2. ზღვების გეოლოგიური მოქმედება .....	219
9.3. ტბებისა და წყალსაცავების გეოლოგიური მოქმედება, ჭაობები.....	221
9.4. მყინვარების გეოლოგიური მოქმედება .....	224
9.5. ქანების მოძრაობა ფერდობებზე სიმძიმის ძალის გავლენით.....	225
9.6. კარსტული პროცესები.....	234
9.7. სუფოზია, დენადი ქანები.....	236
9.8. ლიოსური ქანების დეფორმაციები .....	239
9.9. სეზონური და მუდმივი მზრალობა.....	240
9.10. ქანების დეფორმაციები მიწისქვეშა სამუშაოების დროს.....	242
9.11. საინჟინრო გეოლოგია, დაკავშირებული სამშენებლო სამუშაოებთან.....	245
ლიტერატურა .....	250
უცხო და საგნობრივი ტერმინების განმარტება.....	251



## წინასიტყვაობა

წინამდებარე სახელმძღვანელოს შექმნის მიზანია ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტისა და სხვა უმაღლესი სასწავლებლების სტუდენტებისათვის სალექციო მასალის შეკრება და განზოგადება, ასევე, წყალ-სამეურნეო სისტემასა და მის მომიჯნავე დარგებში დასაქმებული სპეციალისტებისათვის წყლის რესურსების, ხარისხის, აგრეთვე წყალმომარაგების ობიექტების მშენებლობასა და ექსპლუატაციასთან დაკავშირებული საკითხების შესახებ კვალიფიციური ინფორმაციის მიწოდება.

ჰიდროგეოლოგიის და საინჟინრო გეოლოგიის კურსი ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში სავალდებულო ან არჩევითი საგანია გეოლოგიის, გეოფიზიკის, გეოგრაფიის, ეკოლოგიის და სხვა სპეციალობის სტუდენტებისათვის.

უკანასკნელ ხანს აღნიშნულმა მიმართულებამ დიდი ინტერესი და მნიშვნელობა შეიძინა, რადგან სახეზეა პრობლემები როგორც მოსახლეობის, სამრეწველო და სოფლის მეურნეობის ობიექტების სასმელ და სამეურნეო წყალმომარაგებაში, ასევე მინისქვეშა წყლების სამრეწველო მიზნით გამოყენების თვალსაზრისით.

საინჟინრო გეოლოგია შეისწავლის ტერიტორიის სამშენებლო და სამეურნეო მიზნით გამოყენების გეოლოგიურ პირობებს და შეფასებას იძლევა, თუ რა გავლენას ახდენს ნაგებობები ბუნებრივი გეოლოგიური პირობების ცვლილებაზე.

აქედან გამომდინარე, ჩვენს ქვეყანაში მიმდინარე და მომავალში გააქტიურების პერსპექტივის მქონე სამშენებლო სამუშაოები, რომლებიც დაკავშირებულია სამთომომპოვებელ, სამთოგადამამუშავებელ, საგზაო, სამოქალაქო, სამრეწველო, წყალმომარაგებისა და სხვა მომიჯნავე დარგებთან, საჭიროებს ჰიდროგეოლოგიური და საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოების მაღალ დონეზე ჩატარებას, საპროექტო დოკუმენტაციის მომზადებასა და დასაბუთებას.

საინჟინრო გეოლოგია განსაკუთრებით მჭიდროდაა დაკავშირებული ჰიდროგეოლოგიასთან. მინისქვეშა წყლები უმეტესი გეოლოგიური პროცესების და მოვლენების წარმოქმნის მიზეზი და მათი განვითარების ხელშემწყობი ფაქტორია. ამის დადასტურებაა ინტენსიურად მიმდინარე საინჟინრო-გეოლოგიური მოვლენები და პროცესები (მენყრები, სუფოზიური ჩაქცევები, სელები, ღვარ-

ცოფები, ქვათაცვენა და ა.შ.), რომლებიც აზიანებენ გარემოს და მწყობრიდან გამოჰყავთ საცხოვრებელი ნაგებობები და სამრეწველო ობიექტები.

ზოგად ჰიდროგეოლოგიაში ქართულ ენაზე დღეისათვის არსებობს შემდეგ ავტორთა სახელმძღვანელოები: ა. ოვჩინიკოვის (1962), გ. ქართველიშვილის (1988), ო. მენტეშაშვილის (1990) და ბ. ზაუტაშვილის (1997). საინჟინრო გეოლოგიაში აღსანიშნავია ვ. ლომთაძის 1977 და 1985 წლებში და დ. ჩხეიძის 1979 წელს გამოშვებული სახელმძღვანელოები.

ზემოაღნიშნული ლიტერატურა შექმნილია გასულ საუკუნეში. ამიტომ შევეცადეთ, რაც შეიძლება სრულად და კომპაქტურად წარმოგვედგინა არსებული მასალა და შეგვევსო იგი უახლესი მონაცემებით. ამ თვალსაზრისით, ვფიქრობთ, სახელმძღვანელო სასარგებლო იქნება სტუდენტებისათვის, ასევე წყალსამეურნეო სისტემასა და მშენებლობაში დასაქმებული სხვადასხვა მიმართულების სპეციალისტებისათვის.

**ჰიდრობიოლოგია**





## შესავალი

### ჰიდროგეოლოგიის საბანი, ამოცანები და მისი თეორიული ნაწილები

ჰიდროგეოლოგია საბუნებისმეტყველო ციკლის მეცნიერებათა ერთ-ერთი ნაწილია, რომელიც შეისწავლის პლანეტის მიწისქვეშა ჰიდროსფეროს: მიწის ქერქში მისი გავრცელების კანონზომიერებებს, განლაგებისა და მოძრაობის პირობებს, თვისებებსა და შედგენილობას, ქანებთან ურთიერთქმედებას და სასმელი, სამეურნეო და სამრეწველო მიზნით მიწისქვეშა წყლების გამოყენების შესაძლებლობებს.

მიწისქვეშა წყლები შეისწავლება ქანებთან, გეოლოგიურ სტრუქტურებსა და პროცესებთან ურთიერთკავშირში. ამასთან იგი დედამიწის ერთიანი ჰიდროსფეროს ნაწილია. წყლის მოლეკულები იმყოფება ატმოსფეროში, ქანებსა და ყველა ცოცხალ ორგანიზმში.

ჰიდროგეოლოგია მჭიდროდაა დაკავშირებული გეოლოგიასთან, საინჟინრო გეოლოგიასთან, მეტეოროლოგიასთან, ხმელეთის ჰიდროლოგიასთან, ოკეანოლოგიასა და სხვა მეცნიერებებთან.

მიწისქვეშა წყლებისათვის დამახასიათებელია მოძრაობა როგორც თხევად, ასევე გაზურ ფაზებში გეოლოგიური ქრისტის მნიშვნელოვან სიღრმეებშიც.

მიწისქვეშა წყლების გამოყენება უსაზღვრო და უაღრესად მნიშვნელოვანია. მას შეისწავლიან:

1. სასმელი, სამკურნალო, სამეურნეო, ტექნიკური წყალმომარაგების უზრუნველყოფის მიზნით;
2. სამრეწველო საწარმოების ნედლეულით მომარაგების მიზნით;
3. სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე მელიორაციული ღონისძიებების დაპროექტებისა და განხორციელების, ე.ი. ნიადაგში წყლის ოპტიმალური რეჟიმის შექმნის მიზნით;
4. ნავთობისა და გაზის საბადოების ძებნა-ძიების, დაზვერვისა და ექსპლუატაციის პროცესში;
5. სხვადასხვა მშენებლობების (ჰიდროტექნიკური, სამრეწველო, საქალაქო, წყალმომარაგების და სხვ.) დასაბუთების მიზნით.
6. პლოტნიკოვის (1976), ე. პინეკერის (1977) და სხვა ავტორების თანახმად ჰიდროგეოლოგიაში გამოიყოფა შემდეგი თეორიული ნაწილები:
  - 1) რეგიონული ჰიდროგეოლოგია, რომელიც შეისწავლის მიწისქვეშა წყლების გავრცელების კანონზომიერებებს, ჰიდროგეოლოგიური სტრუქტურის ტიპებს, მათ ფორმირებასა და ა.შ.;

2) ჰიდროგეოდინამიკა, რომელიც შეისწავლის მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის დინამიკას, მათ რეჟიმსა და რესურსებს;

3) ჰიდროგეოქიმია, რომელიც შეისწავლის მიწისქვეშა წყლების შემადგენელი ქიმიური ელემენტების მიგრაციის კანონზომიერებებსა და ქიმიური შედგენილობის ფორმირების პროცესებს;

4) ჰიდროგეოთერმია, რომელიც შეისწავლის თერმულ მიწისქვეშა წყლებს და მასთან დაკავშირებულ პროცესებს;

5) პალეოჰიდროგეოლოგია, რომელიც შეისწავლის მიწისქვეშა ჰიდროსფეროს წარმოშობასა და განვითარების ისტორიას და მიწისქვეშა წყლების როლს გეოლოგიურ პროცესებში.

ჰიდროგეოლოგიის ფუნდამენტური და გამოყენებითი ნაწილებია:

1. მიწისქვეშა წყლების რესურსების შეფასება – მიწისქვეშა წყლების საბადოების ტიპების, მათი რესურსებისა და ფორმირების პირობების დადგენა;

2. სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების ჰიდროგეოლოგია – სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების ძიების ჰიდროგეოლოგიური მეთოდები, შახტების მშენებლობის ჰიდროგეოლოგიური დასაბუთება და სხვადასხვა ტიპის მიწისქვეშა წყლების საბადოების ექსპლუატაცია;

3. მელიორაციული ჰიდროგეოლოგია – მელიორაციული სისტემების მშენებლობის ჰიდროგეოლოგიური დასაბუთება, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების წყლოვან-მარილოვანი რეჟიმის ოპტიმიზაცია;

4. საინჟინრო ჰიდროგეოლოგია – საინჟინრო ნაგებობების დაპროექტებისა და მშენებლობების პროცესში სამშენებლო მოედნების ჰიდროგეოლოგიური შესწავლა;

5. ეკოლოგიური ჰიდროგეოლოგია – მიწისქვეშა წყლების დაცვა და რაციონალური გამოყენება.

## თავი I

### ჰიდროგეოლოგიის განვითარების ისტორია

მინისქვეშა წყლებს შეისწავლიდნენ და იყენებდნენ უხსოვარი დროიდან. მინისქვეშა წყლების ფორმირების შესახებ ჩვენამდე მოაღწია პლატონის, არისტოტელესა და სხვა მეცნიერთა მოსაზრებებმა: ერთნი უპირატესობას ანიჭებდნენ ზედაპირული წყლების ჩაჟონვას (ინფილტრაციული წყლები), მეორენი – კონდენსაციას, სხვანი – დედამიწის ღრმა ჰორიზონტებიდან წყლების გამოწურვას (იუვენური წყლები).

მინისქვეშა წყლების ინფილტრაციის პირველი რაოდენობრივი შეფასება ეკუთვნის ფრანგ მეცნიერებს პეროსა და მარიოტს, რომლებმაც შეისწავლეს მდ. სენის აუზის წყლის ბალანსი. ამავე საკითხს მიუძღვნა ნაშრომი დიდმა რუსმა მეცნიერმა მ. ლომონოსოვმა.

მინისქვეშა წყლების წარმოშობის შესახებ მეცნიერების პოლემიკა გრძელდებოდა XIX და XX საუკუნეებშიც. ავსტრიელმა ე. ზიუსმა წამოაყენა მინისქვეშა წყლების მაგმური (იუვენური) წარმოშობის თეორია (1902). გ. გეფერმა, ნ. ანდრუსოვმა და ა. ლეინმა (1902-1908) ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად წამოაყენეს მინისქვეშა წყლების წარმოშობის სედიმენტაციის თეორია, რაც გულისხმობს ფსკერულ ნალექებში ქანებთან ერთად წყლის დაძირვასა და განამარხებას.

ჰიდროგეოდინამიკისა და მინისქვეშა წყლების რესურსების შეფასების მიმართულებების განვითარებას ხელი შეუწყო ჰიდროგეოლოგიაში მათემატიკური მეთოდების შემოღებამ (ა. დარსი, ჟ. დიუპუი, ა. ტიმი, ჩ. სლისტერი, ნ. ბინდემანი და სხვ.).

მეცნიერი ჰიდროგეოლოგები ინტენსიურად შეისწავლიდნენ მარადმზრალი რაიონებისა და ზღვის სანაპირო ზოლის მინისქვეშა წყლებს, თერმულ და მინერალურ წყლებს. ამერიკელმა ო. მეინცერმა (1923) მეცნიერულად დაასაბუთა მინისქვეშა წყლების ბალანსის შეფასების მეთოდი. ფაქტობრივად, მან ჩამოაყალიბა ჰიდროგეოლოგია, როგორც მეცნიერების დამოუკიდებელი დარგი მინისქვეშა წყლების შესახებ.

პირველი ჰიდროგეოქიმიური კვლევები განეკუთვნება XX საუკუნის 60-იან წლებს, როდესაც გამოქვეყნდა ბ. ლერშის, თ. ხანტის, ფ. კლარკის, ვ. ვერნადსკის, ვ. ვინოგრადოვის და სხვათა შრომები.

სხვა ქვეყნების პარალელურად მინისქვეშა წყლები ინტენსიურად შეისწავლებოდა და გამოიყენებოდა საქართველოშიც. ამ მხრივ აღსანიშნავია მრავალი სარწყავი არხი, რომლებიც არსებობდა ჯერ კიდევ IV საუკუნეში ჩვენს ერამდე და რომელთა მშენებლობა განსაკუთრებით განვითარდა XII-XIII საუკუნეებში. V

## ირაკლი მიქაძე

საუკუნიდან ცნობილია თერმული წყლების აბანოები ქ. თბილისში, ხოლო XII საუკუნიდან – ვარძიის წყალსადენის ნაგებობა და სხვები.

პირველი შრომები, რომლებიც მიეძღვნა მინისქვეშა წყლების შესწავლას, გამოქვეყნდა XIX საუკუნის მეორე ნახევარში და XX საუკუნის დასაწყისში. მათგან აღსანიშნავია მინერალური წყლების საბადოების შესწავლა ლ. კონიუშევსკის, ვ. რენგარტენის, რ. კუპცისის და სხვათა მიერ (ბორჯომი, თბილისი, აბასთუმანი, წყალტუბო და სხვ.), ქ. თბილისის წყალმომარაგების მიზნით, მდ. არაგვის ხეობის მინისქვეშა წყლების გამოკვლევა (ა. ჯანელიძე, გ. ხიზანიშვილი, ლ. დიასამიძე და სხვ.), კოლხეთის დაბლობის ჭაობების ამოშრობის სამუშაოების ჩატარება (ს. აკენტიევი, ვ. ივანიცკი, ი. ყულოშვილი და სხვ.).

XX საუკუნის 50-იანი წლებიდან განსაკუთრებით ფართოდ გაიშალა ჰიდროგეოლოგიური სამუშაოები საქართველოში. 1924 წელს დაიწყო გამოკვლევები ქ. თბილისის წყალმომარაგების გადასაწყვეტად. ამ მხრივ აღსანიშნავია ა. ჯანელიძის, გ. ხიზანიშვილისა და ლ. დიასამიძის ხელმძღვანელობით მდ. არაგვის კალაპოტქვეშა ნაკადის შესწავლისათვის ჩატარებული სამუშაოები (ნატახტარის, საგურამოს და ბულაჩაურის უბნები). გამოკვლევების საფუძველზე პრაქტიკულად გადაწყდა ქ. თბილისის წყალმომარაგების საკითხი.

1928 წლიდან ამიერკავკასიის წყალთა მეურნეობის სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტი და „კოლხიდმშენი“ სამუშაოებს ატარებდა კოლხეთის დაბლობის დაჭაობებული უბნების მელიორაციული მდგომარეობის გაუმჯობესების მიზნით.

ჰიდროგეოლოგიურ სამუშაოებს ხელმძღვანელობდნენ ს. აკენტიევი, ვ. ივანიცკი, ი. ყულოშვილი, ე. ნინიძე და სხვა სპეციალისტები. იმდროინდელი შეხედულებებით, კოლხეთის დაბლობში ჭაობების წარმოშობის მიზეზად მხოლოდ ზედაპირული წყლების მონანილეობა სახელდებოდა, ამიტომ, ჰიდროგეოლოგიური გამოკვლევები ჩატარდა მეოთხეული ასაკის ნალექებში მხოლოდ 30 მეტრ სიღრმემდე, ხოლო მეოთხეული ასაკის ალუვიური ნალექების მთელი ჭრილი არ იქნა შესწავლილი და შეფასებული სრულად. როგორც შემდგომმა გამოკვლევებმა აჩვენა, ღიად დარჩა საკითხი დაჭაობების პროცესებში მეოთხეული ასაკის როგორც გრუნტის, ასევე დაწნევითი წყლების მონანილეობის შესახებ.

საქართველოს მასშტაბით სასმელი წყლების შესწავლის და გამოყენების მიზნით ჰიდროგეოლოგიურ სამუშაოებს აწარმოებდნენ საქომუნპროექტის, საქწყალპროექტის და საქკვებპროექტის ორგანიზაციები, რომელთაც ხელმძღვანელობდნენ შ. ხაჭომია, მ. ლაჭავა, ს. ელერდაშვილი, ი. ხელაძე, გ. საბაშვილი და სხვა სპეციალისტები.

1930 წლიდან დიდი მოცულობის ჰიდროგეოლოგიური სამუშაოები ჩატარდა საქართველოს გეოლოგიური სამმართველოს მიერ. სამუშაოებს ხელმძღვანელობდნენ გეოლოგები: ი. ბუაჩიძე, ნ. კანდელაკი, გ. საბაშვილი, ა. კალანდაძე, ა. კუხალიშვილი, პ. ქვარცხავა, ა. მარგალიტაძე, დ. კაჭარავა, თ. ფხაკაძე, ვ. სიხარულიძე, ი. ზვიადაძე, კ. მუხრანელი, ნ. ზალდასტანიშვილი, კ. დემანია, შ. წინილაშვილი, თ. ჩიტაია და სხვები.

საქველოლოგიის მიერ ჩატარებული ჰიდროგეოლოგიური სამუშაოების საფუძველზე გადაწყდა საქართველოს რეგიონების წყალმომარაგებასთან დაკავშირებული არაერთი საკითხი, შედგა სხვადასხვა მასშტაბის ჰიდროგეოლოგიური რუკები და მიწისქვეშა წყლების კადასტრები, აღმოჩენილ იქნა არტეზიული აუზები, დაძიებული იქნა მტკნარი, მინერალური და თერმული წყლების საბადოები.

ბორჯომის მინერალური წყლების შესწავლაში მონაწილეობას იღებდნენ მსოფლიოში ცნობილი მეცნიერები: ა. ოვჩინიკოვი, ა. ოგილვი (1934), წყალტუბოს მინერალური წყლების შესწავლაში – ნ. ოგილვი, ა. სილინ-ბეკჩურიანი (1936), ჯავის, შოვის და უნერას მინერალური წყლების შესწავლაში – ი. სლავიანოვი, ვ. სმირნოვი, აფხაზეთის მინერალური წყლების შესწავლაში – ა. გრიგოლია (1935) და სხვები.

1932 წლიდან საქართველოს კურორტოლოგიისა და ფიზიოთერაპიის ინსტიტუტმა ჩაატარა დეტალური სამუშაოები მინერალური წყლების და ბალნეოლოგიური კურორტების შესწავლის მიზნით: ბორჯომში, წყალტუბოში, თბილისში, მენჯში, ცაიშში, ნალვერში, ზვარეში, მახინჯაურში, ლუგელაში, სკურში, საირმეში, ნაბელავში, ბესლეთში, სანაპიროში, ტყვარჩელში, გორიჯვარში, ჯავაში და სხვ.

სხვადასხვა დროს ზემოაღნიშნულ სამუშაოებს კონსულტაციებს უწევდნენ და უშუალოდ მონაწილეობდნენ: ა. ჯანელიძე, ა. ოგილვი, ი. ბუაჩიძე, ს. ჩიხელიძე, ა. ოვჩინიკოვი, ნ. ოგილვი, ფ. მელივა, ლ. გეგეჭკორი, გ. ჯავახიშვილი, ს. მეტრეველი, მ. ფაღავა, დ. სარაჯიშვილი, ნ. ტარასაშვილი, შ. ნინილაშვილი, ტ. ჩიჩუა, დ. კაჭარავა, შ. ჩუბინიძე, ვ. ჯალიაშვილი, გ. ბუაჩიძე და სხვ.

მეორე მსოფლიო ომის დამთავრების შემდეგ საქართველოში ფართოდ გაიშალა ჰიდროგეოლოგიური სამუშაოები. მათ შორის აღსანიშნავია რეგიონალური ჰიდროგეოლოგიური აგეგმვები: დაძიებულ და გამოვლენილ იქნა სასმელი, მინერალური და თერმული წყლების მნიშვნელოვანი რესურსები.

1948 წელს ი. ბუაჩიძემ არსებული ჰიდროგეოლოგიური მასალის საფუძველზე შეადგინა საქართველოს ჰიდროგეოლოგიური დარაიონების სქემა, სადაც გამოყოფილ იქნა ალაზნის, იორის, ქართლის, კოლხეთის, მარნეული-გარდაბნის, არგვეთის, სამეგრელოს, კოდორის და ა.შ. არტეზიული აუზები.

საქართველოს ჰიდროგეოლოგიური დარაიონების სქემა 2003 წელს გადამუშავებულ იქნა გ. ბუაჩიძის, ბ. ზაუტაშვილის და ბ. მხეიძის მიერ.

1950 წლიდან დაიწყო საქართველოს ტერიტორიის საშუალო- და მსხვილმასშტაბიანი (1:50000 და 1:200000) ჰიდროგეოლოგიური აგეგმვები, მათ შორის სპეციალური დანიშნულებით (ლ. ხარატიშვილი, 1957-1962; თ. ლაზარაშვილი, 1965; ი. მიქაძე, 1967-1982).

ალაზნის არტეზიული აუზის ფარგლებში მეოთხეული და ნეოგენის ასაკის ნალექებში არტეზიული წყლების მიღების მიზნით პირველი საბურღი სამუშაოები დაიწყო 1944 წელს ჰიდროგეოლოგების ი. ბუაჩიძის, გ. ლობჯანიძის და ი. ზვიადაძის ხელმძღვანელობით. გაიბურღა 600-ზე მეტი ჭაბურღილი, რომელთა საფუძველზე 1952 წელს ი. ბუაჩიძის, ი. ზვიადაძის და სხვ. მიერ, ხოლო შემდგომში

## *ირაკლი მიქაძე*

ი. ბუაჩიძის და ს. ზედგინიძის (1958) მიერ თითოეული გამოვლენილი ჰორიზონტისათვის შეფასდა საექსპლუატაციო მარაგები. ჩატარებული სამუშაოების და ჰიდროგეოლოგიური კვლევების საფუძველზე გადაწყდა აღმოსავლეთ საქართველოს რიგი ქალაქებისა და რაიონების წყალმომარაგების საკითხი.

1947-1953 წლებში ტირიფონის ველზე ჩატარდა ჰიდროგეოლოგიური აგეგმვითი სამუშაოები, რომელიც გაგრძელდა 1959-1964 წლებში, რის შედეგადაც გამოყოფილ იქნა გრუნტის წყლების საბადო ლიახვის ხეობაში. ამით გადაწყდა ქ. გორის და რიგი დასახლებული პუნქტების წყალმომარაგების საკითხი.

1959 წლიდან დაიწყო კოლხეთის, წყალტუბოს, კოდორის და სხვა არტეზიული აუზების შესწავლა და ცალკეული საბადოების ფარგლებში მიწისქვეშა წყლების რესურსების გამოვლენა. გადაწყდა დასავლეთ საქართველოს რიგი ქალაქებისა და დასახლებული პუნქტების წყალმომარაგების საკითხი მიწისქვეშა წყლების გამოყენების ხარჯზე.

1952-1964 წლებში ჰიდროგეოლოგიური აგეგმვები, ბურღვითი სამუშაოების თანხლებით, ჩატარდა თბილისის და მარნეული-გარდაბნის არტეზიული აუზების ფარგლებში, გამოვლინდა წყალშემცველი ჰორიზონტები მეოთხეულ, მიოპლიოცენურ და ცარცული ასაკის ნალექებში.

თბილქალაქპროექტის მიერ (გ. ჩუბინიშვილის და სხვათა ხელმძღვანელობით) ჩატარდა ბულაჩაურის, ნატახტარის, საგურამოს, ჭოპორტი-მისაქციელის სასმელი წყლების საბადოების გაფართოება-რეკონსტრუქციის სამუშაოები, გარდა ამისა მდ. არაგვის ხეობის წყაროები და ზედაპირული წყლები გამოყენებულ იქნა ქ. თბილისის წყალმომარაგების მიზნით. ჰიდროწყალპროექტის და სახქალაქმშენის მიერ ანალოგიური სამუშაოები ჩატარდა ქალაქების – სოხუმის, ზუგდიდის, რუსთავის, ხაშურის და საქართველოს რაიონული ცენტრების წყალმომარაგების მიზნით.

1962-1963 წლებში თ. ხორბალაძისა და ს. ზედგინიძის მიერ შეფასებულ იქნა საქართველოს მტკნარი მიწისქვეშა წყლების საექსპლუატაციო მარაგები.

1954 წელს ი. ბუაჩიძის ხელმძღვანელობით შედგენილ იქნა საქართველოს ჰიდროგეოლოგიური რუკა, რომელიც 1964 წელს დაიბეჭდა „საქართველოს ატლასის“ რუკებთან ერთად.

მინერალური წყლების შესწავლას არაერთი ნაშრომი მიეძღვნა: ა. გრიგოლიას და შ. ჩუბინიძის – ავადხარასა და თბილისის თერმულ წყლებზე (1952), ვ. ჯალიაშვილის – ჯავის წყლებზე (1855-1958), ფ. მელივას – აფხაზეთის მინერალურ წყლებზე (1958), მ. ფალავას და ო. კეკელიას – მენჯზე და წყალტუბოს რადონიან წყლებზე, დ. კაჭარავას – აჭარის მინერალურ წყლებზე და ახტალის სამკურნალო ტალახებზე (1958) და სხვ.

მინერალური წყლების შესწავლის მიზნით დეტალური სამუშაოები ჩატარდა უკვე ცნობილ საბადოებზე თბილისში, წყალტუბოში, ჯავაში, მენჯში, აგრეთვე ახალ საბადოებზე (ავადხარა, თორღვას აბანო და სხვ.).

განსაკუთრებით აღსანიშნავია ს. ჩიხელიძის მიერ ჩატარებული გამოკვლევები, რომლებიც მიეძღვნა თბილისის თერმული წყლების და მინერალური წყლე-

ბის შესწავლას საქართველოს ტერიტორიაზე (1945-1960). ს. ჩიხელიძემ 1961 წელს შეადგინა ფუნდამენტალური ნაშრომი „საქართველოს მინერალური წყლები“, რომელიც გამოიცა „საქართველოს ბუნებრივი რესურსების“ მესამე ტომის სახით.

ი. ბუაჩიძის და ს. ჩიხელიძის მიერ გამოვლენილია (1961-1963) თერმული ჰორიზონტების გავრცელების ძირითადი კანონზომიერებები საქართველოში: გაკეთდა შესაბამისი პროგნოზები, რომელთა მიხედვით შემდგომში შესრულდა დეტალური სამუშაოები.

მნიშვნელოვანი სამუშაოები ჩატარდა ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს შესწავლისა და მისი საზღვრების გაფართოების მიზნით 1954-1956 წლებში. შედეგად გახსნილ იქნა ახალი სტრუქტურები ვაშლოვანი-ყვიბისის უბანზე.

1957-1960 წლებში აღმოჩენილ იქნა თერმული წყლების საბადოები ახალციხეში, ქვიშხეთსა და ახალდაბაში, ასევე ნაქალაქევის ესენტუკის ტიპის საბადო (დ. მშვენიერაძე, გ. გაგლოვეი, ს. ყენია, დ. ამაშუკელი, თ. ლაზარაშვილი).

საქართველოს ტერიტორიაზე 1:200000 მასშტაბის ჰიდროგეოლოგიური აგეგმის მასალების გაანალიზების საფუძველზე ლ. ხარატიშვილის მიერ გამოითქვა მოსაზრება მეოთხეული ნალექების არტეზიული წყლების მონაწილეობის შესახებ კოლხეთის დაბლობის დაჭაობების პროცესებში.

1967-1982 წლებში კოლხეთის დაბლობზე, მელიორაციის მიზნით, ჩატარდა 1:50000 მასშტაბის კომპლექსური ჰიდროგეოლოგიური და საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმითი სამუშაოები. შეიქმნა ჰიდროგეოლოგიური და საინჟინრო-გეოლოგიური რუკები და დარაიონების რუკა მელიორაციის მიზნით. განსაზღვრულ იქნა კოლხეთის დაბლობის დაჭაობებაში მონაწილე კვების წყაროები და მათ შორის მიწისქვეშა წყლების გრუნტის წყლებში გადადინებული მოცულობები უბნების მიხედვით, რომლებიც მონაწილეობას იღებენ დაჭაობების პროცესებში (ი. მიქაძე).

გარდა ამისა, გამოქვეყნებულია შემდეგი მონოგრაფიები ჰიდროგეოლოგიაში: საქართველოს ბუნებრივი რესურსები (1961), სსრკ ჰიდროგეოლოგია – საქართველოს სსრ, ტ. X (1970); საქართველოს მინერალური წყლების გეოლოგია და გეოქიმია (1976); საქართველოს გეოთერმული პირობები და თერმული წყლები (1980) და სხვა შრომები, რომლებმაც მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა საქართველოს ჰიდროგეოლოგიური პირობების შესწავლის საქმეში (16).

## თავი II

### მინისქვეშა წყლები – დედამიწის ჰიდროსფეროს ელემენტი

დედამიწის აგებულებაზე დღევანდელი შეხედულებების თანახმად, ბირთვის გარს აკრავს მანტია და ქერქი (შიდა გარსი), ჰიდროსფერო და ატმოსფერო (გარე გარსი). გარდა ამისა, მეცნიერებაში ცნობილია დედამიწის შემდეგი გარსები: ბიოსფერო (პლანეტის ცოცხალი ორგანიზმების გავრცელების სფერო) და ნოსფერო. ეს ტერმინი შემოიტანა ვერნადსკიმ, რომლის მიხედვით ნოსფერო ადამიანის სიცოცხლისა და მოღვაწეობის სფეროა.

ჰიდროსფერო არის დედამიწის წყლის გარსი, რომელიც აერთიანებს მსოფლიო ოკეანეს, მინისქვეშა წყლებსა და ხმელეთის ზედაპირულ წყლებს (მდინარეები, ტბები, ჭაობები, თოვლი და მყინვარები). გარდა ამისა, წყალი მისი მოლეკულის სახით შედის ატმოსფეროს შედგენილობაში, ცოცხალ ორგანიზმებში და, შესაძლოა, მანტიაშიც.

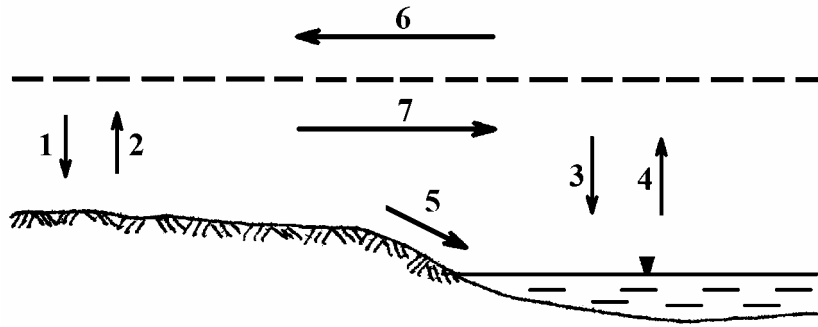
ჰიდროსფეროს ძირითადი შიდა პროცესია წყლის ბრუნვა და წყალცვლა ბუნებაში სხვადასხვა დონეებზე და სხვადასხვა მასშტაბებში (იხ. ნახ. 1).

მსოფლიო წყლის ბალანსის გამოთვლების მიხედვით დედამიწის ჰიდროსფერო შეიცავს 2500 მლნ კმ<sup>3</sup> წყლის მასას, მათ შორის (პ. კლიმენტოვი, 1977):

1. მსოფლიო ოკეანე – 1 338 მლნ კმ<sup>3</sup> (55,5%).
2. მინისქვეშა წყლები – 1 050 მლნ კმ<sup>3</sup> (43,5%) – გავრილენკოს და დერგოლცის გამოთვლებით (1971).
3. მყინვარები – 24 012 ათასი კმ<sup>3</sup> (1,0%).
4. ტბები – 176,4 ათასი კმ<sup>3</sup> (0,007%).
5. ჭაობები – 10,3 ათასი კმ<sup>3</sup> (0,0004%).
6. მდინარეები – 2,1 ათასი კმ<sup>3</sup> (0,0001%).
7. ატმოსფეროს წყალი – 12,9 ათასი კმ<sup>3</sup> (0,0005%).
8. წყალი ცოცხალ ორგანიზმებში – 1,1 ათასი კმ<sup>3</sup> (0,00005%).

არსებობს სხვა მოსაზრებაც, სახელდობრ, ჰიდროსფეროს საერთო მოცულობის 94% მოქცეულია ოკეანეებსა და ზღვებში, 4% – მინისქვეშა წყალია, 2% – ყინული და თოვლი, 0,4% – ხმელეთის ზედაპირული წყლები, ხოლო უმნიშვნელო რაოდენობა – ატმოსფეროსა და ორგანიზმებშია (ფ. რამად, 1981).





ნახ. 1. წყლის ბრუნვა ბუნებაში

- 1 – ხმელეთზე მოსული ნალექები;
- 2 – აორთქლება ხმელეთიდან;
- 3 – ოკეანის ზედაპირზე მოსული ნალექები;
- 4 – აორთქლება ოკეანის ზედაპირიდან;
- 5 – ზედაპირული ნაკადი (ზედაპირული ნაკადი ტოლია ატმოსფერული ტენის ნაკადის სხვაობისა ოკეანიდან ხმელეთისაკენ და ხმელეთიდან ოკეანისაკენ);
- 6 – ატმოსფერული ტენის ნაკადი ოკეანიდან ხმელეთისაკენ;
- 7 – ატმოსფერული ტენის ნაკადი ხმელეთიდან ოკეანისაკენ

დედამიწის ჰიდროსფეროს წარმოშობა მეცნიერების მიერ ახსნილია მანტიის ნივთიერებების დეგაზაციით (ა. ვინოგრადოვი). ამ გზით წარმოქმნილია წყალმა მიიღო იუვენური (პირველადი) წყლის სახელწოდება. იუვენური წყლების ძირითადი ნაწილი წარმოიქმნა არქაული ერის პერიოდში (ა. ვინოგრადოვი, ვ. სტრახოვი, მ. სიდორენკო და სხვ.). სხვა მეცნიერები თვლიან, რომ ჰიდროსფეროს ფორმირება მიმდინარეობს განუწყვეტლივ. მისი ზრდის საშუალო სიდიდე შეადგენს 0,5 კმ<sup>3</sup>/წელიწადში. მეცნიერების ნაწილი თვლის, რომ ჰიდროსფერო წარმოიქმნა მეტეორიტების საშუალებით, რომლებიც ბომბავდნენ დედამიწას ადრეულ ხანაში (დერგოლცი, 1962).

ბუნებაში წყლის ბრუნვის ელემენტებია: ატმოსფერული ნალექები, კონდენსაცია, აორთქლება და ზედაპირული ჩამონადენი. ამ ელემენტების საშუალებით გამოითვლება წყლის ბალანსი:

$$X+K\pm\Delta Y-Z_1-Z_2\pm\Delta W=\pm\Delta U,$$

სადაც

X ატმოსფერული ნალექებია;

K – კონდენსაცია;

$\Delta Y$  – ზედაპირული წყლების შემოსვლისა და გადინების სხვაობა;

$Z_1$  – აორთქლება ზედაპირული წყლებიდან (ოკეანეები, ზღვები, მდინარეები, ტბები და ა.შ.);

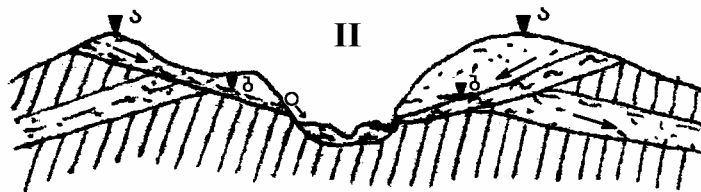
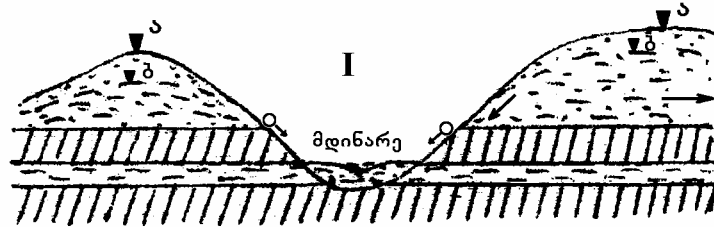
$Z_2$  – ჯამური აორთქლება ხმელეთიდან;

**ირაკლი მიქაძე**

W – ზედაპირული წყლების დედამიწაში ჩაჭონვასა და ზედაპირზე მათი ამოსვლას შორის სხვაობა;

$\Delta U$  – წყლის მარაგების ცვლილება საბალანსო უბნის ფარგლებში.

ატმოსფერული ნალექები ეწოდება ატმოსფეროში წყლის ორთქლისაგან წარმოქმნილ და დედამიწის ზედაპირზე მოსულ თხევად და მყარ წარმონაქმნებს – წვიმის, თოვლის, სეტყვისა და ნამის სახით.



ნახ. 2. მიწისქვეშა და ზედაპირული წყალშემკრები აუზების თანაფარდობა:

- I – ზედაპირული და მიწისქვეშა წყალშემკრები აუზები ერთმანეთს ემთხვევა;
- II – ზედაპირული და მიწისქვეშა წყალშემკრები აუზები ერთმანეთს არ ემთხვევა;
- ა – ზედაპირული ნაკადის აუზები; ბ – მიწისქვეშა ნაკადის აუზები;
- 1 – ქვიშა; 2 – ქვიშა შევსებული წყლით; 3 – თიხა; 4 – გრუნტის წყლის დონე;
- 5 – გრუნტის წყლის ნაკადის მიმართულება; 6 – თიხნარი;
- 7 – წყაროს გამოსავალი

დედამიწის ზედაპირზე დროის ერთეულში მოსული ატმოსფერული ნალექები იზომება მოცულობითი მეთოდით ( $\text{სმ}^3, \text{მ}^3, \text{ლ}$ ) ან შრის სისქით ( $\text{მმ}, \text{სმ}, \text{მ}$ ).

ატმოსფერულ ნალექებზე დაკვირვებისას იყენებენ ე.წ. ნორმას – საშუალო მრავალწლიურ რაოდენობას, რომლის მიხედვითაც განასხვავებენ ნორმაზე მცირე და უხვნყლიან წლებს.

აორთქლება ეწოდება წყლის ან ხმელეთის ზედაპირიდან წყლის ორთქლის წარმოქმნას. **აორთქლიანობა** არის მოცემულ მეტეოროლოგიურ პირობებში მაქსიმალური შესაძლო აორთქლება.

ასხვაგვარად აორთქლების 2 სახეს: წყლის ზედაპირიდან და ხმელეთის ზედაპირიდან, რომელშიც შედის აორთქლება მცენარეთა ფოთლებიდან (ტრანსპირაცია).

აორთქლების დროს წყლის მოცულობა ისევე იზომება, როგორც ატმოსფერული ნალექების შემთხვევაში (სმ<sup>3</sup>, მ<sup>3</sup>, ლ) ან შრის სისქით (მმ, სმ, მ).

ზედაპირული ჩამონადენი ეწოდება დედამიწის ზედაპირზე გამდინარე წყლებს. გამოიყოფა ფერდობის დროებითი ნაკადები და მუდმივი ნაკადების მქონე მდინარეები.

ხმელეთის წყლის ბალანსის ანგარიშის დროს მხედველობაში მიიღება როგორც ზედაპირული ჩამონადენი, ასევე მიწისქვეშა წყლები.

მიწისქვეშა ნაკადს გააჩნია თავისი წყალშემკრები აუზი, რომელიც სხვადასხვა გეოლოგიურ პირობებში შეიძლება არ დაემთხვეს ზედაპირულ წყალშემკრებს (ნახ. 2).

მდინარის ნაკადის სიდიდე შეიძლება განისაზღვროს ნებისმიერ კვეთში დროის გარკვეულ მონაკვეთში გამავალი წყლის რაოდენობით (მ<sup>3</sup>/წმ, მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში).

მდინარის ნაკადის შეფარდებას წყალშემკრები აუზის ფართობთან ნაკადის მოდული ეწოდება:

$$M = 1000 \frac{Q}{F} \text{ ლ/წმ/კმ}^2,$$

სადაც Q მდინარის ხარჯია საკვლევ კვეთში, მ<sup>3</sup>/წმ;

F – წყალშემკრები აუზის ფართობი კვეთის ზევით, კმ<sup>2</sup>.

ასევე გამოყოფენ ნაკადის შრეს, რომელსაც გამოითვლიან წლიურ ქრილში (დეკადა, თვე, სეზონი):

$$V = 1000 \frac{Q}{F},$$

სადაც V ნაკადის შრეა, მმ/წელიწადში;

Q – ნაკადის მოცულობა, მ<sup>3</sup>/წელიწადში;

F – წყალშემკრები აუზის ფართობი, კმ<sup>2</sup>.

მდინარის ნაკადი შეიძლება დახასიათდეს ნაკადის კოეფიციენტით, რომელიც ნაკადის შრისა და იმავე პერიოდში მოსული ატმოსფერული ნალექების ჯამის შეფარდებაა:

$$K = \frac{V}{X} 100\%,$$

სადაც K მდინარის ნაკადის კოეფიციენტი;

V – ნაკადის შრის სისქე, მმ/წელიწადში;

X – ატმოსფერული ნალექები, მმ/წელიწადში.

### ირაკლი მიქაძე

მდინარის ხარჯის ცვალებადობის გრაფიკს წლიურ ჭრილში **ჰიდროგრაფი** ეწოდება. იგი გამოხატავს მდინარის კვების ელემენტების (წვიმის, მყინვარების, მიწისქვეშა წყლებისა და სხვ.) დამოკიდებულებას მის რეჟიმთან. ჰიდროგრაფის საშუალებით შეიძლება დახასიათებულ იქნეს მდინარე მოცემულ კვეთში წლის ნებისმიერ დროს.

ანალოგიური მიზნით გამოიყენება ფორმულა:

$$Q = \frac{V}{N},$$

სადაც Q მდინარის საშუალო წლიური მახასიათებელია;

V – მდინარის ნაკადის წლიური მოცულობა, მ<sup>3</sup>;

N – დღეების რაოდენობა, დღ/წელიწადში.

ამ ფორმულით ყოველი გარკვეული ხარჯისათვის გამოითვლება მოდული, შრის სიდიდე და მდინარის ნაკადის კოეფიციენტი.

განსაზღვრული წყალშემკრები აუზის მქონე მდინარის წყლის ბალანსი შემკრები კვეთისათვის შეიძლება გამოითვალოს ტოლობით:

$$Y=X-Z\pm W\pm U,$$

სადაც Y მდინარის ნაკადის სიდიდეა შემკრებ კვეთში;

X – ატმოსფერული ნალექები;

Z – ჯამური აორთქლება მდინარის აუზიდან კონდენსაციის გამოკლებით;

W – სხვაობა ჩაჟონვასა და მიწისქვეშა წყლების განტვირთვას შორის;

U – ზედაპირული წყლების მარაგის ცვალებადობა წყალშემკრებ აუზში.

ტოლობის ყველა შემადგენელი გამოსახულია მ<sup>3</sup>-სა და მმ-ში.

გამომდინარე ზემოქმულიდან, მიწისქვეშა წყლები მდინარის ხარჯის ცვლილების ერთ-ერთი ელემენტია. რიგ შემთხვევებში მდინარე კვებავს მიწისქვეშა წყლებს, ან ეს პროცესი მიმდინარეობს პირიქით – მდინარე ახდენს მიწისქვეშა წყლების დრენირებას. ორივე შემთხვევა წლის განმავლობაში აისახება მდინარის ხარჯის ცვალებადობაზე.

### თავი III

#### მიწისქვეშა ჰიდროსფეროს აგებულება

ლითოსფეროში გავრცელებულია მრავალი სახეობის წყალი. ქანებში წყლის სახეობებს შეისწავლიდნენ მეცნიერები: ო. მინცერი, ა. ლებედევი, ვ. პრიკლონსკი, ა. როდე, ა. სილინ-ბეკურინი, ვ. სერგეევი, ნ. ტოლსტიხინი, ე. პინეკერი და სხვ.

მეცნიერთა აზრით, მიწისქვეშა წყლები იყოფა 2 ჯგუფად:

1) წყალი თავისუფალ მდგომარეობაში (ორთქლი, გრავიტაციული წყალი, წყალი ზეკრიტიკულ მდგომარეობაში);

2) წყალი დაკავშირებულ (ადსორბციული, ოსმოსური და კაპილარული), ვაკუალურ და მყარ მდგომარეობაში.

წყლები თავისუფალ მდგომარეობაში გვხვდება შემდეგი სახით:

1) ორთქლი (ორთქლისებური);

2) გრავიტაციული (ჩაჟონვის უნარით, წვეთოვან-თხევადი და მიწისქვეშა ნაკადები);

3) ზეკრიტიკულ მდგომარეობაში.

წყლები დაკავშირებულ მდგომარეობაში გვხვდება 4 სახის:

1) წყლები, ფიზიკურად დაკავშირებული ქანების მინერალური ნაწილაკების ზედაპირთან (ჩონჩხთან): მტკიცედ დაკავშირებული, სუსტად დაკავშირებული, ოსმოსური და კაპილარულად დაკავშირებული;

2) ქანებთან ქიმიურად დაკავშირებული (კრისტალიზაციური, ცეოლიტური, კონსტიტუციური) წყლები;

3) იმობილიზებული (ვაკუალური) წყლები;

4) წყლები მყარ მდგომარეობაში.

წყლები ორთქლისებურ მდგომარეობაში გვხვდება ჰაერში წყლის მოლეკულების სახით, რომლებიც იკავებენ ქანების სიცარიელებს, როცა ქანი სრულად არ არის გაჯერებული წყლით.

**თავისუფალი გრავიტაციული წყლების** მოძრაობა განპირობებულია სიმძიმის ძალით ან ჰიდროსტატიკური წნევის გრადიენტით. წყლებს ჩაჟონვის უნარი გააჩნიათ წყლით გაუჯერებელ გარემოში, სადაც ისინი უმეტესად გადაადგილდებიან წვეთოვან-თხევადი სახით სიმძიმის ძალის გავლენით. მიწისქვეშა ნაკადები თავისუფალი გრავიტაციული წყლებია, როდესაც ქანები გაჯერებულია წყლით და ისინი გადაადგილდებიან ან გრავიტაციული ძალით, ან ჰიდროსტატიკური წნევის გრადიენტით.

## ირაკლი მიქაძე

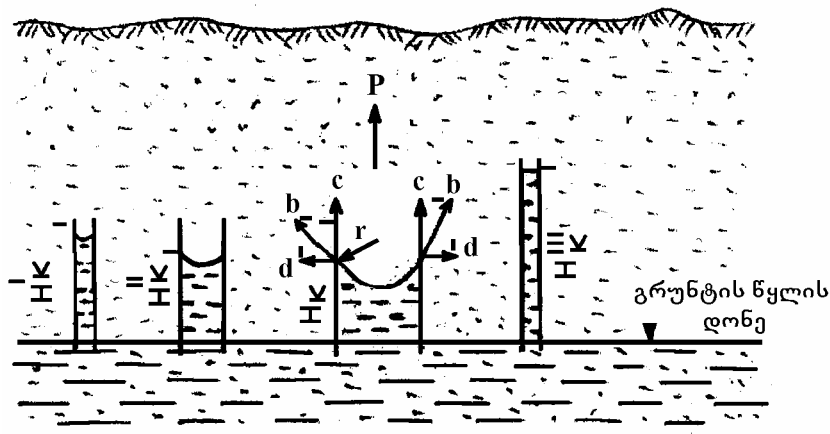
**წყლები ზეკრიტიკულ მდგომარეობაში** იმყოფება მაღალი ტემპერატურისა და წნევის პირობებში. წყლის სუფთა მოლეკულისათვის კრიტიკული ტემპერატურა უდრის  $374^{\circ}\text{C}$ -ს, წნევა –  $2,2 \times 10^4$  პასკალს.

**დაკავშირებული წყლები** წარმოიქმნება ელექტროსტატიკური და მოლეკულარული ძალების ზეგავლენით და დაკავშირებულია ქანების ნაპრალებსა და ფორებთან ზედაპირული დაჭიმულობის ძალებით.

მტკიცედ დაკავშირებული წყლები წარმოიქმნება ქანების მინერალური ნაწილაკების ზედაპირზე ადსორბციული ძალების ზეგავლენით.

**ოსმოსური წყალი** ფორმირდება მტკიცედ დაკავშირებული წყლების ზედაპირზე.

**კაპილარული წყლები** დაკავშირებულია ქანების ნაპრალებსა და ფორებთან ზედაპირული დაჭიმულობის ძალებით, გადასცემს ჰიდროსტატიკურ დაწნევას, მაგრამ არ გადაადგილდება სიმძიმის ძალის გავლენით და ძირეულად განსხვავდება თავისუფალი გრავიტაციული წყლისაგან (ნახ. 3).



ნახ. 3. გრუნტის წყლის ჰორიზონტიდან კაპილარული წყლების მდებარეობის სქემა

წყლების კაპილარული აწევის სიდიდე დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე. მისი სიდიდე განისაზღვრება თეორიულად (ფორმულებით) და ლაბორატორიულ პირობებში.

კაპილარულ მილში კაპილარული წყლების აწევის სიდიდე პირდაპირპროპორციულია მილის ზედაპირული დაჭიმულობის და დასველების კუთხის და უკუპროპორციულია მისი რადიუსის, სითხის სიმკვრივის და სიმძიმის ძალის აჩქარების:

$$H_k = \frac{2\sigma \cos \alpha}{r\rho g},$$

სადაც  $H_k$  კაპილარული აწევის სიდიდეა, სმ;

- σ – ზედაპირული დაჭიმულობა, დინ/სმ;
- α – კუთხე მილის კედელსა და b ძალას შორის (იხ. ნახ. 2);
- r – მილის რადიუსი, სმ;
- p – ხსნარის სიმკვრივე, გ/სმ<sup>3</sup>;
- g – სიმძიმის ძალის აჩქარება, სმ/წმ<sup>2</sup>.

წყლების კაპილარული ანევის სიდიდე ლაბორატორიულ პირობებში ქვიშებისათვის განისაზღვრება მინის მილის და კაპილარიმეტრის (მაგალითად, გ. კამენსკის კაპილარიმეტრი) საშუალებით.

ქვევით მოცემულია წყლების კაპილარული ანევის ზღვრული სიდიდეები (სმ) სხვადასხვა ქანებისათვის:

ქვიშა:	
მსხვილმარცვლოვანი .....	2,0-3,5
საშუალომარცვლოვანი .....	12,0-35,0
წვრილმარცვლოვანი .....	35,0-120,0
ქვიშნარი .....	120-350
თიხნარი .....	350-650
მსუბუქი თიხა .....	650-1200

**ქანებთან ქიმიურად დაკავშირებული წყლები** მოლეკულების სახით მონაწილეობენ მინერალების კრისტალური ბადის ან რთული მინერალური შენაერთების აგებულებაში. თუ წყალი შედის მინერალების კრისტალური ბადის შედგენილობაში მოლეკულების სახით, ეწოდება **კრისტალიზაციური**. ზოგ მინერალში წყლის მოლეკულების მოცილება ხდება კრისტალური ბადის დარღვევის გარეშე, ასეთ შემთხვევაში საქმე გვაქვს **ცეოლიტურ წყალთან**.

თუ წყალი მინერალებსა და მინერალურ ნაერთებში ჰიდროქსილისა და წყალბადის იონების სახითაა, მას **კონსტიტუციური** ეწოდება.

იმობილიზებული (ვაკუალური) წყლები გვხვდება ქანების მინერალური ბადის იზოლირებულ სივრცეებში (ვაკუოლებში).

წყალი მყარ მდგომარეობაში ფართოდაა გავრცელებული გამყინვარების ზონებში და სეზონური გაყინვის შრეებში.

ქანებში წყლის რაოდენობა და მისი ფაზური მდგომარეობა, ფართო გაგებით (სხვადასხვა წყლების განაწილება და მოძრაობა), განისაზღვრება დედამიწის ქერქის თერმოდინამიკური პირობებით, მისი ძირითადი სტრუქტურული ელემენტების აგებულებით, გეოლოგიური განვითარების ისტორიით, ქანების შედგენილობით, თვისებებით, ხოლო ქერქის ზედა ნაწილში რელიეფით, ჰიდროგრაფიით და კონკრეტული ტერიტორიის კლიმატური პირობებით.

დედამიწის ქერქის ჰიდროგეოლოგიურ ჭრილში გამოიყოფა შემდეგი ზონები: აერაციის, კრიოლითოზონა, წყლით გაჯერებული და ზეკრიტიკულ მდგომარეობაში მყოფი მინისქვეშა წყლების ზონა.

აერაციის ზონა ქანების ჭრილის ზედა ნაწილია, რომელიც არ არის გაჯერებული წყლით. მისი სიმძლავრე იზომება რამდენიმე სანტიმეტრიდან (დაბლობში)

## *ირაკლი მიქაძე*

200-250 მ-მდე და მეტით (დანაწევრებულ მთიან რეგიონებში). აერაციის ზონის ქვედა საზღვრად მიღებულია გრუნტის წყლის სარკე. ეს ტერმინი შემოღებულია ამერიკელი ჰიდროგეოლოგის ო. მენსცერის მიერ 1933 წელს.

**კრიოლითოზონა**, როგორც მიწისქვეშა ჰიდროსფეროს დამოუკიდებელი ელემენტი, გამოიყოფა მარადმზრალ ქანებში დედამიწის ჩრდილოეთ და სამხრეთ ნახევარსფეროებში და მაღალმთიან რაიონებში. ეს ზონა ძირითადად მოიცავს აერაციის ზონის ნაწილსა და წყლით გაჯერებული ზონის ზედა ნაწილს. მისი სიმძლავრე იცვლება რამდენიმე მეტრიდან 1000-1500 მ-მდე და უფრო ღრმად (რომანოვსკი, 1983). ამ ზონაში მიწისქვეშა წყლების ძირითადი მასა იმყოფება მყარ მდგომარეობაში (ყინული, გაზური ჰიდრატები). გვხვდება აგრეთვე ფიზიკურად დაკავშირებული წყლები, რომლებიც იყინება 0°C-ზე დაბალ ტემპერატურაზე.

**წყლით გაჯერებული ზონა** მოიცავს მიწის ქერქის ზედა ნაწილს პირველი წყალშემცველი ჰორიზონტის დონიდან 8-20 კმ სიღრმემდე, სადაც, თანამედროვე შეხედულებით, წყალხსნარების ტემპერატურა და წნევა კრიტიკულ ზღვართან ახლოსაა. ამ ზონაში ქანების მინერალური ბადის თავისუფალი ნაწილი (ფორები, ნაპრალები, კავერნები და ა.შ.) სრულად შევსებულია თავისუფალი გრავიტაციული წყლებით და ქანების მინერალური ნაწილაკების ზედაპირთან ფიზიკურად დაკავშირებული წყლებით, იმ ზონების გამოკლებით, რომლებიც დაკავებულია გაზებით, თხევადი ნახშირწყლებით ან ორთქლისა და წყლის ნარევით.

მიწის ქერქის ქვედა ნაწილი ზედა მანტიის საზღვრამდე განიხილება როგორც ზონა, რომელიც შეიცავს მიწისქვეშა წყლებს **ზეკრიტიკულ მდგომარეობაში** (ე. პინეკერი). მისი სიმძლავრე კონტინენტის ფარგლებში აჭარბებს 20-30 კმ-ს.

მიწისქვეშა წყლების მოძრაობა მიწის ქერქში პლანეტაზე წყლის საერთო ბრუნვის შემადგენელი ნაწილია.

მიწის ქერქში წყლების მოძრაობის 2 ძირითადი მიმართულებაა ცნობილი: ჰიდროგეოლოგიური და გეოლოგიური.

**ჰიდროგეოლოგიური** მიმართულება კლიმატურის შემადგენელი ნაწილია. იგი მოიცავს ორთქლის გადაადგილებას აერაციის ზონაში, წყლის გადასვლას მყარი მდგომარეობიდან თხევადში და პირიქით, აგრეთვე ორთქლის, ფიზიკურად დაკავშირებული და თავისუფალი გრავიტაციული წყლების მოძრაობას წყლით გაჯერებულ ზონაში. მიწისქვეშა მიმდინარე ეს პროცესები მჭიდროდაა დაკავშირებული პროცესებთან, რომლებიც მიმდინარეობს ატმოსფეროში და დედამიწის ზედაპირულ ჰიდროსფეროში, ხოლო ზეკრიტიკული წყლების ზონის საშუალებით – პროცესებთან დედამიწის ქერქის ქვედა ნაწილსა და მანტიის ზედა ნაწილში.

**გეოლოგიური** მიმართულების შემთხვევაში იგულისხმება მიწისქვეშა წყლები, რომელთა წარმოშობა დაკავშირებულია ხსნარების განამარხებასა და გამონურვასთან. დანალექი ქანების ღრმა გეოლოგიურ სტრუქტურებში შემდგომი დაძირვის შემთხვევაში, სადაც დანალექი ქანების სიმძლავრე 10-15 კმ და მეტია,



მიმდინარეობს მეტამორფიზაციის პროცესი, სადაც ხდება მინისქვეშა წყლების მეორეული გამონურვა.

გეოლოგიური წყალცვლის მეორე ნაწილია რიფტულ ზონებში ოკეანეების წყლების მოხვედრა ღრმა ჰორიზონტებში და მათი ურთიერთქმედება მანტიასთან.

წყლის ჰიდროგეოლოგიური და გეოლოგიური წყალცვლა მიმდინარეობს მათი მჭიდრო ურთიერთკავშირის ფონზე.

ატმოსფერული წყლები გეოლოგიურ წყალცვლაში მონაწილეობს ახალი ნალექების ფორმირებისა და თავისუფალი გრავიტაციული წყლების ფილტრაციით რეგიონალური რღვევების მეშვეობით.

მეორე მხრივ, სედიმენტაციური, მეტამორფული და მაგმოგენური წყლები, გადადის რა თავისუფალ მდგომარეობაში აღმავალი ფილტრაციის გზით ტექტონიკური რღვევებისა და ღრმა ნაპრალების საშუალებით, უერთდება მინისქვეშა წყლების ნაკადს და მონაწილეობს ჰიდროსფეროს ერთიან ბრუნვაში.

**მეტამორფოგენური მინისქვეშა წყლები** წარმოიქმნება მეტამორფიზმის დროს დანალექი ან მაგმური ქანებიდან დაკავშირებული წყლების გამოყოფის შედეგად. ქანების განყოფილება ჩვეულებრივ მიმდინარეობს მაგმურ კერებთან ან დიდ სიღრმეებზე, მაღალი ტემპერატურისა და წნევის ქვეშ. ასეთი წყლები შემდგომ მონაწილეობს წყლის საერთო მიმოქცევაში.

მინისქვეშა წყლების გენეზისის დადგენა ერთ-ერთი რთული და მნიშვნელოვანი საკითხია. მინისქვეშა წყლები, როგორც წესი, პოლიგენეტიკურია და იმის განსაზღვრა, თუ რომელი მათგანია პრიორიტეტული, შესწავლის უმნიშვნელოვანესი მხარეა.

შედარებით მარტივია არაღრმა (2 კმ-მდე) წარმოშობის ინფილტრაციული და სედიმენტაციური მინისქვეშა წყლების გენეზისი.

პალეოჰიდროდინამიკური კვლევა საშუალებას იძლევა რაოდენობრივად შევაფასოთ მინისქვეშა წყლების ფორმირებაში ამა თუ იმ წარმოშობის წყლების მონაწილეობის საკითხი.

მინისქვეშა წყლების გენეზისის დასადგენად შეისწავლიან წყალბადის, ჟანგბადის და წყალში გახსნილი ნივთიერებების (ნახშირბადის, გოგირდის, კალციუმის, სტრონციუმის, არგონის, კალიუმის და სხვ.) იზოტოპურ შედგენილობას. ამ კვლევის საფუძველია პირველადი იზოტოპური შედგენილობის მუდმივობის დაშვება. როგორც ცნობილია, მინისქვეშა წყლებში მიმდინარე პროცესების შედეგად (აორთქლება, გაყინვა, კონდენსაცია, დიფუზია და სხვ.) ხდება მსუბუქი და მძიმე იზოტოპების ფრაქციული დაყოფა. შესაბამისად, მსუბუქი ფრაქციის იზოტოპები მიგვანიშნებენ მინისქვეშა წყლების ეგზოგენური (ინფილტრაციული), ხოლო მძიმე ფრაქციის იზოტოპები – ენდოგენური (მაგმური და მეტამორფული) წარმოშობის წყლებზე.

მინისქვეშა წყლების ასაკში იგულისხმება დრო წყალშემცველ ჰორიზონტში წყლის მოხვედრიდან მის ზედაპირზე გამოვლინებამდე. არჩევენ მინისქვეშა წყლების ასაკის განსაზღვრის 3 ძირითად მეთოდს: ჰიდროგეოდინამიკურს, ინერტული გაზებისა და რადიოგენული იზოტოპების.

### *ირაკლი მიქაძე*

ჰიდროგეოდინამიკური მეთოდი ემყარება ფენებრივი მიწისქვეშა წყლების თანამედროვე მოძრაობის სიჩქარის გამოყენებას.

ინერტული გაზების მეთოდი გამოიყენება შედარებით ძველი წყლების ასაკის (მლნ და მეტი) დასადგენად. ამ თვალსაზრისით ჰიდროგეოლოგიურ კვლევებში ფართოდ გამოიყენება He/Ar ფარდობა (ვ. სავჩენკოს ფორმულა). ამ მეთოდის არსი ისაა, რომ არგონი ძირითადად ატმოსფერული წარმოშობისაა და დროის განმავლობაში თითქმის არ იცვლება, ხოლო ჰელიუმი, როგორც რადიოგენული გაზი, თანდათან გროვდება მიწისქვეშა წყლებში, ე.ი. რაც დიდია კოეფიციენტი, მით მეტია წყლის ასაკი.

რადიოგენული იზოტოპების მეთოდით მიწისქვეშა წყლების ასაკი დგინდება ე.წ. „არსებობის მცირე პერიოდის“ მქონე იზოტოპების დახმარებით. ეს იზოტოპები მოკლე დროის განმავლობაში განუწყვეტლივ წარმოიქმნებიან ატმოსფეროში, რომელთა ასაკი ერთეული წლებიდან რამდენიმე ათას წლამდეა. ამიტომ მათ იყენებენ ახალგაზრდა მიწისქვეშა წყლების ასაკის დასადგენად და არტეზიულ აუზებში მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის სიჩქარის განსაზღვრის დროს.

## თავი IV

### ქანების ფიზიკური და წყლოვანი თვისებები

ქანების ძირითადი ფიზიკური და წყლოვანი თვისებებია ტენზომცველობა და გამტარუნარიანობა (წყალშელწვეადობა). ისინი დამოკიდებულია ქანების ჩონჩხში არსებულ თავისუფალ სივრცეზე, რომელიც არ არის შევსებული მინერალური ნივთიერებებით.

ქანის ჩონჩხში არსებულ თავისუფალ სივრცეს ეწოდება ფორიანობა და რაოდენობრივად განისაზღვრება კოეფიციენტით:

$$n = \frac{v}{v^1} 100\% ,$$

სადაც  $v$  ყველა სიცარიელის საერთო მოცულობაა, რომელიც არსებობს ქანის მოცემულ ელემენტში;

$v^1$  – ქანის საერთო მოცულობა.

ღია ფორიანობის დროს სიცარიელები დაკავშირებულია ერთმანეთთან.

ეფექტური (დინამიკური) ფორიანობა ღია სიცარიელების შეფარდებაა, რომლებშიც ხდება გრავიტაციული წყლის მოძრაობა, ქანის მთლიან მოცულობასთან. საერთო, ღია და ეფექტური ფორიანობის სიდიდეები განისაზღვრება თანაფარდობით:

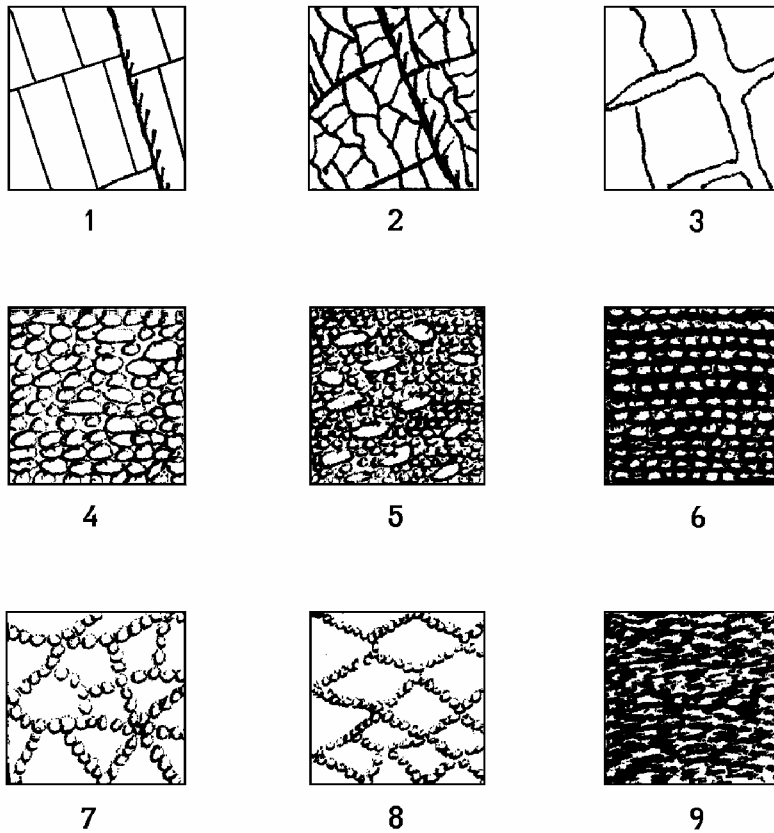
$$n^s > n^r > n^{ef} ,$$

სადაც  $n^s$  – საერთო,  $n^r$  – ღია და  $n^{ef}$  – ეფექტური ფორიანობაა.

ქანები განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ფორიანობით, ნაპრალიანობით და კავერნების არსებობით.

ფორიანია ქანები, თუ მათში თავისუფალი სივრცე წარმოდგენილია სხვადასხვა ზომის (პირობითად  $< 1,0$  მმ) იზომეტრიული ფორმის სიცარიელებით.

ტიპურ ფოროვან ქანებს განეკუთვნება ნატეხოვანი (კლასტური) ქანები.



ნახ. 4. ქანებში არსებული ფორების სხვადასხვა სახეები:

1 – კლდოვანი ქანი ცალკეული სტრუქტურული ფორებითა და ნაპრალებით; 2 – კლდოვანი ქანი, რომელშიც ფორიანობა გაზრდილია გამოფიტვის პროცესების შედეგად; 3 – ქანი კავერნებითა და მსხვილი სიცარიელებით, რომლებზეც მოქმედებს გამოფიტვისა და დაშლის პროცესები; 4 – ფხვიერი ქვიშური ქანი შედარებით კარგად დახარისხებული მარცვლებით და მაღალი ფორიანობით; 5 – ფხვიერი ქვიშური ქანი მცირე ფორიანობით, რომელიც გამოწვეულია არათანაბარი მარცვლებით; 6 – ქვიშური ქანი მცირე ფორიანობით, სადაც ფორები შემოსაზღვრულია ცემენტით; 7 – ლიოსისმაგვარი ქანი მიკრო- და მაკროფორიანობით; 8 – მიკროფორიანი თიხური ქანი; 9 – შემკვრივებული, მცირედ ფორიანი თიხური ქანი

ნატეხოვანი ქანების საერთო ფორიანობა განისაზღვრება ნაწილაკების ფორმით, მათი შემჭიდროების სიდიდითა და დახარისხებით. საერთო ფორიანობა მცირდება შემჭიდროებისა და ცემენტაციის საშუალებით.

ნაპრაღური ტიპის სიცარიეღეეღი დამახასიათებღია ლატიფიციღრებულ დანალეღი (როდესაც ქანებს არ ახასიათებს პირვეღადი სედიმენტაციური ფორიანობა), მეტამორფული და მაღმური ქანებისათვის.

ნაპრაღიანობის ძირითადი გენეტიკური ტიპებღია:

– ეგზოგენური, რომელიც გვხვდებღა გეოლოგიური ჭრიღის ზედა ნაწიღში ქანების გამოფიცივის შედეგად;

– ტექტონიკური, რომელიც ფორმირდებღა ტექტონიკური ძაღების გავღენის შედეგად;

– დიავენეტური, რომელიც წარმოიქმნებღა დანალეღი ქანების ლიტიფიკაციის (ციმენტაციის, შემჭიდროების) შედეგად;

– სინგენეტური, რომელიც ფორმირდებღა მაღმური ქანების გაციღებისა და მოციუღობის შემციღების შედეგად.

**კავერნები** იზომეტრიული ან სხვადასხვა ფორმის სიცარიეღეეღია (1 მმ-ზე მეტი დიამეტრის), რომღებიც ფორმირდებიან ძირითადად ადვიღად ხსნადი შენაერთების გამოტუცივის შედეგად.

პრაქტიკულად ყვეღა ქანში არის სიცარიეღეეღი, რომღებიც არ არიან დაკავებული მინერალური ნივთიერებებით, ისინი შევსებულია გაზებით, წყღით და სხვა სითხეებით. ქანების ეს თვისებღა ცნობიღია ტენტეღადობით.

ტენიანობღა არის ქანში არსებული წყღის მასის შეფარდებღა ქანის მთღიან მასასთან:

$$W = \frac{v^w}{v^d}$$

**გრაღიციული ტეღადობღა** თავისუფალი გრაღიციული წყღის მოციუღობის შეფარდებღა (ქანის მთღიანი გაჯერების შემთხვევაში) ქანის ნიღუმის მოციუღობასთან.

**წყაღგაციღმა** გრაღიციული წყღის მოციუღობღა განსაზღვრული ქანის გაშრობის შემთხვევაში და წარმოადგენს სრულ და უმციღრეს ტენტეღადობას შორის სხვაობას.

**ჩაჟონვღა** ქანების თვისებღა, რომელიც ახასიათებთ მათ წყღის, სხვა სითხეებისა და გაზების გატარების უნარით სიმძიმის ძაღის ან დანწევის გრაღიენციის გავღენით.

წყღის ჩაჟონვის უნარი ხასიადებღა **ფიღტრაციის კოეფიციენტი** ( $K_{ფ}$ ), რომელიც იზომებღა სმ/წმ, მ/დღე-ღამეში და ა.შ.

ფიღტრაციის კოეფიციენციის სიდიდე დამოკიდებულია ქანის ლითოლოგიურ შედგენიღობაზე და მასში მოძრავ სითხესღა და გაზზე.

## თავი V

### მინისქვეშა წყლის ფიზიკური თვისებები და შედგენილობა

იდეალურად სუფთა წყალი ბუნებაში არ არსებობს, იგი შეიცავს სხვადასხვა მინერალურ, ორგანულ ნივთიერებებს, გაზებსა და ცოცხალ ორგანიზმებს. თვით წყალი ქიმიური შენაერთია მისთვის დამახასიათებელი თვისებებით. წყლის მოლეკულას ახასიათებს ელექტრული მომენტი, რომელიც განსაზღვრავს მოლეკულათშორის, ე.წ. წყალბადის კავშირებს.

წყალი ერთადერთი ნივთიერებაა, რომელსაც ბუნებრივ პირობებში შეუძლია იყოს სამივე აგრეგატულ მდგომარეობაში: მყარი, თხევადი და ორთქლის სახით. მათი სტრუქტურა სხვადასხვაა: ყინულს გააჩნია კრისტალური ჩონჩხი, მასში თითოეული მოლეკულა მდებარეობს ტეტრაედრის ცენტრში, რომელიც შექმნილია 4 სხვა მოლეკულისაგან და დაკავშირებულია ცენტრალურთან წყალბადის კავშირებით. ყინულისათვის დამახასიათებელია თხევად წყალთან შედარებით ნაკლები შემჭიდროების უნარი და მოცულობის 10%-ით მომატება. წყლის ორთქლი გაჯერებულია ერთეული მოლეკულებით.

წყლის სიმკვრივე, როგორც სხვა ხსნარების შემთხვევაში, მატულობს ტემპერატურის შემცირებასთან ერთად და მაქსიმალურ სიდიდეს აღწევს არა 0°C-ზე, არამედ +4°C-ზე, რის შემდეგ, მცირდება რა ტემპერატურა, 0°C-ზე გადადის მყარ მდგომარეობაში.

წყლის თბოტევადობა 5-30-ჯერ მაღალია, ვიდრე სხვა თხევადი და მყარი ნივთიერებების. ეს საშუალებას აძლევს წყალს მინიმალური სიჩქარით შთანთქას ან გასცეს მაქსიმალურად დიდი რაოდენობის სითბო.

წყალს, ყველა სხვა სითხესთან შედარებით (გარდა ვერცხლისწყლისა), გააჩნია თვისება, მიენებოს და დაასველოს ზედაპირი, რაც მაღალი ზედაპირული დაჭიმულობის შედეგია. ამის გამო წყალი კაპილარებში ქმნის ჩაღუნულ მენისკს. წყლის ეს თვისება – ღრმად განლაგებულ გრუნტის წყლების ზევით შექმნას კაპილარული ქობა – საშუალებას აძლევს მცენარეებს, მიიღონ ტენი მშრალ რეგიონებში.

სუფთა წყლის სიბლანტე 25°C-ზე და 101,325 kpa (პასკალი) წნევაზე შეადგენს 1,002 mpa-ს (სიბლანტის ერთეული). ტემპერატურის გაზრდის შემთხვევაში 0-დან 20-30°C-მდე წყლის სიბლანტე წნევის გაზრდასთან ერთად მცირდება და მხოლოდ შემდეგ იწყებს მომატებას. წყლის ამ თვისებას აქვს დიდი მნიშვნელობა ფილტრაციულ პროცესებთან დაკავშირებით, მაგალითად, ვერტიკალური გადადინების ფორმირებისას მცირეგამტარობის მქონე ქანებში.

მინისქვეშა წყლების ხარისხის შესაფასებლად უაღრესად მნიშვნელოვანია წყლის ფიზიკური თვისებების დადგენა.

წყლის სიმღვრივე გამოწვეულია მასში შეტივანარებული ნაწილაკების არსებობით, რომელთა ზომები აჭარბებს 10 მმ-ს და გამოისახება მგ/დმ<sup>3</sup>-ში. სიმღვრივის საწინააღმდეგო სიდიდეა გამჭვირვალობა, რომელიც გამოისახება წყლის სვეტის სიმაღლით (სმ) გრადაციის მქონე ცილინდრში და იკითხება სტანდარტული შრიფტით. უფრო ზუსტად, გამჭვირვალობის შეფასება ხდება ფოტომეტრიულად.

მინისქვეშა წყლები ძირითადად უფეროა. მოყვითალოდან ნაბლისფრამდე შეფერილობას იგი ლებულობს რკინის ჟანგის მარილებისაგან, მომწვანოსა და მონითალოს – მიკროორგანიზმებისაგან, მომწვანო-ცისფერს – გოგირდწყალბადის ან რკინის ნაერთებისაგან. წყლის ფერი განისაზღვრება ფოტომეტრიულად ფერის გრადუსებში.

წყლის სუნი და გემო დამოკიდებულია მასში გახსნილ გაზებზე, მინერალურ და ორგანულ ნივთიერებებზე და შეიძლება იყოს როგორც ბუნებრივი, ასევე ხელოვნური წარმოშობის. წყლის სუნი და გემო განისაზღვრება 20-დან 60°C-ზე და ფასდება 5-ბალიანი სისტემით. გემოს მიხედვით წყალი შეიძლება იყოს: უგემო, მარილიანი, მჟავე, ტკბილი და მწარე.

წყლის ტემპერატურა იცვლება დიდ დიაპაზონში – 400°C-მდე: -5°C და ნაკლებიდან 100°C-ზე და მეტზე (ვულკანური რაიონების გეიზერებში) და 350-370°C-მდე (ოკეანის ღრმულების ღრმა სუბაკვალურ წყაროებში). არტეზიული წყლების ტემპერატურა 90-100°C და მეტია, როდესაც წყალი იმყოფება მაღალი წნევის ქვეშ. ზედაპირული წყლების ტემპერატურას ზომავენ ე.წ. „ზარმაცი თერმომეტრებით“ ან წყაროს თერმომეტრებით, რომელთა ქვედა ნაწილი მოთავსებულია თბოიზოლატორში. ღრმა ჭაბურღილებში ტემპერატურა იზომება ელექტრული თერმომეტრებით.

წყლის სიბლანტეს დიდი მნიშვნელობა აქვს ფილტრაციულ პროცესებში, განსაკუთრებით მცირე ფილტრაციული თვისებების მქონე გრუნტებში.

წყლებს ახასიათებს სხვადასხვა ელექტროგამტარობა. მტკნარი წყლებისათვის იგი ტოლია  $3 \times 10^{-5}$ -დან  $3 \times 10^{-3}$ -მდე ომ მეტრის და იზრდება  $5 \times 10^{-3}$ - $1,2 \times 10^0$  ომ მეტრამდე ნათხებში.

წყლების რადიოაქტიურობა განისაზღვრება მათში გახსნილი ურანის, რადიუმის, აგრეთვე ინერტული გაზების შენაერთების შემცველობით.

**მინისქვეშა წყლების შედგენილობა** დამოკიდებულია: მის ფაზურ და აგრეგატულ მდგომარეობაზე, ქიმიურ, ფიზიკურ და ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე. წყალი შედგება 2 ინგრედიენტისაგან: არაცოცხალი (მინერალური) და ცოცხალისაგან (ორგანული ნივთიერებები).

წყალბადისა და ჟანგბადის გარდა წყალი შეიცავს:

1) ნახშირბადს, ქლორს, გოგირდს, აზოტს და ა.შ.;

## ირაკლი მიქაძე

2) ნატრიუმს, კალციუმს, მაგნიუმს, კალიუმს, იშვიათად რკინას, რომლებიც კათიონებია. მათ გარდა მინისქვეშა წყლებში ხშირად გვხვდება: P, F, Br, B, I, Sr, Cu, As, Pb, Zn, Ag, Hg, Sb, Ni, Co, Rb, Cs, Se, Cr, U, Ra, Li და სხვა ელემენტები.

მინისქვეშა წყლების ქიმიური შედგენილობა გახსნილი მინერალური და ორგანული ნაერთებია.

**მინერალიზაცია** არის მყარი მინერალური ნივთიერებების ჯამური მასა წყლის ერთეულ მასაში (გ/დმ<sup>3</sup>).

**pH** – იძლევა წარმოდგენას წყლების საერთო ტუტე-მჟავა მდგომარეობაზე და იცვლება 0-დან 2-3,5-მდე ულტრამჟავა წყლებში თანამედროვე ვულკანიზმის რაიონებში და 9-დან 12,5-მდე – ულტრაფუძე ქანების წყლებისათვის, სოდიან და გოგირდწყალბადის ხსნარებში. pH გრუნტის წყლებში მერყეობს 6,4-7,5; არტეზიულ წყლებში – 7,3-8,5. ძლიერმჟავა <3,0, მჟავა და ნაკლებმჟავა – 3,0-6,5; ნეიტრალური და სუსტადტუტე – 6,5-8,5, ძლიერტუტე >8,5. სასმელ წყალს ახასიათებს pH – 6,0-9,0.

**წყლის სიხისტე** გამოწვეულია კალციუმისა და მაგნიუმის შენაერთებით. ხისტ წყალში საპონი ძნელად იხსნება, წარმოქმნის ქაფს, გამოუსადეგარია მრავალი წარმოებისათვის (შაქრის, ტყავის). სიხისტის სახეებია: საერთო, კარბონატული, არაკარბონატული, დროებითი და მუდმივი. სიხისტე რაოდენობრივად იზომება კალციუმისა და მაგნიუმის მგ-ეკვ.-ით ერთეულ მოცულობაზე.

**აგრესიულობა** წყლის თვისებაა, რომელიც გამოიხატება მასალების (ცემენტის, ბეტონის, მეტალების) დარღვევა-დაშლაში. აგრესიულობის სახეებია: ნახშირმჟავა, გამოტუტვის, საერთომჟავური, სულფატური, აგრეთვე მეტალების კოროზიის გამომწვევი.

**წყლის ანალიზი** იწყება ნიმუშის აღებით, რომელსაც აქვს სპეციალური მოთხოვნები. წყლის ანალიზის დროს იკვლევენ მის ფიზიკურ, სახელდობრ, ორგანოლექტურ თვისებებს, ქიმიურ, გაზურ და ბაქტერიოლოგიურ შედგენილობას. ქიმიური ანალიზების სახეებია: სრული, შემოკლებული და საველი.

სრული ანალიზით განისაზღვრება წყლის ფიზიკური, მათ შორის ორგანოლექტური თვისებები (ტემპერატურა, გამჭვირვალობა, ნალექი, ფერი, სუნი, გემო, სიმკვრივე, ელექტროგამტარობა), pH, იონები, მოლეკულები, გაზები, მშრალი ნაშთი; გამოითვლება კარბონატული, საერთო სიხისტე და აგრესიული ნახშირორჟანგი.

წყლის შემოკლებული ანალიზით განისაზღვრება იგივე პოზიციები, ასევე მჟავიანობა და სხვა კომპონენტები, გარდა Mg, Na და K, რომლებიც გამოითვლება გაანგარიშებით.

ქიმიური ანალიზები გამოიხატება 3 ფორმით: წონითი (გ/ლ, მგ/ლ, მგ/კგ-ppm-„პარტს პერ მილიონ“), ეკვივალენტური (მგ-ეკვ/ლ, გ-ეკვ/ლ, მგ-ეკვ/კგ, გ-ეკვ/კგ), რომელიც გამოითვლება ნივთიერების მასის გაყოფით მის ეკვივალენტურ მასაზე და პროცენტ-ეკვივალენტური (% ეკვ) – თითოეული იონის პროცენტ-



ტული წილით საერთო ჯამურ ერთი ნიშნის იონების რაოდენობასთან (მგ-ეკვივალენტებში).

ქიმიური ანალიზი გამოიხატება იონური შედგენილობის ფორმულით (კურ-ლოვის ფორმულა).

მინისქვეშა წყლების ქიმიური შედგენილობის ფორმირება ბუნებრივ და დარღვეულ პირობებში დამოკიდებულია კონკრეტულ ჰიდროგეოლოგიურ სისტემაზე და იმყოფება დინამიკურ ფიზიკურ-ქიმიურ წონასწორობაში.

მინისქვეშა წყლების ქიმიური შედგენილობის ფორმირების 2 ძირითადი ჯგუფი გამოიყოფა: ჰიდროგეოქიმიური და ჰიდრობიოქიმიური.

**ჰიდროგეოქიმიური პროცესების** კომპლექსში პირობითად გამოიყოფა:

1) წყალშემცველი ქანების შემადგენელი ნივთიერებების გაცვლის პროცესი ხსნარებთან;

2) ბუნებრივ ხსნარებში მიმდინარე, ნივთიერებების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი გადანაწილების პროცესი.

**ხსნადობა** არის მინისქვეშა წყლებში ნებისმიერი ნივთიერების გადასვლა იონური ან მოლეკულური ფორმით. ხსნადობის სიჩქარე დამოკიდებულია ნივთიერების ბუნებაზე და მინერალურ ფორმაზე, წნევაზე, ტემპერატურაზე, დისპერსიულობის ხარისხზე, ხსნარის შედგენილობაზე და ა.შ. გარდა ამისა, ხდება ბუნებრივი ხსნარებიდან ნივთიერებათა გადასვლა მყარ ფაზაში.

არიდულ ზონაში **აორთქლება** არის გრუნტის წყლების ქიმიური შედგენილობის ფორმირების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პროცესი, რის შედეგადაც გრუნტებში ვითარდება კონტინენტური დამარილიანების პროცესი.

კრიოგენული კონცენტრაცია (გაყინვა) დამახასიათებელია მარადმზრალი ქანების მინისქვეშა წყლებისათვის, განსაკუთრებით სეზონური გაყინვა-გაღლივის ფენებში.

მარილის გამოყოფის პროცესი მდგომარეობს ხსნარიდან კომპონენტის გამოყოფაში მისი შერევის პროცესში სხვა ხსნართან, რომელიც შეიცავს იმავე იონს. მაგალითად, ისეთი ხსნარების შერევისას, რომლებიც შეიცავენ ტუტე და ტუტემინა ლითონების ქლორიდებს, NaCl შეიძლება გამოიყოს ნალექში ხსნარის უფრო ნაკლები კონცენტრაციის პირობებში.

**იონური გაცვლა** არის პროცესი, რომელიც მჭიდროდაა დაკავშირებული სორბციულ პროცესთან და გამოწვეულია ხსნარისა და მყარი ფაზის იონების ქიმიური პოტენციალების სხვადასხვაობით.

**ჰიდროლიზი** წყლის  $H^+$  და  $OH^-$  იონებსა და გამხსნელ მინერალურ ნივთიერებას შორის რეაქციაა, რომლის შედეგადაც წარმოიქმნება სუსტად დისლოცირებული შენაერთები, რომლის დროსაც იცვლება ბუნებრივი ხსნარების pH.

**დიფუზია** ბუნებრივ ხსნარებში ან „წყალი-ქანის“ სისტემაში ნივთიერების გადანაწილების პროცესია ქიმიური პოტენციალის გრადიენტის გავლენის ქვეშ. მაგალითად, ფენებრივ გარემოში დიფუზიური ნაკადი წარმოიშობა შედარებით მაღალი ქიმიური პოტენციალის მქონე ერთი ჰორიზონტიდან შედარებით ნაკლებ-

## ირაკლი მიქაძე

ბიპოტენციალის მქონე მეორე ჰორიზონტში ამ ჰორიზონტების გამყოფი თიხის ფენის გავლით.

**ჰიდრობიოქიმიური პროცესები** მიმდინარეობს მინისქვეშა წყლებში ცოცხალი ორგანიზმების მონაწილეობით. უკანასკნელ ხანს დადგენილია ცოცხალი ორგანიზმების დიდი როლი ქიმიური ელემენტების (ნახშირბადის, აზოტის, რკინის, გოგირდის, ფოსფორის, კაჟის, კალიუმის და სხვ.) საერთო ბრუნვაში.

ცოცხალი ორგანიზმები, მათ შორის მიკროორგანიზმები და მცენარეები განვითარების პროცესში სინთეზირების შედეგად მინერალური ნივთიერებებიდან წარმოშობენ ორგანულ ნივთიერებებს, ეს უკანასკნელები დაშლისა და ცოცხალი ორგანიზმების კვდომის შემდგომ ისევ მინერალიზდებიან, რაც მიმდინარეობს ისევ მიკროორგანიზმების საშუალებით. რადგან ეს პროცესი შესაძლებელია, განხორციელდეს მხოლოდ წყლის გარემოში, ჰიდროსფეროში იგი მიმდინარეობს ყველგან, სადაც ცოცხალი ორგანიზმების არსებობა და განვითარება შესაძლებელია თერმობარული და კონცენტრაციული პირობების გათვალისწინებით.

მინისქვეშა წყლებში მიმდინარე ბიოქიმიური პროცესებიდან განსაკუთრებით საგულისხმოა ნახშირორჟანგის ბიოგენური გენერაცია, სულფოფიკაცია და სულფატრედუქცია, ნიტრიფიკაცია და დენიტრიფიკაცია, მეთანის წარმოქმნა და წყალბადის რედუქცია.

ნახშირორჟანგის ბიოგენური გენერაცია ფართოდ გავრცელებული ბიოქიმიური პროცესია, რომელიც უშუალოდ მოქმედებს მინისქვეშა წყლების ქიმიური შედგენილობის ჩამოყალიბებაზე. ცოცხალი ორგანიზმების მიერ ნახშირორჟანგის გამოყოფის ან მოხმარებისას, ე.ი. მისი რაოდენობის ნებისმიერი ცვლილებისას ხდება წონასწორობის დარღვევა და  $H^+$  და  $HCO^-$  იონების გაზრდა ან შემცირება, ე.ი. მიმდინარეობს ბუნებრივი ხსნარის ტუტე ან მჟავა გარემოში გადასვლა. ამავ დროს ხდება კალციუმის კარბონატისა და კალციუმ-მაგნიუმ კარბონატის გამოყოფის ან ხსნარში გადასვლის პროცესი.

სულფოფიკაცია გოგირდის დაჟანგვის პროცესია აერობული და ანაერობული ბაქტერიებით, ხოლო სულფატრედუქცია – ბაქტერიების საშუალებით გოგირდის აღდგენის პროცესი, რომლის საბოლოო პროდუქტია გოგირდწყალბადი.

ნიტრიფიკაციის პროცესი მიმდინარეობს ნიადაგის წყლებში და ნიტრატების წარმოქმნის მთავარი ეტაპია, რომელიც აუცილებელია მცენარეებისათვის აზოტის ბრუნვის პროცესში. დენიტრიფიკაციის პროცესი დამახასიათებელია აღსადგენი პირობებისათვის, მაგალითად, არტეზიული სტრუქტურების ღრმა ნაწილისათვის და ბაქტერიების მიერ ფერმენტების საშუალებით ნიტრატების ნიტრიტებად, აზოტის მჟავად და ბოლოს თავისუფალ აზოტად გარდაქმნის პროცესია. მეთანის წარმოქმნისა და წყალბადის რედუქციის პროცესი დამახასიათებელია პლატფორმული და მთათაშუა არტეზიული სტრუქტურების ღრმა ნაწილებისათვის, რომელიც მიმდინარეობს მეთანწარმოქმნელი ბაქტერიების საშუალებით, მჟავების, ასევე წყალბადისა და ნახშირორჟანგის დაშლის შედეგად.

## თავი VI

### მინისქვეშა წყლების დინამიკა და რეჟიმი

მინისქვეშა წყლების დინამიკა განისაზღვრება ფილტრაციის სიჩქარით და ფილტრაციის ძირითადი კანონით.

მინისქვეშა წყლების ფილტრაციაში იგულისხმება თავისუფალი გრავიტაციული წყლის მოძრაობა, რომელიც მიმდინარეობს სიმძიმის ძალის ზეგავლენით ან დაწნევის გრადიენტით.

**ფილტრაციის სიჩქარედ** მიღებულია წყლის რაოდენობა, რომელიც გაივლის დროის გარკვეულ პერიოდში ნაკადის (ფენის) განივი კვეთის მოცემულ ერთეულში:

$$v = \frac{Q}{F},$$

სადაც  $v$  ფილტრაციის სიჩქარეა (სმ/წმ, მ/დღ-ღ.);

$Q$  – ფილტრაციული ნაკადის ხარჯი (სმ<sup>3</sup>/წმ, მ<sup>3</sup>/დღ-ღ.);

$F$  – განივი კვეთის ფართობი (სმ<sup>2</sup>, მ<sup>2</sup>).

**ჰიეზომეტრიული დონე**,  $h = Z + \frac{P}{y}$  (მ, სმ), ის სიმაღლეა, რომელზეც ადის

წყალი ჰიდროსტატიკური დაწნევის გამო მოცემულ წერტილში, სადაც  $Z$  – კვეთის ნებისმიერი წერტილის კოორდინატაა, რომელზეც აითვლება წნევის სიდიდე, ხოლო  $P/y$  – სითხის წნევის ენერგია ნაკადის მოცემულ წერტილში.

წყლის ფილტრაციის ძირითადი კანონი აღმოჩენილ იქნა ფრანგი ჰიდრაულიკოსის, დარსის, მიერ:

$$Q = \frac{KF(H_1 - H_2)}{L} = KFI,$$

სადაც  $F$  მილის განივი კვეთის ფართობია, სმ<sup>2</sup>;

$H_1$  და  $H_2$  – ჰიეზომეტრიული დაწნევები საპირისპირო კვეთებში, სმ;

$L$  – მილის სიგრძე (ფილტრაციის გზა), სმ;

$K$  – პროპორციულობის კოეფიციენტი, სმ/წმ;

$I$  – დაწნევის გრადიენტი;

$Q$  – ნაკადის ხარჯი, სმ<sup>3</sup>/წმ.

წყალგამტარობა ( $T$ , მ<sup>2</sup>/დღე-ღამეში) ტოლია ნაკადის სიმძლავრის ნამრავლისა წყლის ფილტრაციის სიდიდეზე:

$$T = Km.$$

## ირაკლი მიქაძე

წყლის ფილტრაციის ძირითად კანონს აქვს ფართო გამოყენება, მაგრამ მისი მოქმედება ირღვევა ფილტრაციის სიჩქარის გაზრდისას, რომელსაც ადგილი აქვს კარსტებში, მაღალი ინტენსივობის ნაპრალიანობის პირობებში, ასევე ჭაბურღილებისა და შახტების ლოკალურ ზონებში. ლამინარული მოძრაობიდან ტურბულენტურში გადასვლა განისაზღვრება რეინგოლდის რიცხვით ( $N_R$ ). თუ რეინგოლდის რიცხვი გადააჭარბებს კრიტიკულ ზღვარს, შესაძლებელია ტურბულენტურ მოძრაობაზე გადასვლა:

$$N_{R_{კრ}}=2100.$$

სითხის ფოროვან გარემოში მოძრაობისას რეინგოლდის რიცხვი გამოითვლება შემდეგი ტოლობით:

$$N_R = \frac{Vd_{10}}{\nu},$$

სადაც  $\nu$  ფილტრაციის სიჩქარეა;

$V$  – სითხის კინემატიკური სიბლანტის კოეფიციენტი;

$d_{10}$  – ეფექტური დიამეტრი.

განზოგადების შემდეგ წყლის ფილტრაციის ძირითადი კანონი შემდეგნაირად გამოისახება:

$$J = av + bv^2 = \frac{\nu}{K(1 + cv)},$$

სადაც  $a=1/K$  და  $b=c/K$  ფილტრაციული პარამეტრებია;

$K$  – ფილტრაციის კოეფიციენტი ლამინარული რეჟიმის დროს;

$c$  – ფილტრაციის არასწორხაზოვნობის კოეფიციენტი.

სწორხაზობრივი ფილტრაციის შემთხვევაში, ფილტრაციის მცირე სიჩქარეების დროს  $bv^2$  იმდენად მცირეა  $av$ -სთან შედარებით, რომ შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს დარსის კანონის ძირითადი ფორმულა ( $J=av$ ;  $v=KI$ ). ფილტრაციის მაღალი სიჩქარეების დროს პირიქით  $av$  მცირეა  $bv^2$ -თან შედარებით. ამ შემთხვევაში გამოიყენება:  $J=bv^2$ ;  $v=Ka\sqrt{J}$  – შეზი-კრასნოპოლსკის ფორმულა.

დარსის კანონი ირღვევა ძალიან მცირე სიჩქარეების დროსაც წვრილდისპერსიულ გარემოში, რაც დაკავშირებულია წყლისა და ქანის მოლეკულური ურთიერთკავშირის ძალებთან. ასეთ გარემოსათვის გამოიყენება ფორმულა:

$$v = K(I-1,33xI_0).$$

**მინისქვეშა წყლების რეჟიმის** საშუალებით განისაზღვრება ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების (წნევების, სიჩქარეების, ხარჯის), ფიზიკური თვისებებისა და შედგენილობის (ქიმიური, გაზური, ბაქტერიოლოგიური) კანონზომიერი ცვლილებები დროში, რაც გამონვეულია სხვადასხვა ბუნებრივი და ხელოვნური ფაქტორებით.

თუ მინისქვეშა წყლების რეჟიმის ფორმირება მიმდინარეობს ძირითადად ბუნებრივი ფაქტორებით, მას ეწოდება დაურღვეველი, ანუ ბუნებრივი რეჟიმი,

ხოლო იმ შემთხვევაში, თუ რეჟიმი ხელოვნური ფაქტორების გავლენის ქვეშაა (ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა) – დარღვეული ან ანთროპოგენური.

არსებობს ორივე ფაქტორის ქვეშ მყოფი მინისქვეშა წყლების რეჟიმი, რომელსაც ეწოდება შერეული, ბუნებრივ-ანთროპოგენური ან ანთროპოგენურ-ბუნებრივი, იმის მიხედვით, თუ რომელია მათში გადამწყვეტი.

რეჟიმწარმოქმნელი ფაქტორებია ბუნებრივი ან ხელოვნური პროცესები, რომლებიც განსაზღვრავენ მინისქვეშა წყლების ცვლილებებს დროში.

მინისქვეშა წყლების რეჟიმის ფაქტორებია ეგზოგენური და ენდოგენური: კოსმოსური, მეტეოროლოგიური, ჰიდროლოგიური, ბიოგენური, ხელოვნური და გეოლოგიური.

მინისქვეშა წყლების რეჟიმის 3 ძირითადი ტიპია ცნობილი:

- 1) ჰიდროდინამიკური (წნევების, დონეების, სიჩქარის, დებიტის);
- 2) გეოთერმული (ტემპერატურის);
- 3) ჰიდროგეოქიმიური (მინერალიზაციის, ქიმიური და გაზური შედგენილობის).

რეჟიმული დაკვირვებები ფართოდ გამოიყენება მინისქვეშა წყლების სხვადასხვა ტიპების ფორმირების კანონზომიერებების დადგენისას, ქანების ფილტრაციული და მოცულობითი პარამეტრების შეფასების, მათი გამოყენებისა და დაცვის, ბუნებრივ და დარღვეულ პირობებში ჰიდროგეოლოგიური პროგნოზების დასამუშავებლად და ა.შ.

**მინისქვეშა წყლების ბალანსი** გარკვეულ კვეთში მინისქვეშა წყლების მოდინებასა და გადინებას შორის არსებული საანგარიშო ელემენტების შეფასებაა.

წყლის ბალანსის ფორმულაა:

$$\sum(Q_j \Delta t) \pm \Delta V = 0,$$

სადაც  $Q_j \Delta t$  არის წყლის ბალანსის მოდინებასა და გადინებას შორის სხვაობა. (+) – მოდინება, (-) – გადინება ( $m^3/დღე-ღამეში$ );

$\Delta t$  – გაანგარიშების პერიოდის ხანგრძლივობა (დღე-ღამე, წელიწადი);

$\Delta V$  – მინისქვეშა წყლების მარაგების ცვლილება ( $m^3, კმ^3$ ).

**მინისქვეშა ნაკადი** გრაფიტაციული მინისქვეშა წყლების მოძრაობის პროცესია დედამიწის ქერქის გარკვეული ზონის სრულად შევსების პირობებში.

წყალცვლის კოეფიციენტი გამოიხატება ფორმულით:

$$K = \frac{Q}{V},$$

რომლის საშუალებით განისაზღვრება, თუ მინისქვეშა წყლების ჯამური მოცულობიდან რა ნაწილი შეიძლება აღდგეს ერთი წლის განმავლობაში მინისქვეშა წყლების ჯამური მოდინების (ან გადინების) შემთხვევაში.

## თავი VII

### მინისქვეშა წყალშემცველი სისტემაში

მინისქვეშა წყალშემცველი სისტემა შემოსაზღვრული გეოლოგიური სტრუქტურაა, რომელიც ხასიათდება მინისქვეშა წყლების სივრცობრივი განაწილების, მოძრაობისა და ფორმირების ერთობლიობით.

წყალშემცველი ქანების კოლექტორული თვისებების მიხედვით გამოიყოფა მარტივი ანუ ფოროვანი და ნაპრალოური ჰიდროგეოლოგიური სტრუქტურები. ხშირ შემთხვევებში მარტივი ჰიდროგეოლოგიური სტრუქტურები გვხვდება ერთობლიობაში, რომლებიც ქმნიან რთულ ფოროვან-ფენებრივ, ნაპრალო-ფენებრივ, ძარღვულ-ნაპრალოურ, რეგიონალურ-ნაპრალოურ და სხვა სტრუქტურებს.

მინისქვეშა წყლების ბუნებრივ წყალშემცველ სტრუქტურებს ახასიათებს სართულებრივი განლაგება. მაგალითად, პლატფორმულ და ნაოჭა რეგიონებში გამოყოფენ სტრუქტურულ სართულებს:

- 1) ფუნდამენტს (ქვედა სართული), აგებულს ძირითადად კრისტალური ქანებით;
- 2) საფარს (ზედა სართული), აგებულს ძირითადად დანალექი ქანებით.

სტრუქტურულ-ჰიდროგეოლოგიური სართულების და წყლის ცირკულაციის ტიპის მიხედვით გამოყოფენ მინისქვეშა წყლების რეზერვუარების 2 ძირითად ტიპს:

- 1) არტეზიულ აუზს, რომელიც წარმოადგენს დაძირულ რეგიონს, ამოვსებული ფენებრივი დანალექი ქანებით, რომლის ქვევით მდებარეობს ფუნდამენტი;

- 2) ჰიდროგეოლოგიურ მასივს – ფუნდამენტის შვერილს, რომელიც ძირითადად წარმოდგენილია დანაპრალებული კრისტალური ქანებით.

ჰიდროგეოლოგიურ მასივებსა და აუზებში მინისქვეშა წყლები მოძრაობენ კვების არიდან განტვირთვის არისაკენ, რომელიც აუზებში ცენტრისკენულ, ხოლო მასივებში ცენტრიდანულ ხასიათს ატარებს.

ჰიდროგეოლოგიურ მასივებში მინისქვეშა წყლები შედარებით მცირე სიღრმემდე გავრცელებული, რაც განისაზღვრება ინტენსიური გამოფიტვის ნაპრალიანობის სიღრმით. უფრო ღრმად მინისქვეშა წყლები გავრცელებულია რღვევის ზონებში.

ჰიდროგეოლოგიური მასივები და აუზები ზოგჯერ ქმნიან რთულ ერთობლიობას – არტეზიულ ოლქს ან ჰიდროგეოლოგიურ ნაოჭა ოლქს.

**არტეზიული ოლქი** მოიცავს დანალექი ქანების ვრცელ დაძირულ ტერიტორიას, რომელიც აერთიანებს რამდენიმე არტეზიულ აუზს. ჰიდროგეოლოგიური

დანაოჭებული ოლქი კი აერთიანებს ჰიდროგეოლოგიურ მასივებს და მათ შორის მოთავსებულ მთათაშუა არტეზიულ აუზებს.

**წყალშემცველი ჰორიზონტი** ეწოდება გრავიტაციული წყლით განწყლიანებულ ფენას, რომელიც შემოსაზღვრულია წყალგაუმტარი საგებით და ერთიანი ჰიდროდინამიკური სისტემაა.

კრისტალურ ქანებში, რომლებიც გამოფიტვის ზონის ნაპრალებში შეიცავენ წყალს, წყალშემცველი ჰორიზონტის ანალოგიური რანგის რეზერვუარად გვევლინება რეგიონალური წყალშემცველი ზონა. გრავიტაციული წყლით განწყლიანებული რღვევის ზონები კი წარმოადგენენ ხაზობრივ წყალშემცველ ზონებს ანუ ძარღვის წყლებს.

**წყალშემცველი კომპლექსი** ერთნაირი ტიპის ჰიდროდინამიკური და ჰიდროგეოქიმიური რეჟიმის მქონე მრავალფენოვანი წყალშემცველი წყებაა, რომელიც სახურავიდან და საგებიდან შემოსაზღვრულია რეგიონალური წყალგაუმტარი ან სუსტად წყალგამტარი ქანებით.

**ჰიდროგეოლოგიური სართული** ეწოდება ჰიდროგეოლოგიური კომპლექსების ერთობლიობას, რომელიც სახურავიდან და საგებიდან შემოსაზღვრულია რეგიონალური წყალგაუმტარი ქანებით.

მსხვილი რიგის ჰიდროგეოლოგიური რეზერვუარებია დანალექი ქანების აუზები – არტეზიული აუზები და ნაპრალოური წყლების მასივები – **ჰიდროგეოლოგიური მასივები**. დანალექი ქანების აუზებში წყალშემცველი კოლექტორები მორიგეობენ წყალგაუმტარ ქანებთან. ჰიდროგეოლოგიური მასივები კი ისეთი სტრუქტურებია, რომლებიც შედგებიან წყალშემცველი ზონებისაგან.

უფრო მაღალი რიგის ერთეულებია ფილაქნები და ფარები პლატფორმებზე, გეოსინკლინური სისტემები და შუალედური მასივები – დანაოჭებულ რეგიონებში. ამასთან პლატფორმები, როგორც მიწისქვეშა წყლების რეზერვუარები, **ჰიდროგეოლოგიური კრატოგენია**, ხოლო გეოსინკლინები (ნაოჭა ოლქები) – **ჰიდროგეოლოგიური ოროგენი** (46). პირველი მათგანი არის ფენებრივი აუზების რეზერვუარების ერთობლიობა, მეორე – მასივებისა და აუზების ერთობლიობა.

ოკეანისა და ზღვების ქვეშ კონტინენტიდან ოკეანისაკენ გამოიყოფა გარდამავალი ტიპები და ოკეანის წყალშემცველი რეზერვუარები.

მიწისქვეშა წყლების აუზებისა და მასივების ნაირსახეობები გამოიყოფა ისეთი ნიშნების მიხედვით, როგორიცაა მიწისქვეშა წყლების განაწილების ხასიათი, გეოლოგიური სტრუქტურა, წარმოშობა და ასაკი, მისი სივრცობრივი მდგომარეობა, წყლის დანევიითობა და ა.შ.

მიწისქვეშა წყლების განაწილების მიხედვით გამოიყოფა ფოროვან-ფენებრივი, ნაპრალოურ-ფენებრივი და ძარღვულ-ნაპრალოურ-ფენებრივი აუზები.

მასივებში გამოიყოფა გამოფიტვის ზონის ნაპრალების, ნაპრალოურ-ძარღვული და ნაპრალოურ-ფენებრივი წყლები.

აუზებს, რომლებიც შეიცავენ როგორც ფენებრივ, ასევე ნაპრალოურ წყლებს, ეწოდებათ **ადარტეზიული** (ად – მსგავსი), ხოლო მასივებს, რომლებიც აგებულია სუსტად მეტამორფული და დისლოცირებული დანალექი ქანებით, სადაც

## ირაკლი მიქაძე

გავრცელებულია ნაპრაღურ-ძარღვული და ფენებრივ-ნაპრაღური წყლები, ეწოდებათ **ჰიდროგეოლოგიური ადმასივები** (22).

ქანების გენეზისის მიხედვით გამოყოფენ წყალშემცველი რეზერვუარების 4 სტრუქტურულ-ჰიდროგეოლოგიურ ელემენტს (კამენსკი და სხვ., 1959):

- 1) პლატფორმების არტეზიულ აუზებს;
- 2) მთათაშუა არტეზიულ აუზებს;
- 3) პლატფორმული ტიპის ზეგნებს და
- 4) დანაოჭებულ ოლქებს.

ჰიდროგეოლოგიური რეზერვუარები იყოფა უდანეგო (გრუნტის) და დაწნე-ვით (არტეზიულ და სიღრმულ) სახეობებად.

მინისქვემა წყლების რეზერვუართა ერთ-ერთი სახეობაა წყალწნევიანი სის-ტემა (კეილგაკი, 1912; ოგჩინიკოვი, 1955; ი. ბუაჩიძე, 1970; კარცევი, 1971 და სხვ.), რომელიც მოიცავს ისეთ რთულ ჰიდროგეოლოგიურ სტრუქტურას ან სტრუქტურათა ერთობლიობას, სადაც მინისქვემა წყლებს ახასიათებს დაწნევის, წარმოშობისა და მოძრაობის მრავალი მსგავსი სისტემა.

მინისქვემა წყლების ნებისმიერ სისტემას აქვს კვების, გავრცელებისა და განტვირთვის არეები. მინისქვემა წყლების კვება ხდება ზედაპირზე გაშიშვლე-ბულ, ამალღებულ ადგილებში. ასეთ კვებას **ინფილტრაციულს** უწოდებენ. **ელი-ზიური** (გამონაწერი) კვება დამახასიათებელია თიხური ქანებისათვის და იგი მიმდინარეობს გეოსტატიკური დაწოლის ზეგავლენით. ასევე გამოყოფენ სიღ-რმული კვების არეს, რომელიც წარმოადგენს იუვენური ფლუიდებისა და მეტა-მორფოგენული წყლების შემოჭრის ადგილებს სიღრმული რღვევების ზონაში.

არტეზიულ აუზებს ახასიათებს კვების შიდა და გარე არე. კვების გარე არე მდებარეობს აუზის ფარგლების გარეთ, მოსაზღვრე ნაპრაღური წყლების მასი-ვის ფარგლებში. კვების შიდა არეა წყალშემცველი ქანების ჰიფსომეტრიულად ამალღებული გამოსავალი აუზის ფარგლებში.

აუზებისაგან განსხვავებით მასივებს აქვთ მხოლოდ კვების შიდა არე, ამას-თან ის მთლიანად ემთხვევა ნაპრაღური წყლების გავრცელების არეს.

აუზებისა და მოსაზღვრე მასივების მინისქვემა წყლები ჰიდრაულიკურად ურთიერთკავშირშია. მასივებია აუზების გარე კვების არე. საზღვარს აუზებსა და მასივებს შორის ატარებენ ფუნდამენტის ქანების ზედაპირზე გამოსავლის საზ-ღვარზე ან სიღრმული გეოლოგიური მონაცემების საფუძველზე.

განტვირთვის არე მდებარეობს წყალშემცველი ქანების ჰიფსომეტრიულად დაბალ ნაწილში. ბუნებრივი განტვირთვის არეებია დეპრესიები, მდინარეთა ხე-ობები, ზღვის ფსკერი და ა.შ.

წყალშემცველი რეზერვუარების შიგნით განტვირთვა ზოგჯერ ხორციელდე-ბა ტექტონიკური რღვევის ზონებში (დაწნევითი წყლები).

გამოსავლის ხასიათისა და წყალშემცველი ქანების მიხედვით არჩევენ: ფე-ნებრივ, ნაპრაღურ-ძარღვულ და კარსტულ წყაროებს (24).



## თავი VIII

### მინისქვეშა წყლების კლასიფიკაცია და დარაიონება

მინისქვეშა წყლების ერთიანი კლასიფიკაცია არ არსებობს, მათ აქვთ სხვადასხვა საფუძველი, რომელთაგან ძირითადია:

1. მინერალიზაცია;
2. ქიმიური შედგენლობა (მაკროკომპონენტები, მიკროკომპონენტები, გაზური შედგენილობა და სხვ.);
3. ტემპერატურა;
4. წყალშემცველი ქანები;
5. განლაგების პირობები;
6. გენეზისი;
7. ჰიდროგეოლოგიური სტრუქტურები;
8. გამოყენების პირობები და ა.შ.

ჩამოთვლილიდან 1-3 ეფუძნება მინისქვეშა წყლების შედგენილობასა და თვისებებს, 4-5 – მინისქვეშა წყლების ფორმირების კონკრეტულ პირობებს, 6-7 – პირობებისა და პროცესების კომპლექსების განსხვავებას, რომლებიც იცვლება გეოლოგიური ისტორიის ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში და ა.შ.

წყალშემცველი ქანების ტიპების მიხედვით მინისქვეშა წყლები იყოფა: ფოროვან, ნაპრაღურ-ძარღვულ და კარსტულ წყლებად. ამ შემთხვევაში კლასიფიკაცია ეფუძნება ქანების მორფოლოგიას და მცირედ – ქანების ფორიანობას (მეინცერი, ოფინიკოვი და სხვ.).

მინისქვეშა წყლების კლასიფიკაცია განლაგების პირობების მიხედვით ეფუძნება მინისქვეშა ჰიდროსფეროს სხვადასხვა მდებარეობას ვერტიკალურ ჭრილში. აქ ძირითადად გამოიყოფა დანალექი, მაგმური და მეტამორფული წყალშემცველი ქანები.

მინისქვეშა წყლების კლასიფიკაციის სქემები შედგენილია: ა. ჟერმუდსკის, ა. კოზირევის (1928), ვ. ვერნადსკის (1936), ფ. სავარენსკის (1939), ა. ოფინიკოვის (1949), ნ. ტოლსტიხინის (1954, 1956), მ. ალტოვსკის (1959), ე. პინეკერისა (1983) და სხვა მეცნიერთა მიერ.

კავკასიის რეგიონი მდიდარია მინისქვეშა წყლების მარაგებით, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ისინი ამ რეგიონშიც არათანაბრად არიან განაწილებული. მინისქვეშა წყლების სიუხვე კავკასიის ცენტრალურ და დასავლეთის მიმართულებით, ხოლო სიმცირე იგრძნობა აღმოსავლეთ რაიონებში – კასპისპირა დაბლობსა და აზერბაიჯანში.

## ირაკლი მიქაძე

ჰიდროგეოლოგიური დარაიონების მიხედვით კავკასია შედის კარპატებისა და ყირიმ-კავკასიის ჰიდროგეოლოგიურ ოლქში, რომელიც ხასიათდება რთული აგებულებით და შედგება რიგი ჰიდროგეოლოგიური სტრუქტურებისაგან.

ამ სტრუქტურებს შორის ძირითადია ნაოჭა-მთიანი მინისქვეშა წყლების აუზების რთული სისტემები და მათი მოსაზღვრე არტეზიული აუზები, რომელთაც უკავიათ მთისწინა და მთათაშუა ღრმულები, ხოლო იმიერკავკასიასა და ყირიმში – ეპიჰერცინული პლატფორმები.

ნაოჭა-მთიანი მინისქვეშა წყლების აუზების რთული სისტემები შეიცავს ნაპ-რალურ-ძარღვული წყლების მასივებს, მთათაშუა აუზებსა და ვულკანური ქანების საფარქვეშა მინისქვეშა წყლების აუზებს.

ყირიმ-კავკასიის ჰიდროგეოლოგიური ოლქი შედგება მთიანი ყირიმის, კავკასიონისა და მცირე კავკასიონის მინისქვეშა წყლების აუზების რთული სისტემებისაგან და დასავლეთ ყირიმის, აზოვ-ყუბანის, აღმოსავლეთ იმიერკავკასიის, აღმოსავლეთ შავი ზღვისა და მტკვრის არტეზიული აუზებისაგან (16).

ჩამოთვლილი აუზების რთული სისტემებიდან კავკასიის ჰიდროგეოლოგიურ ქვეოლქში შედის:

1. კავკასიონის მინისქვეშა წყლების აუზების რთული სისტემა;
2. აზოვ-ყუბანის არტეზიული აუზი;
3. აღმოსავლეთ იმიერკავკასიის არტეზიული აუზი;
4. მცირე კავკასიონის მინისქვეშა წყლების აუზების რთული სისტემა;
5. აღმოსავლეთ შავი ზღვისა და მტკვრის არტეზიული აუზები.

**1. კავკასიონის მინისქვეშა წყლების აუზების რთული სისტემა.** ამ სისტემაში მეოთხეული ასაკის ნალექების გრუნტის წყლები განაწილებულია არათანაბრად. ელუვიურ-დელუვიალური ნალექები იკვებება ატმოსფერული ნალექებისა და თოვლის დნობის შედეგად წარმოქმნილი წყლებით. მეოთხეული ნალექები ხასიათდება მრავალრიცხოვანი, მაგრამ მცირედებიტიანი წყაროების გამოსავლებით. დიდდებიტიანი წყაროები დამახასიათებელია ძირითადი ქანების გამოფიტვის შედეგად წარმოქმნილი ნაყარის დანაგროვებისათვის.

ტექტონიკური რღვევების ზონებთან დაკავშირებულია ნახშირორჟანგიანი ჰიდროკარბონატული კალციუმიანი და ნატრიუმიანი შედგენილობის, დაბალი მინერალიზაციის (3 გ/ლ-მდე) მინერალური წყლების გამოსავლები.

წყლის რესურსებზე მოთხოვნილება ნაკლებია, რადგან ეს ტერიტორია მცირედ არის დასახლებული.

**2. აზოვ-ყუბანის არტეზიული აუზი** შედგება შემდეგი სტრუქტურებისაგან: 1) ინდოლის არტეზიული აუზი; 2) ეგორლიკის აუზი; 3) ნევინომისკის არტეზიული აუზი.

გრუნტის წყლები დაკავშირებულია ყუბანის, დონისა და სხვა მდინარეების ალუვიური ნალექების ქვიშა-თიხურ ქანებთან და ლიოსისმაგვარ თიხნარებთან. ძველი და თანამედროვე ასაკის ალუვიონის წყალშემცველი ჰორიზონტები იკვებება ატმოსფერული ნალექებისა და მდინარეების საშუალებით წყალდიდობის

პერიოდში. ალუვიური ნალექები შეიცავენ მტკნარ, ადგილ-ადგილ მარილიან წყლებს 0,3-3,0 გ/ლ მინერალიზაციით. გრუნტის წყლების დებიტები როგორც ქებში, ასევე ბურღილებში მერყეობს 0,1-10,0 ლ/წმ.

ინდოლის არტეზიული აუზი ჰიდროგეოლოგიური პირობების მიხედვით დასავლეთ-ყირიმის აუზის ანალოგიურია, განსხვავება ისაა, რომ აქ მინისქვეშა წყლების ნაკადი მიმართულია აზოვის ზღვისაკენ, სადაც ხდება მათი განტვირთვა.

ეგორლიკის აუზში მინისქვეშა წყლები მიემართება ჩრდილოეთით და დასავლეთით, ნევენომისკის აუზში – დასავლეთით.

**3. აღმოსავლეთ იმერკავკასიის არტეზიული აუზში** შედის შემდეგი ჰიდროგეოლოგიური სტრუქტურები:

1) მინერალური წყლების შვერილის არტეზიული ფერდი, რომელთანაც დაკავშირებულია კავკასიის მინერალური წყლების საბადოები, 2) თერგ-ყუმის არტეზიული აუზი, 3) ალხანჩურტისა და სუნჟენის აუზები და 4) დაღესტნისა და კუსარსკის არტეზიული აუზები.

**4. მცირე კავკასიონის მინისქვეშა წყლების აუზების რთული სისტემა.** მცირე კავკასიონის ფარგლებში ფართოდაა გავრცელებული ნაპრალოური და ფოროვან-ნაპრალოური წყლები, რომლებიც ცირკულირებენ ლავურ განფენებში და ვულკანოგენურ-დანალექ, ინტრუზიულ და დანალექ ნარმონაქმნებში. დიდი წყაროების დებიტები 1000-2000 ლ/წმ-ის ფარგლებშია. ლავურ განფენებთანაა დაკავშირებული ვულკანოგენური მინისქვეშა წყლების აუზები: ახალქალაქის, გეგამის, ვარდენისის, არაგანის და ყარაბაღის.

მცირე კავკასიონის ფარგლებში გამოიყოფა 3 ჰიდროდინამიკური ზონა:

1) ზედა – ინტენსიური ცირკულაციისა და არამდგრადი რეჟიმის, რომელსაც მიეკუთვნება გრუნტის წყლები;

2) შუა – გაძნელებული ცირკულაციის, რომელსაც მიეკუთვნება აუზების განაპირა, ჰიფსომეტრიულად ამაღლებული ნაწილის არტეზიული წყლები;

3) ქვედა – უაღრესად გაძნელებული ცირკულაციის წყლები, სადაც წყალცვლა მიმდინარეობს ძლიერ ნელა.

მცირე კავკასიონის ნაოჭა ზონაში გვხვდება სხვადასხვა შედგენილობის მინისქვეშა წყლები, სადაც გამოიყოფა რიგი არტეზიული აუზები. მათ შორის აღსანიშნავია:

1) თბილისის არტეზიული აუზი, რომელიც მდებარეობს აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის აღმოსავლეთ ნაწილში. მასთან დაკავშირებულია თბილისის თერმული წყლები;

2) ერევნის არტეზიული აუზი;

3) არაქსისპირა არტეზიული აუზი, რომელიც გამოირჩევა წყალუხვობით.

**5. აღმოსავლეთ შავი ზღვისა და მტკვრის არტეზიული აუზების საზღვრები** გადის: ჩრდილოეთით – ჩრდილო-დასავლეთ კავკასიონის ლერძულ ზონაში, აღმოსავლეთით – ძირულის მასივზე, ხოლო სამხრეთით – აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის ჩრდილოეთის ნაწილის რღვევების გასწვრივ.

## **ირაკლი მიქაძე**

ჰიდროგეოლოგიური დარაიონების მიხედვით (ნახ. 5) საქართველოს ტერიტორიაზე გამოიყოფა შემდეგი ჰიდროგეოლოგიური ოლქები (6):

- I. კავკასიონის კრისტალური სუბსტრატის გრუნტის (ნაპრალიანი) წყლები;
- II. კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ნაოჭა ზონის წყალწნევიანი სისტემები;
- III. საქართველოს ბელტის არტეზიული აუზები;
- IV. აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის წყალწნევიანი სისტემები;
- V. ართვინ-სომხეთის ბელტის გრუნტის წყლები.

**I. კავკასიონის კრისტალური სუბსტრატის გრუნტის წყლების ოლქი** ემთხვევა ჩვენ მიერ კავკასიის ჰიდროგეოლოგიურ ქვეოლქში უკვე აღწერილ კავკასიონის მინისქვეშა წყლების აუზთა რთული სისტემის ოლქს, ამდენად მას აღარ განვიხილავთ.

**II. კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ნაოჭა ზონის წყალწნევიანი სისტემები** შეიცავენ ნაპრალიან და ნაპრალო-კარსტულ წყალწნევიანი სისტემების 4 რაიონს და გრუნტის ნაპრალიანი წყლების 2 რაიონს.

II<sub>1</sub> – აფხაზეთის ნაპრალოვანი წყლების წყალწნევიანი სისტემა მოიცავს მდინარეების – ბზიბის, გუმისთის, კელასურის და კოდორის სათავეების მაღალმთიან რაიონს. ბზიბის, აჟარის, გენწვიშისა და სხვა მდინარეების გამოტანის კონუსებთან არსებული წყაროების ბაზაზე შეიძლება მაღალი წარმადობის სასმელი წყლის სათავე ნაგებობების დაპროექტება.

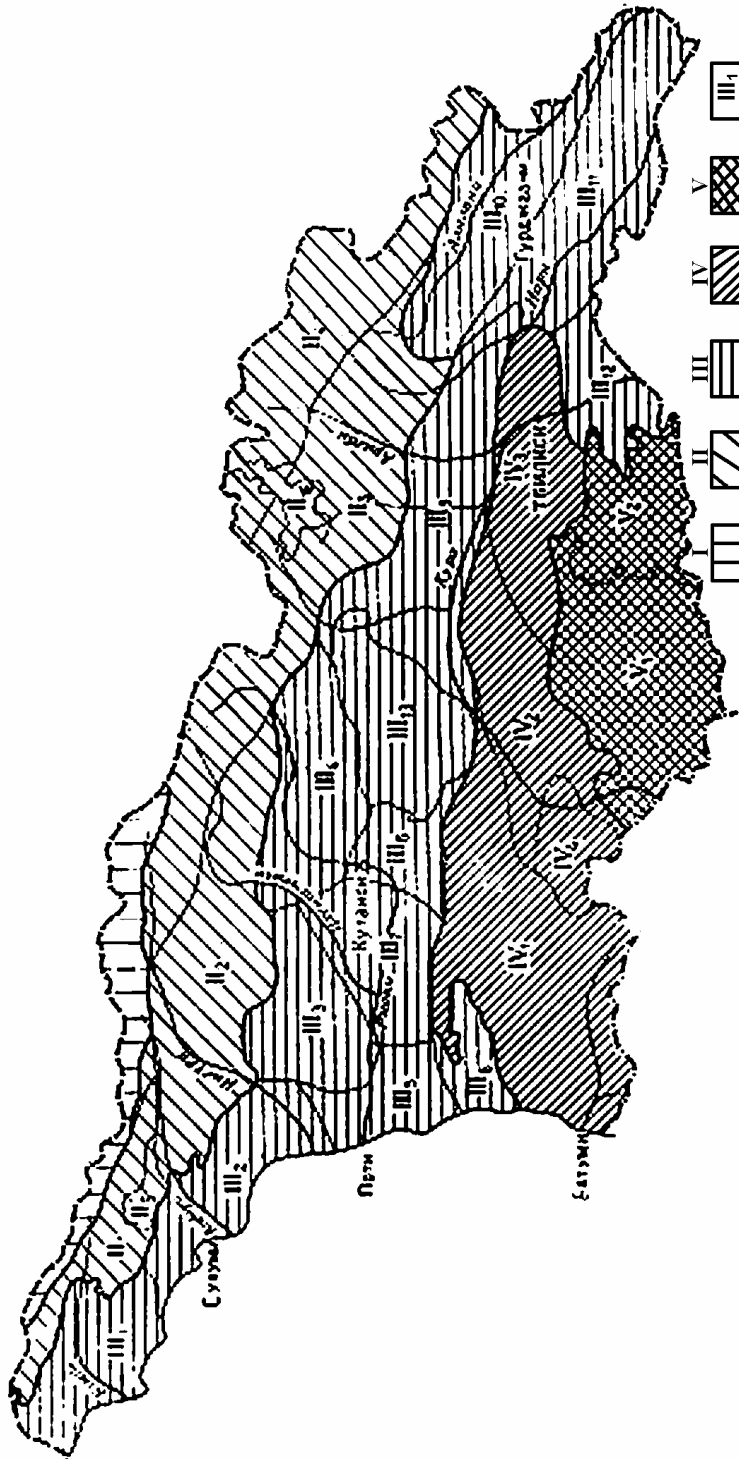
მინერალური წყლების გამოსავლები დაკავშირებულია ტექტონიკურ რღვევებთან და ხასიათდება მცირე დებიტებითა და დაბალი ტემპერატურებით.

შედგენილობის მიხედვით მინერალური წყლები მიეკუთვნება ჰიდროკარბონატულ კალციუმიანს (ლაშიფსე, ანგარა, ღვანდრა), ჰიდროკარბონატულ ნატრიუმიანს (ავადხარა) და ჰიდროკარბონატულ მაგნიუმიანს (საკენი). აღსანიშნავია ბაშკაცარის სულფატური, ალუმინიან-რკინიანი წყალი. მინერალური წყლები შეიცავს თავისუფალ ნახშირორჟანგს, უმეტესობა წყლებისა – რკინას.

რეჟიმული დაკვირვებების საფუძველზე განსაზღვრული მინისქვეშა წყლების ბუნებრივი რესურსები შეადგენს 29,7 მ<sup>3</sup>/წმ, რომელთა უმეტესი ნილი მოდის იურული ასაკის ნალექების გავრცელების ფარგლებში მეოთხეული ნაყარის მინისქვეშა წყლებზე.

II<sub>2</sub> – სვანეთის ნაპრალიანი წყლების წყალწნევიანი სისტემა მოიცავს კოდორის, სამეგრელოს, სვანეთისა და ლეჩხუმის ქედებს 3500 მეტრ სიმაღლემდე.

აქტიური წყალცვლის ზონაში ნალექების წყალშემცველობის ხარისხი სხვადასხვაა. ინტენსიური ნაპრალიანობის ზონაში გვხვდება წყაროები 5 ლიტრამდე/წამში დებიტით, ხოლო დელუვიურ-კოლუვიურ წარმონაქმნებში – 30 ლიტრამდე წამში.



ნახ. 5. საქართველოს ჰიდროგეოლოგიური დარაიონების სქემა (ი.მ. ბუაჩიძე)

ჰიდროგეოლოგიური ოლქები: 1 – კავკასიონის კრისტალური სუბსტრატის გრუნტის (ნაპრალიანი) წყლები; 2 – კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ნაოჭა ზონის წყალწვევიანი სისტემა; 3 – საქართველოს ბელტის არტეზიული აუზები; 4 – აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის წყალწვევიანი სისტემა; 5 – ართვინ-სომხეთის ბელტის გრუნტის წყლები; 6 – ჰიდროგეოლოგიური რაიონი

## ირაკლი მიქაძე

მინერალური წყლების გამოსავლები ძირითადად დაკავშირებულია ტექტონიკურ რღვევებთან და ანტიკლინური სტრუქტურების თალებთან. ისინი ხასიათდებიან დაბალი ტემპერატურებით ( $7-12^{\circ}\text{C}$ ) და  $0,3$ -დან  $18$  გ/ლ-მდე მინერალიზაციით (ბავარის, ლენტეხის, მუაშის და სხვ.). მინერალური წყლების დებიტები, ხოჯალის წყაროს გამოკლებით ( $23$  ლ/წმ), არ აღემატება  $0,5$  ლ/წმ, ისინი შეიცავენ დიდი რაოდენობით ნახშირორჟანგს.

II<sub>3</sub> – მესტია-თიანეთის ნაპრალიანი და ნაპრალო-კარსტული წყლების წყალწნევიანი სისტემა მოიცავს კავკასიონის ქედის სამხრეთი ფერდის ცენტრალურ ნაწილს. რელიეფი ძლიერ დანაწევრებულია, სიმაღლეთა სხვაობა მერყეობს  $1200-2200$  მეტრის ფარგლებში.

მეოთხეული ასაკის მორენული, დელუვიური და ალუვიური ნალექები, რომლებიც მთის ფერდობების ძირში ქმნიან მძლავრ ნაყარს, ხასიათდებიან დიდი წყალშემცველობით. წყაროების დებიტები მერყეობენ დიდ ფარგლებში  $1-3$ -დან  $1000-5000$  ლ/წმ-მდე, ისინი მდინარეების კვების ძირითადი წყაროებია.

გაძნელებული წყალცვლის ზონაში გვხვდება შედარებით მინერალიზებული, ნახშირორჟანგიანი წყლები, სადაც გამოიყოფა მინერალური წყლების 3 ჯგუფი: კარბონატული, სოდიანი და მარილიანი-ტუტე წყლები. ჩარგალის უბანზე ჭაბურღილებით მიღებულია  $22$  გ/ლ მინერალიზაციის მინერალური წყალი.

ამ რაიონის მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი რესურსები, გამოთვლილი რეჟიმული დაკვირვებებით, ტოლია  $73,5$  მ<sup>3</sup>/წმ.

II<sub>4</sub> – ყაზბეგ-მთათუშეთის ნაპრალიანი წყლების წყალწნევიანი სისტემა მდებარეობს კავკასიონის სამხრეთ ფერდის მაღალმთიან ნაწილში და მოიცავს – მდინარეების თერგის, არაგვის, არღუნისა და ალაზნის ზემო წელს. რაიონის ტერიტორია ძლიერ დანაწევრებულია, სიმაღლეთა სხვაობა შეადგენს  $1000-2000$  მ-ს.

უწნევეო მიწისქვეშა წყლების წყალშემცველობა დაბალია, წყაროების დებიტები მერყეობს  $0,1-0,3$  ლ/წმ. შედარებით მაღალი წყალშემცველობით გამოირჩევა მეოთხეული ნალექები, სადაც წყაროების დებიტები აღწევენ რამდენიმე ასეულ ლიტრს წამში.

ქვედა ჰიდროდინამიკური ზონის მიწისქვეშა წყლების მინერალიზაცია მაღალია (ძირითადად,  $1,5-6$  გ/ლ, მაგრამ გვხვდება  $40$  გ/ლ). მიწისქვეშა წყლების ტემპერატურა თორღვას აბანოსა და ყვარელის წყაროების გამოკლებით დაბალია ( $5-13^{\circ}\text{C}$ ).

დიდი დებიტებით გამოირჩევა საქართველოს სამხედრო გზის გასწვრივ არსებული წყაროები ( $3-6$  ლ/წმ), ხოლო ნარზან-ვოკლიუზის წყაროს დებიტი შეადგენს  $300$  ლ/წმ-ს.

რეჟიმული დაკვირვებების საფუძველზე გამოთვლილი, ამ წყალწნევიანი სისტემის მიწისქვეშა წყლების ჯამური, ბუნებრივი რესურსები ტოლია  $39,6$  მ<sup>3</sup>/წმ-ის.

II<sub>5</sub> – კელასურის კრისტალური მასივის ნაპრალიანი, გრუნტის წყლების რაიონი მოიცავს ბათური ასაკის გრანიტებით აგებულ მთიან ტერიტორიას, რომელიც ინტენსიურადაა დანაწევრებული ტექტონიკური ნაპრალებით.

რაიონში გავრცელებულია ძირითადად ნაპრაღური ტიპის გრუნტის წყლები, რომლებიც შედგენილობის მიხედვით ჰიდროკარბონატული კალციუმიანი, მტკნარი და ულტრამტკნარია (0,12 გ/ლ).

რეჟიმული დაკვირვებებით განსაზღვრული ჯამური ბუნებრივი რესურსები ტოლია 1,8 მ<sup>3</sup>/წმ-ის.

II<sub>6</sub> – ყელი-ყაზბეგის ლავური ნაკადების ნაპრაღიანი, გრუნტის წყლების რაიონი მდებარეობს კავკასიონის მაღალმთიან ნაწილში და წარმოდგენილია ვულკანური კონუსებით, რომლებიც 3000-5000 მეტრ სიმაღლეზეა აზიდული.

ამ ნალექების წყალშემცველობა მერყეობს დიდ ფარგლებში, გვხვდება 0,2-დან 200 ლ/წმ დებიტის წყაროები, უმეტესად – 5-10 ლ/წმ. მაღალი წყალშემცველობით გამოირჩევა გუდაურისა და ხორისარის ლავური ნაკადები (რამდენიმე ათეულიდან 1 მ<sup>3</sup>/წამში). მინისქვეშა ნაკადის მოდული შეადგენს 30 ლ/წმ 1 კმ<sup>2</sup>-ზე.

ეფუზიურ ნალექებთან ადგილ-ადგილ დაკავშირებულია ნახშირორჟანგიანი მინერალური წყლების გამოსავლები (სიონი, არშა, ერმანი-დონი და ბაიდარის ჯგუფის წყაროების ნაწილი).

რეჟიმული დაკვირვებების საფუძველზე გამოთვლილი ამ რაიონის მინისქვეშა წყლების რესურსები 6,5 მ<sup>3</sup>/წმ-ის ტოლია.

**III. საქართველოს ბელტის არტეზიული აუზების ჰიდროგეოლოგიური ოლქი** მდებარეობს კავკასიონის სამხრეთ ფერდსა და აჭარა-თრიალეთის ქედის ჩრდილოეთ ფერდს შორის, რომელსაც დასავლეთ და აღმოსავლეთ ნაწილებად ყოფს ძირულის კრისტალური მასივი.

არტეზიულ აუზებში გავრცელებულია ღრმა ცირკულიაციის ფოროვან-ფენოვანი, ფენოვან-ნაპრაღური და კარსტული მინისქვეშა წყლები, იშვიათად, ღრმად დაძირულ სტრუქტურებში – სედიმენტაციური წყლები.

არტეზიულ აუზებში შეინიშნება მინისქვეშა წყლების კარგად გამოსახული გაზური და ქიმიური შედგენილობის და თერმული რეჟიმის ვერტიკალური ზონალობა. სახელდობრ, სილრმესთან ერთად მატულობს მინისქვეშა წყლების მინერალიზაცია, თუმცა, კოდორის, სამეგრელოსა და კოლხეთის აუზებში ზედაცარცული და მესამეული ასაკის მაღალმინერალიზებული წყლების გავრცელების ზონის ქვეშ, ქვედაცარცული ასაკის წყალშემცველ ჰორიზონტში, 2-2,5 კმ სიღრმეში, აღმოჩენილია მტკნარი, ჰიდროკარბონატული კალციუმიანი-მაგნიუმიანი შედგენილობის წყლები.

III<sub>1</sub> – ნაპრაღური და ნაპრაღურ-კარსტული წყლების ბზიფის არტეზიული აუზი მდებარეობს დასავლეთ აფხაზეთის ზღვისპირა და საშუალომთიან ნაწილში.

ღრმა ბურღვის მონაცემებით (გაგრა, ლესელიძე, ბიჭვინთა, ბზიფი) წყალშემცველი ჰორიზონტები 2000 მეტრ სიღრმემდე შეიცავენ მტკნარ, ჰიდროკარბონატულ ან სულფატურ წყლებს. გრუნტის წყლები ფართოდაა გავრცელებული მთის კალთების ძირში, მდინარეების ხეობებში, გამოტანის კონუსებში და ზღვის სანაპიროზე არსებულ ალუვიურ, პროლუვიურ და კოლუვიურ ქვიშა-რიყნარსა და ღორღ-ლოდნარში.

### *ირაკლი მიქაძე*

წყალშემცველი ჰორიზონტები გამოირჩევა წყალუხვობით, მაგრამ მათი რესურსები მკვეთრად მერყეობს წლის განმავლობაში მინისქვეშა წყლების კარსტული ხასიათის გამო. მაგალითად, ძველ გაგრაში, ზღვის პლაჟზე გამოშვებული კარსტული წყაროს – რეპრუას დებიტი ცვალებადობს 0,7-დან 11 მ<sup>3</sup>/წმ-მდე.

რეჟიმული გამოთვლების თანახმად, ამ აუზის მინისქვეშა წყლების ბუნებრივი რესურსები შეადგენს 24,3 მ<sup>3</sup>/წმ-ს.

III<sub>2</sub> – ფოროვანი, ნაპრაღური და ნაპრაღურ-კარსტული წყლების კოდორის არტეზიული აუზი მდებარეობს ბზიფის აუზის სამხრეთ-აღმოსავლეთით და უკავია კავკასიონის სამხრეთ-დასავლეთი წინამთიანეთი და ზღვისპირა დაბლობი 0-დან 1800 მეტრის ფარგლებში.

მთავარი წყალშემცველი ჰორიზონტი მდებარეობს ქვედა ცარცული ასაკის (ვალანჟინ-ჰოტრივული) კარბონატულ ნალექებში. წყალშემცველობის მიხედვით მეორე ჰორიზონტს წარმოადგენს ზედა ცარცის ასაკის კირქვების, მერგელების და ნანილობრივ ქვედა პალეოგენის წყალშემცველი ჰორიზონტი. ქვედა და ზედა ცარცული ასაკის მინისქვეშა წყლები დაძირვის ზონაში თერმულია და გამოიყენება ბალნეოლოგიური მიზნით.

არტეზიული აუზის ჩრდილოეთ ნაწილში ფორმირებული ფოროვანი, ნაპრაღური და ნაპრაღურ-კარსტული გრუნტის წყლების ჯამური, ბუნებრივი რესურსები შეადგენს 8,2 მ<sup>3</sup>/წმ-ს, ხოლო წნევიანი ჰორიზონტების – 6,1 მ<sup>3</sup>/წმ-ს.

III<sub>3</sub> – ნაპრაღური და ნაპრაღურ-კარსტული წყლების სამეგრელოს არტეზიული აუზი მოიცავს სამეგრელოს სინკლინორიუმს და აგებულია მეზოზოურ-კაინოზოური ნალექებით. ამ აუზშიც გამოკვეთილია 2 ნაპრაღური და ნაპრაღურ-კარსტული წყალშემცველი ჰორიზონტი ქვედა და ზედა ცარცული ასაკის კარბონატულ ქანებში, რომლებიც განმხოლოებულია ალბ-აპტის ასაკის მერგელურ-თიხური წყალუპოვარი შრით.

ზუგდიდის, ცაიშისა და ნაქალაქევის ტერიტორიაზე გაყვანილი ჭაბურღილების საშუალებით დადგენილია ქვედაცარცული ასაკის კირქვების წყალშემცველი ჰორიზონტის წყალუხვობა. დიდი სიღრმის გამო, მინისქვეშა წყლებს აქვთ მაღალი ტემპერატურა (80-100°C). სტრუქტურის სამხრეთ, ანტიკლინურ ნაწილში (სოფ. ცაიში), მაღალტემპერატურიანი წყლები უახლოვდება ზედაპირს და ინვევს გეოთერმული გრადიენტის მკვეთრ მომატებას.

აუზის ბუნებრივი რესურსები, გამოთვლილი რეჟიმული დაკვირვებების საფუძველზე, შეადგენს 19,8 მ<sup>3</sup>/წმ-ს (იგი ბევრად მეტი უნდა იყოს, რადგან არ შეიცავს იმ წყლების რესურსებს, რომლებიც განიტვირთებიან აუზის ფარგლებს გარეთ).

III<sub>4</sub> – ნაპრაღური და ნაპრაღურ-კარსტული წყლების რაჭა-ლეჩხუმის არტეზიული აუზის თანამედროვე და მეოთხეული ასაკის ალუვიური და დელუვიური ნალექები ხასიათდებიან სხვადასხვა წყალშემცველობით. მდინარეების ჭალები-სა და ჭალისზედა ტერასების ალუვიური ქვიშა-რიყნარი გამოირჩევა დიდი წყალშემცველობით და შეიცავს მტკნარ, ჰიდროკარბონატულ კალციუმიან წყლებს.



აუზის მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი რესურსები, გამოთვლილი რეჟიმული დაკვირვებების საფუძველზე, შეადგენს 26 მ<sup>3</sup>/წმ-ს, რომლის ძირითადი ნაწილი მოდის გრუნტის წყლებზე.

III<sub>5</sub> – ფოროვანი, ნაპრაღური და ნაპრაღურ-კარსტული წყლების კოლხეთის არტეზიული აუზი მოიცავს კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ ნაწილს და სამხრეთ სამეგრელოს ანტიკლინური წინამთიანეთის სამხრეთ კალთებს.

აუზის უმეტესი ნაწილი დაფარულია მეოთხეული ასაკის ქვიშა-რიყნარითა და თიხური წარმონაქმნებით, რომელთა სიმძლავრე 400 მეტრზე მეტია. მათ ქვეშ დალექილია 3000 მეტრზე მეტი სიმძლავრის, ნეოგენისა და პალეოგენის თიხურ-ქვიშური ნალექები, ხოლო უფრო ღრმად – 2500 მეტრზე მეტი სისქის ცარცული ასაკის კარბონატულ-ტერიგენული და ვულკანოგენური ქანები.

კოლხეთის დაბლობის ზედაპლესტოცენური ასაკის ნალექების წყებაში ახალევქსინურ და კარანგატულ ჰორიზონტებს შორის, პირველად ჟ. ჯანელიძისა და ი. მიქაძის მიერ (1975), გამოყოფილ იქნა ნალექების ტრანსგრესიული სერია და დაზუსტდა პლესტოცენური ნალექების სტრატиграფიული სქემა (ნახ. 6).

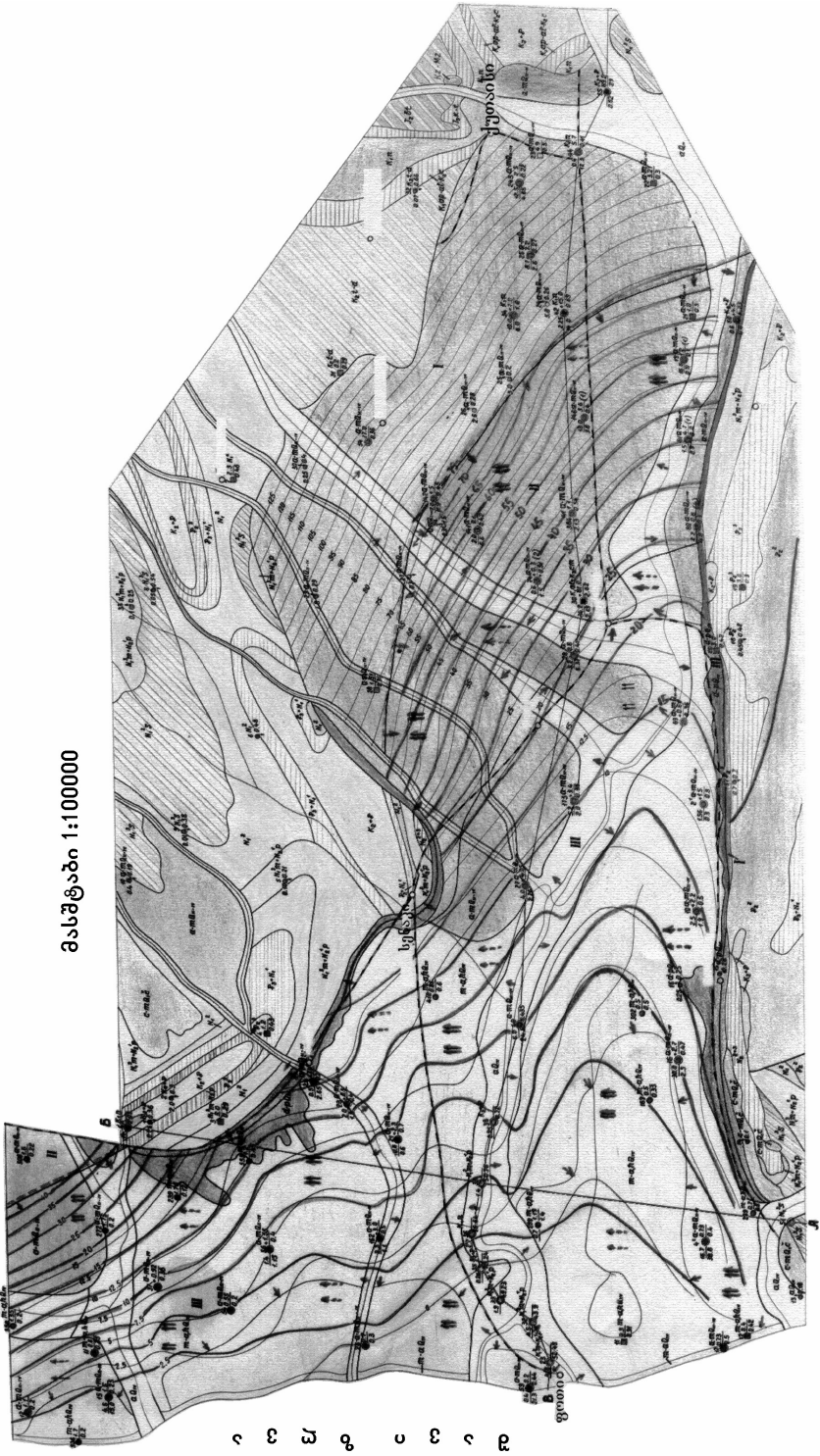
აუზში გამოიყოფა 3 მთავარი წყალშემცველი ჰორიზონტი, რომლებიც შეიცავენ მრავალ წყალშემცველ ფენას.

დიდი გავრცელებით სარგებლობს ღრმად ჩაძირული ქვედაცარცული ასაკის ნაპრაღური და ნაპრაღურ-კარსტული ჰორიზონტი, რომლის სიმძლავრე აღწევს რამდენიმე ასეულ მეტრს. ეს ჰორიზონტი გამოირჩევა დიდი წყალშემცველობით, შეიცავს თერმულ წყლებს (100°C), ხასიათდება დაბალი მინერალიზაციითა და ჰიდროკარბონატულ-სულფატური შედგენილობით. თერმული წყლები შეიცავს ატმოსფერული წარმოშობის აზოტს.

ზედაცარცული ასაკის კირქვების ნაპრაღური და ნაპრაღურ-კარსტული წყლები გავრცელებულია აუზის მთელ ტერიტორიაზე. ეს ჰორიზონტი ხასიათდება მცირე წნევებით. მიწისქვეშა წყლების მინერალიზაცია მაღალია (100 გ/ლ-მდე), ხოლო ტიპი – ქლორიდული ნატრიუმის, სილრმის მიხედვით წყლის ტემპერატურა მატულობს 25-დან 50°C-მდე.

აუზში ფართოდაა გავრცელებული მეოთხეული ასაკის ქვიშა-რიყნარი ნალექების დაბალმინერალიზებული, ჰიდროკარბონატული კალციუმისანი წყლები, რომლებიც მიღებულია ჭაბურღილების საშუალებით. მათი მაქსიმალური დებიტია 15-20 ლ/წმ-ში. წყალშემცველი ჰორიზონტის განლაგების სიღრმეა 350 მ, ხოლო ჰორიზონტების ჯამური სიმძლავრე – 100 მ. ჰიდროდინამიკური გაანგარიშებით ჰორიზონტის რესურსები აღწევს 4 მ<sup>3</sup>/წმ-ს (ნახ. 7, 8).










ნახ. 7. კოლხეთის დაბლობის ცენტრალური ნაწილის მეოთხეული ნალექების ჰიდროგეოლოგიური რუკა (შეადგინა ი. მიქაძემ)

**ირაკლი მიქაძე**


**I – წყალშემცველი ჰორიზონტები**

<p> თანამედროვე ალუვიური, კალაპოტისა და ჭალის ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი. რიყნარი, ქვიშები, თიხნარი</p>	<p> შუა მიოცენის ნალექების წყალშემცველი კომპლექსი. ქვიშაქვები, კონგლომერატები, მერგელები და თიხები</p>
<p> შავიზღვისპირა ზოლის თანამედროვე ზღვისა და ალუვიური ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი. ღორღი, ქვიშები, თიხიანი ქვიშები</p>	<p> შუა ეოცენის ნალექების წყალშემცველი კომპლექსი. ტუფები, ტუფოპეიშაქვები, ტუფოქვიშაქვები, არგილიტები და მერგელები</p>
<p> თანამედროვე ზღვის, ალუვიური და ჭაობის ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი. თიხნარი, ქვიშნარი და თიხები ტოროვის შუა შრეებით</p>	<p> პალეოგენისა და ზედა ცარცის წყალშემცველი კომპლექსი. კირქვები, მერგელოვანი კირქვები და მერგელები</p>
<p> მთისწინა შლეიფების თანამედროვე დელვიური და პროლუვიური ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი. თიხა მონატეხი მასალის ჩანართებით</p>	<p> ზედა ცარცის დათისა და ტურონის იარუსების წყალშემცველი კომპლექსი. ტუფები, ტუფოქვიშაქვები და კირქვები</p>
<p> თანამედროვე, ზედა და შუამეთხეული ალუვიური და ალუვიურ-ზღვიური ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი. რიყნარი, ქვიშნარი, თიხნარი და თიხები</p>	<p> ნეოკომის ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი. კირქვები, დოლომიტები, ქვიშაქვები და მერგელოვანი კირქვები</p>
<p> ქვედამეთხეული (ჩაუდის) კონტინენტალურ-ზღვიური ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი. ქვიშაქვები, კონგლომერატები, თიხები</p>	<p> შუაიურული ბათური ნალექების სპორადულად გავრცელებული მინისქვეშა წყლები. ფიქლები, ქვიშაქვები</p>
<p> პონტისა და მეოტისის იარუსების წყალშემცველი კომპლექსი. თიხები, მერგელები და კონგლომერატები, ქვიშაქვებისა და ქვიშების შუა შრეებით</p>	<p> პალეოზური და მეზოზოური ამოფრქვეული ქანების ღია, ნაპრალოზური ზონის მინისქვეშა წყლები. გრანიტები, ბაზალტები და ტემენიტები</p>
<p> სარმატის იარუსის სპორადული გავრცელების მინისქვეშა წყლები. თიხები და მერგელები ქვიშაქვებისა და კირქვების შუა შრეებითა და ლინზებით</p>	

**II – წყალგაუმტარი ქანები**

<p> წყალუპოვარი ზედა და შუაპლიოცენური ნალექები. თიხები, შეცემენტებული კონგლომერატები</p>	<p> ზედა ცარცის სენომანის იარუსისა და ქვედა ცარცის აპტ-ალბის იარუსების წყალუპოვარი ნალექები. თიხები, მერგელები, კირქვები, ტუფები და ტუფოგენური ქვიშაქვები</p>
<p> მაიკოპის წყლების წყალუპოვარი ნალექები. თიხები, მერგელები</p>	<p> ზედა იურის კიმერიჯ-ტიტონის იარუსების წყალუპოვარი ნალექები. თიხები, თიხაფიქლები</p>
<p> ზედა ეოცენის წყალუპოვარი გაფიქლებული მერგელები</p>	

**III – მინისქვეშა წყლების დინამიკის ელემენტები**

<p> ჰიდროიზოჰიფსები (ზაფხულის მინიმუმი)</p>	<p> პიეროიზოჰიფსები (ზაფხულის მინიმუმი)</p>
--	--

**IV – მინერალიზაცია და ქიმიური შემადგენლობა**

- ჰიდროკარბონატის იონის უპირატესობით
- სულფატის იონის უპირატესობით
- ქლორის იონის უპირატესობით
- შერეული შემადგენლობის წყლები

**შენიშვნა:** ზედაპირიდან პირველი წყალშემცველი ჰორიზონტის ან კომპლექსის მინერალიზაცია არ აღემატება 1 გ/ლ-ს

V – მიწისქვეშა წყლების ფორმირების ელემენტები

- ა) გრუნტის წყლების კვება მდინარეების მიერ წნევიანი წყლებით  
 ბ) გრუნტის წყლების განტვირთვა ჭაობებში აორთქლებით და გამოსოფლით



VI – ჰიდროგეოლოგიური დარაიონება

- I მიწისქვეშა წყლების კვების არე – კაჭარ-რიყნარისა და ქვიშურ-ლორლიანი ქანების უპირატესი გავრცელებით  
 II მიწისქვეშა წყლების წნევის შექმნისა და ნაწილობრივი განტვირთვის არე – რიყნარისა და თიხნარის უპირატესი გავრცელებით  
 III მიწისქვეშა წყლების განტვირთვის არე – თიხნარის, ქვიშნარის, ქვიშებისა და რიყნარის უპირატესი გავრცელებით

- I მეოთხეული ნალექების მიწისქვეშა წყლების ჰიდროგეოლოგიური რაიონების საზღვრები და ნომრები  
 II

VII – სხვა აღნიშვნები

  	<p>ალმაველი წყარო დალმაველი წყა</p>	<p>ციფრები: ზევით – რიგითი ნომერი და წყალშემცველი ქანების გეოლოგიური ასაკის ინდექსი; მარცხნივ – დებიტი, ლ/წმ, მარჯვნივ – წყლის მინერალიზაცია, გ/ლ</p>	 	<p>წნევიან ჰორიზონტში არსებული ჭაბურღილი გრუნტის წყლის ჰორიზონტში არსებული ჭაბურღილი</p>	<p>ციფრები: ზევით – რიგითი ნომერი და წყალშემცველი ქანების გეოლოგიური ასაკის ინდექსი; მარცხნივ, მრიცხველში – დებიტი, ლ/წმ, მნიშვნელში – წყლის დონის დაწვევა, მ; მარჯვნივ, მრიცხველში – დამყარებული წყლის დონე, მ, მნიშვნელში – მინერალიზაცია, გ/ლ</p>
----------	-------------------------------------	---	------	--	--



VIII – აღნიშვნები ჭრილებზე

  	<p>პიეზომეტრიული დონე</p> <p>ჭაბურღილი, ციფრები: ზევით – რიგითი ნომერი, ფერი შეესაბამება წყლის ქიმიურ შემადგენლობას დასინჯულ ინტერვალში. ისარი მიუთითებს მიწისქვეშა წყლების წნევას; ციფრი ისართან – წყლის პიეზომეტრიული დონე აბსოლუტურ ნიშნულში; მარჯვნივ, პირველი – დებიტი, ლ/წმ, მეორე – დონის დაწვევა, მ; მარცხნივ, პირველი – მინერალიზაცია, გ/ლ, მეორე – წყლის ტემპერატურა, C<sup>0</sup></p> <p>პალეოზოური ასაკის გრანიტოიდები</p> <p>შუა იურის, ბაიოსის იარუსის ნალექების წყალშემცველი კომპლექსი, პორფირიტები, ტუფები</p>	<p>ქანების ლითოლოგია</p>    	    
----------	---	--	------------------

ნახ. 8. ჰიდროგეოლოგიური რუკის პირობითი ნიშნები

## ირაკლი მიქაძე

მეოთხეული ნალექების ზედა ნაწილი – თანამედროვე ალუვიური, ჭაობისა და ზღვიური დიუნების ნალექები – შეიცავს გრუნტის წყლებს. ალუვიური ნალექების წყლები ფართოდაა გავრცელებული აუზის ჩრდილოეთ პერიფერიაზე და ხასიათდება მაღალი სასმელი თვისებებით.

აუზის ჯამური რესურსები შეფასებულია  $10 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ -ის ფარგლებში.

III<sub>6</sub> – ფოროვანი და ნაპრაღური წყლების გურიის არტეზიული აუზი მოიცავს გურიის გორაკბორცვიან დეპრესიას და მის მიმდებარე ზღვისპირა დაბლობს. აუზში ფართოდაა გავრცელებული გრუნტის წყლები და შედარებით ღრმა ცირკულაციის წყლები, რომლებიც გაიხსნა ნავთობის საძიებო ჭაბურღილების საშუალებით. ქვედა- და ზედაცარცულ-პალეოცენის ჰორიზონტის მიწისქვეშა წყლები მდებარეობენ დიდ სიღრმეზე და ადვილი შესაძლებელია, რომ ისინი შეიცავდნენ ქლორიდული ტიპის მაღალმინერალიზებულ, თერმულ წყლებს. ამ აუზის ბუნებრივი რესურსები აღემატება  $5 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ -ს.

III<sub>7</sub> – ფოროვანი, ნაპრაღური, ნაპრაღურ-კარსტული და კარსტული წყლების წყალტუბოს არტეზიული აუზი მოიცავს ქვემო იმერეთის დაბლობსა და მიმდებარე სამგურალის ქედს.

აუზში ფართო გავრცელებით სარგებლობს მეოთხეული ასაკის ქვიშა-რიყნარის წყალშემცველი ჰორიზონტი. გრუნტის წყლების დებიტები მერყეობს უმნიშვნელოდ ათას ლიტრამდე წამში (ფარცხანაყანებისა და გორჩა-ჯიხაიშის წყაროები).

წყალშემცველი ჰორიზონტი დასავლეთის მიმართულებით ხდება წნევიანი, რადგან ქვიშა-რიყნარი, რომელიც შეიცავს მიწისქვეშა წყლებს, იძირება თიხნართიხურ-ქვიშური ნალექების ქვეშ და თანდათან ისოლება.

ამ ჰორიზონტის როგორც გრუნტის, ასევე წნევიანი წყლები დაბალმინერალიზებული, ჰიდროკარბონატული კალციუმიანია და ხასიათდება კარგი სასმელი თვისებებით.

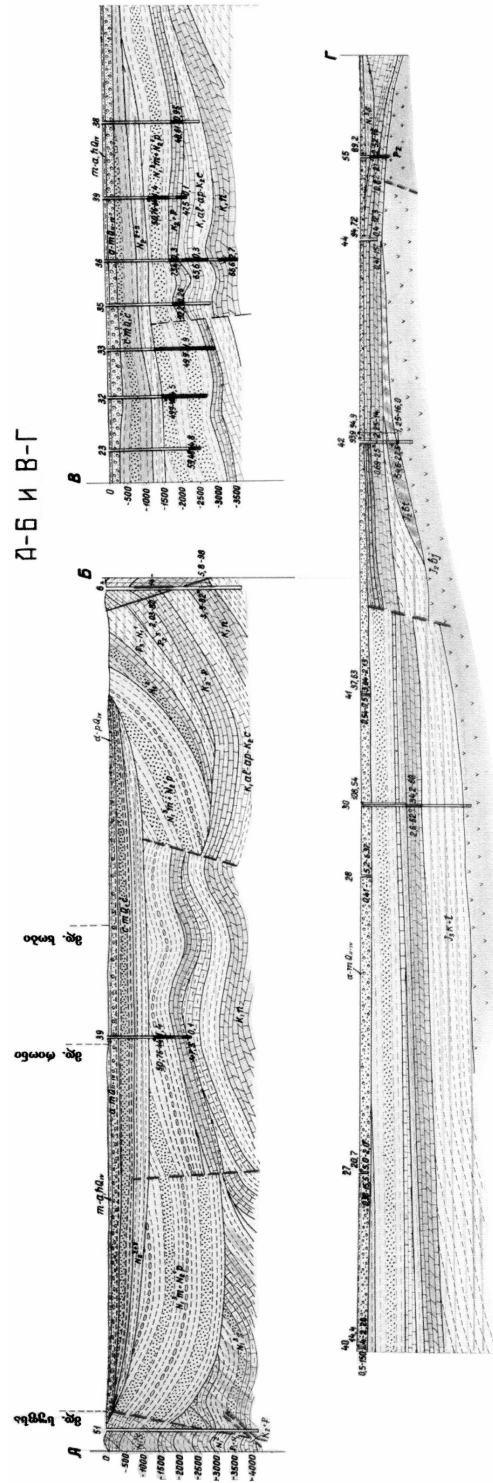
რეჟიმული დაკვირვებებით გამოთვლილი, აუზის ბუნებრივი რესურსები შეადგენს  $15 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ -ს.

III<sub>8</sub> – ფოროვანი, ნაპრაღური და ნაპრაღურ-კარსტული წყლების არგვეთის არტეზიული აუზი მოიცავს ყვირილის სინკლინს, სადაც გამოიყოფა ქვედაცარცული, ზედაცარცული და პალეოცენის ასაკის წნევიანი და მძლავრი, მეოთხეული ასაკის წყალშემცველი ჰორიზონტები.

აუზის ჯამური ბუნებრივი რესურსები, გამოთვლილი რეჟიმული დაკვირვებების საფუძველზე, შეადგენს  $8,4 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ -ს, მათგან არტეზიულ ჰორიზონტებზე მოდის  $1,3 \text{ მ}^3/\text{წმ}$ .

III<sub>9</sub> – ფოროვანი, ნაპრაღური და ნაპრაღურ-კარსტული წყლების ქართლის არტეზიულ აუზს უკავია ტირიფონ-მუხრანისა და ერნოს დეპრესიები.

მთავარი არტერიია მდ. მტკვარი, მისი შენაკადებია: ლიახვი, ქსანი, არაგვი და სხვ.



ნახ. 9. ჰიდროგეოლოგიური ქრისტლები A-Б და B-Г ხაზებზე  
(ქრისტლები შედგენილია ლ. ხარატომვილის მიერ)

## ირაკლი მიქაძე

გრუნტის წყლები გვხვდება თანამედროვე და მეოთხეული ასაკის ნალექებში და მეოთხეულამდე ასაკის ქანების ზედა, გაშიშვლებულ ნაწილებში. ეს წყლები გამოირჩევა დაბალი მინერალიზაციით (1 გ/ლ) და ჰიდროკარბონატული კალციუმისანი შედგენილობით.

ძველმეოთხეული ნალექები (200 მეტრამდე) შეიცავს წნევიანი წყლების რამდენიმე ფენას, რომელთა მინერალიზაცია აღწევს 2 გ/ლ-ს, ხოლო თითოეული მათგანის წყალშემცველობა – 1,0 ლ/წმ-ს.

თანამედროვე ალუვიური, ჭალისა და კალაპოტის ნალექები შეიცავს დიდი რაოდენობით გრუნტის წყლებს, მათ შორის ყველაზე წყალუხვია მდ. არაგვის ფილტრატები. ასეთ ადგილებში (ბულაჩაური, ჭოპორტა, საგურამო, ნატახტარი) მოწყობილია სათავე ნაგებობები ქ. თბილისის წყალმომარაგების მიზნით, რომელთა ჯამური წარმადობა აღწევს 8 მ<sup>3</sup>/წმ-ს.

ნატახტარის უბნის გრუნტის წყლების ფორმირებაში მონაწილეობას დებულობს 2 ნაკადი: ერთი – მდ. არაგვის, ხოლო მეორე – მუხრანის ველის. მდ. ქსნის ხეობის გაფართოებულ ნაწილში, სოფ. ქსოვრისა და საქადაგიანოს შორის, ფორმირებული გრუნტის წყლის ნაკადის რესურსები შეადგენენ 2,5-3,0 მ<sup>3</sup>/წმ-ს.

ასევე წყალუხვია ტირიფონის ველზე მდ. მტკვრისა და მისი შენაკადების კალაპოტქვეშა ნაკადები, რომელთა ხარჯზე ხორციელდება ქ. ხაშურისა და სოფლების – აგარის, გომის და სხვა დასახლებული პუნქტების წყალმომარაგება. წყალმომარაგების გარდა თანამედროვე ალუვიონის გრუნტის წყლები ფართოდ გამოიყენება მოსარწყავად.

ქართლის არტეზიული აუზის ბუნებრივი რესურსები შეადგენს 24,4 მ<sup>3</sup>/წმ-ს.

III<sub>10</sub> – ფოროვანი, ნაპრაღური და ნაპრაღურ-კარსტული წყლების ალაზნის არტეზიული აუზი აგებულია 2 სტრუქტურული სართულისაგან – ქვედა და ზედა.

ალაზნის მარცხენა სანაპიროს უმეტეს ნაწილზე, ქვედამეოთხეული ასაკის გამოტანის კონუსების ქვიშა-რიყნარის წყებაში, განლაგებულია მტკნარი, ჰიდროკარბონატული კალციუმისანი შედგენილობის ყვარელის არტეზიული ჰორიზონტი, რომელიც შედგება 20 წყალშემცველი შრისაგან. ყვარელის არტეზიული ჰორიზონტის წყალგამტარობა მაღალია და აღწევს 500-1500 მ<sup>2</sup>/დღე-ღამეში.

ყვარელის წყალშემცველი ჰორიზონტის ბუნებრივი რესურსები შეადგენს 13 მ<sup>3</sup>/წმ-ს.

ზედამეოთხეული ასაკის ალუვიური და პროლუვიური ქვიშა-რიყნარი, რომელთა საშუალებითაც აგებულია ალაზნის ხეობისა და მისი შენაკადების ფსკერი და ქვედა ტერასები, შეიცავს მტკნარი, ჰიდროკარბონატულ კალციუმისანი ფოროვანი გრუნტის წყლების მძლავრ ნაკადებს, რომლებიც წარმოიქმნებიან მდინარეული წყლების მოკლე მანძილზე ფილტრაციის, წნევიანი წყლების განტვირთვისა და სარწყავი წყლების ინფილტრაციის შედეგად.

ამ ჰორიზონტის გრუნტის წყლების ბუნებრივი რესურსები, გამოთვლილი რეჟიმული დაკვირვებების საფუძველზე, შეადგენს 6 მ<sup>3</sup>/წმ-ს, ხოლო მიწისქვეშა წყლების ჯამური რესურსები – 26 მ<sup>3</sup>/წმ-ს.



III<sub>11</sub> – ფოროვანი და ნაპრაღური წყლების იორი-შირაქის არტეზიულ აუზს უჭირავს სამხრეთ კახეთის უმეტესი ტერიტორია, რომელიც მოიცავს მდ. იორის შუა და ქვედა წელს და მდ. ალაზნის ქვედა წელს.

ალაზნის სერიის წყალგამტარ ქანებში ჩაჟონილი ატმოსფერული ნალექები და მდინარეული წყლები ქმნის მტკნარ, ჰიდროკარბონატულ კალციუმიანი შედგენილობის წნევიან ჰორიზონტებს, რომელთა განტვირთვის არეა დეპრესიის სამხრეთ-აღმოსავლეთი ნაწილი. არტეზიული ჭაბურღილების საშუალებით გახსნილი ეს ჰორიზონტები იძლევა 2-5 ლ/წმ დებიტის წნევიან წყლებს.

ჭალისა და პირველი ჭალისზედა ტერასების რიყნარი გამოირჩევა მაღალი წყალშემცველობით, გრუნტის წყლების არაღრმა (2-3 მ) განლაგებით, მათი მჭიდრო კავშირით მდ. იორთან, მნიშვნელოვანი რესურსებით (ასობით ლ/წმ), გრუნტის წყლების დაბალი მინერალიზაციით (0,5-0,6 გ/ლ), ჰიდროკარბონატული კალციუმიანი შედგენილობითა და კარგი სასმელი თვისებებით.

აუზის მინისქვეშა წყლების ბუნებრივი რესურსები არ აღემატება 5 მ<sup>3</sup>/წმ-ს, რომელთა უმეტესობა დაკავშირებულია მდ. იორის ჭალასთან. საერთოდ რაიონი განიცდის სასმელი, სამეურნეო და სარწყავი წყლების დიდ დეფიციტს.

III<sub>12</sub> – ფოროვანი და ნაპრაღური წყლების მარნეულ-გარდაბნის არტეზიულ აუზს უკავია დიდი მთათაშუა დეპრესია, რომელიც ჩრდილოეთიდან შემოსაზღვრულია აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემით, ხოლო აღმოსავლეთით ესაზღვრება იორის არტეზიულ აუზს.

მარნეული-გარდაბნის დეპრესიის ალუვიურ ნალექებთან დაკავშირებულია მძლავრი გრუნტის წყლების ნაკადი, რომელიც ფორმირდება მდინარეული წყლის ინფილტრაციის, ატმოსფერული ნალექების, ირიგაციული წყლებისა და მიოპლიოცენური ასაკის ზედა ჰორიზონტების საშუალებით.

გრუნტის წყლის ნაკადი მიმართულია მდ. მტკვრისაკენ. მდ. ხრამის ქვედა წელში ადგილი აქვს გრუნტის წყლის ნაკადის ფრონტალურ გამოსოღვას, რომლის ჯამური ხარჯი შეადგენს 2,5 მ<sup>3</sup>/წმ-ს. მინისქვეშა წყალი დაბალმინერალიზებული, ჰიდროკარბონატული კალციუმიანია.

აუზის ჯამური ბუნებრივი რესურსები (ძირითადად გრუნტის წყლების), გამოთვლილი ჰიდროგრაფისა და ჰიდროდინამიკური მეთოდებით, შეადგენს 17 მ<sup>3</sup>/წმ-ს.

III<sub>13</sub> – გრუნტის, ნაპრაღური და ნაპრაღურ-კარსტული წყლების ძირულის კრისტალური მასივის რაიონს უჭირავს საქართველოს ბელტის ამალღებული ნაწილი.

რაიონი აგებულია ძველი, კრისტალური ქანებისაგან, რომლებიც გადაფარულია მცირე სიმძლავრის მეზოზოურ-კაინოზოური ვულკანოგენურ-დანალექი წარმონაქმნებისაგან.

რაიონში ძირითადად გავრცელებულია გრუნტის წყლები, რომლებიც დაკავშირებულია კრისტალური ქანების ელუვიურ კომპლექსთან, ბაიოსის პორფირიტულ სერიასთან, ცარცული ასაკის კირქვებსა და მერგელოვან კირქვებთან, მიოცენის ქვიშა-რიყნარ, დელუვიურ და ალუვიურ ნალექებთან.

## ირაკლი მიქაძე

გრუნტის მტკნარი წყლები ასევე გვხვდება მდ. ძირულასა და ჩხერიმელას ქალის ტერასების ალუვიონში და ქალისზედა ტერასების ფრაგმენტების კონტაქტზე, მათ ქვეშ მდებარე ძირითად ქანებთან. დელუვიონის გრუნტის წყლები ხასიათდება წყვეტილი გავრცელებითა და მცირე წყალშემცველობით.

**IV. აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის წყალწნევიანი სისტემების ჰიდროგეოლოგიური ოლქი** ხასიათდება რელიეფის სიმაღლეების დიდი სხვაობით: ნულიდან (შავი ზღვის სანაპიროზე) 3000 მეტრამდე (მის ცენტრალურ ნაწილში). ამ მათათა სისტემას დრენირებას უკეთებს შავი ზღვისა (მდ. ჭოროხი, აჭარისწყალი, ჩაქვისწყალი, ხანისწყალი) და კასპიის ზღვის (მდ. მტკვარი და მისი მარჯვენა შენაკადები) აუზების მდინარეები.

ოლქის დასავლეთი ნაწილი შედის ნოტიო სუბტროპიკულ, ხოლო აღმოსავლეთი ნაწილი – კონტინენტურ, ზომიერ-ნოტიო კლიმატის ზონაში. ამის გამო, ოლქის დიდი ნაწილი უკავია ტყეებს.

მთავარი წყალშემცველი კოლექტორებია შუა ეოცენის ვულკანოგენურ-დანალექი და ზედა ცარცის კარბონატული წყებები.

**IV<sub>1</sub>** – ნაპრალიანი წყლების აჭარა-იმერეთის წყალწნევიანი სისტემა აგებულია მძლავრი (3 კმ-მდე) წარმონაქმნებისაგან.

რაიონში ფართოდაა გავრცელებული ნაპრალო ტიპის გრუნტის წყლები.

მინისქვეშა, უმეტესწილად, გრუნტის წყლების ბუნებრივი რესურსები, გამოთვლილი ჰიდროგრაფის საშუალებით, შეადგენს 55 მ<sup>3</sup>/წმ-ს.

**IV<sub>2</sub>** – ნაპრალო და ნაპრალო-კარსტული წყლების თრიალეთის წყალწნევიან სისტემას უჭირავს აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის ცენტრალური, ყველაზე ამაღლებული ნაწილი.

ფოროვანი ტიპის გრუნტის წყლები დაკავშირებულია მდ. მტკვრისა და მისი მთავარი შენაკადების ქალის ქვიშა-რიყნარ ალუვიონთან. ამ ნალექებისათვის დამახასიათებელია დაბალმინერალიზებული, ჰიდროკარბონატული კალციუმისანი შედგენილობის მძლავრი წყაროები.

გრუნტის წყლები რაიონის სასმელი და სამეურნეო წყლებით მომარაგების ძირითადი რესურსებია.

რაიონის ცენტრალურ ნაწილში (ბორჯომის რაიონი), ცარცულ ნალექებში, ჭაბურღილების საშუალებით გახსნილია ნაპრალო წყალშემცველი ჰორიზონტების მძლავრი ზონა.

ბორჯომის ნახშირორჟანგიანი წყლების საბადო შეიცავს 2 ტიპის მინისქვეშა წყლებს: ჰიდროკარბონატულ ნატრიუმის (ბორჯომის ტიპი) და დაბალმინერალიზებულ ჰიდროკარბონატულ ნატრიუმის-კალციუმის. მათი ურთიერთქმედების საფუძველზე მიიღება შერეული წყლები. გაზური ფაზა წარმოდგენილია ნახშირორჟანგით, იშვიათად ნახშირორჟანგთან ერთად გვხვდება მეთანიც.

ზედაცარცული კირქვები მინერალური წყლების კოლექტორებია, ხოლო მათზე დალექილი ფლიშური წარმონაქმნები – წყალუპოვარი სახურავი. მინერა-

ლური წყლების ნაკადები განიტვირთებიან ვერტიკალურად, ზევით, ანტიკლინების თაღური ნაწილებისა და ტექტონიკური რღვევების საშუალებით.

ფლიშური წყება, რომელიც მთლიანობაში წარმოადგენს წყალუბოვარს, ბორჯომის რაიონში შეიცავს დაბალმინერალიზებულ (1,0 გ/ლ), ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ ნატრიუმის შედგენილობის თერმულ წყლებს.

მინისქვემა წყლების ბუნებრივი რესურსები, გამოთვლილი ჰიდროგრაფის საშუალებით, შეადგენს 13 მ<sup>3</sup>/წმ-ს.

IV<sub>3</sub> – ნაპრალოური და ნაპრალოურ-კარსტული წყლების თბილისის წყალწნევიან სისტემას უკავია აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის აღმოსავლეთი დაბოლოება. რაიონის დასავლეთ ნაწილში რელიეფი მაღალმთიანია (2500 მეტრამდე), ხოლო აღმოსავლეთით – დაბალმთიანი (400 მ).

გრუნტის ფოროვანი წყლები გავრცელებულია მდ. მტკვრის ხეობის ქალასა და დაბალი ტერასების ალუვიურ, ქვიშა-რიყნარ ნალექებში, რომლებიც ხასიათდებიან დიდი დებიტებითა და კარგი სასმელი თვისებებით.

ძვევისწყლისა და ასურეთისწყლის ხეობებში გამომავალი თერმული წყაროები დაკავშირებულია შუა ეოცენის ვულკანური წყების ანტიკლინური ნაოჭების თაღურ ნაწილებთან.

ქ. თბილისში, 10 კმ<sup>2</sup> ფართობზე, გამოვლენილია 47 ლ/წმ ჯამური დებიტის თერმული წყლები.

თბილისის თერმული (50°C-მდე) წყლები ჭაბურღილების საშუალებით გამოვლენილია როგორც შუა ეოცენის ვულკანოგენურ, ასევე მათ ქვევით განლაგებულ პალეოცენ-ქვედა ეოცენის ფლიშურ წყებაში.

რაიონის მინისქვემა წყლების ბუნებრივი რესურსები, გამოანგარიშებული ჰიდროგრაფის საშუალებით, შეადგენს 3 მ<sup>3</sup>/წმ-ს.

IV<sub>4</sub> – ნაპრალოვანი წყლების ახალციხის არტეზიული აუზის მძლავრი წყალშემცველი კომპლექსია შუა ეოცენის ვულკანოგენურ-დანალექი წყება.

აუზის განაპირა უბნებში, ამ კომპლექსის ჰორიზონტები შეიცავს დაბალმინერალიზებულ, ჰიდროკარბონატულ ნატრიუმის-კალციუმის წყლებს (სოფ. მინაძე, წნისი), ხოლო ღრმად დაძირულ უბნებში – იმავე ქიმიური შედგენილობის თერმულ წყლებს (კურ. წყალტუბო, აბასთუმანი და სხვ.). ანტიკლინის თაღურ ნაწილებთან დაკავშირებული წყაროების ტემპერატურა აღწევს 50°C-ს. გაზური ფაზა წარმოდგენილია ატმოსფერული წარმოშობის აზოტით.

ქ. ახალციხესთან, აუზის ცენტრალურ ნაწილში, ტექტონიკური რღვევის ზონაში, ალუვიონიდან, რომელიც ფარავს შუაეოცენური ასაკის ვულკანოგენურ-დანალექ წარმონაქმნებს, გამოდის ნახშირორჟანგიანი, ჰიდროკარბონატულ-ქლორიდული მაგნიუმის წყალი, რომელიც შემდგომში მიღებულ იქნა 1000 მეტრი სიღრმის ჭაბურღილის საშუალებით.

აუზის ბუნებრივი რესურსები, გამოთვლილი ჰიდროგრაფის საშუალებით, შეადგენს 2,3 მ<sup>3</sup>/წმ-ს.

**V. ართვინ-სომხითის ბელტის გრუნტის წყლების ჰიდროგეოლოგიურ ოლქს** უკავია საქართველოს ტერიტორიის უკიდურესი სამხრეთი ნაწილი და მოიცავს ახალქალაქის ლავურ მთიანეთს, აბულ-სამსარისა და ჯავახეთის ვულკანურ ქედებს, სადაც, ძირითადად, არ არსებობს ტყის საფარი.

დიდი წყალშემცველობით გამოირჩევა ახალგაზრდა ლავური განფენები, რომელთა საგებში მეზოზოურ-კაინოზოური ასაკის დანალექ და პალეოზოურ-რამდელ კრისტალურ ქანებთან კონტაქტში ადგილი აქვს ნაპრალოურ, ჰიდროკარბონატული კალციუმიანი შედგენილობის გრუნტის წყლის მძლავრი (რამდენიმე კუბ. მეტრი წამში) ნაკადების წარმოქმნას. გრუნტის მცირედებიტიანი წყლები გავრცელებულია, აგრეთვე, დღის ზედაპირზე გაშიშვლებულ ყველა ფორმაციის ეგზოგენური ნაპრალიანობის ზონაში.

რამდენიმე პუნქტში ცარცულ ნალექებში გვხვდება მლაშე-ტუტე ნახშირორჟანგიანი წყლები (ნაქალაქევი და ვარძია უკიდურეს დასავლეთ, ხოლო ბოლნისი – აღმოსავლეთ ნაწილში), რომლებიც ხასიათდებიან დიდი გაზშემცველობითა და მაღალი წნევებით (25 ატმოსფერომდე). რამდენიმე მცირე სიმძლავრის ნახშირორჟანგიანი წყლების გამოსავლები ცნობილია ბაიოსის პორფირიტულ სერიაშიც.

$V_1$  – ახალქალაქის ლავური წარმონაქმნების გრუნტის ნაპრალოური წყლების რაიონი მოიცავს ახალქალაქის პლატოს, წალკის ქვაბულსა და ერუშეთის მთიანეთს.

დეღუევიური წარმონაქმნების კომპლექსი, წარმოდგენილი ეფუზიური ქანების ლოდნარისა და ლორღისაგან, ფართოდაა გავრცელებული ვულკანური ქედების ძირში. იმ უბნებში, სადაც დელუვიონის ნაყარი დალექილია მყინვარულ თიხნარზე, გვხვდება მტკნარი გრუნტის წყლების მძლავრი წყაროები (აბულ-სამსარის ქედი).

გარდა ზემოთ აღწერილისა, ახალქალაქის მთიანეთში, გოდერძის წყებაში გვხვდება მინერალური წყლების გამოვლინებები, რომლებიც დაკავშირებული არიან ძველი ასაკის ქანებთან. ასეთ წყლებს მიეკუთვნებიან ნახშირორჟანგიანი, ჰიდროკარბონატული მაგნიუმ-კალციუმ-ნატრიუმიანი წყლები სოფ. ურაველსა და ხერთვისთან. ზედაცარცულ-პალეოცენის ნალექებში, სოფ. ნაქალაქევსა და ვარძიაში ჭაბურღილებით მიღებულია მინერალური (12 გ/ლ), ნახშირორჟანგიანი, ესენტუკის ტიპის წყლები.

ჰიდროგრაფით გამოთვლილი ნაპრალოური გრუნტის წყლების ბუნებრივი რესურსები შეადგენს 19 მ<sup>3</sup>/წმ-ს.

$V_2$  – ნაპრალოვანი გრუნტის წყლების ჯავახეთის ქედის აღმოსავლეთი ფერდის რაიონი ფართო მთიანეთია, სადაც გამოიყოფა წყალგამყოფი ქედები (ლოქის, ხრამის და სხვ.) და მდინარეების – ხრამისა და მაშავერას ხეობები. სტრუქტურულად რაიონი წარმოადგენს დეპრესიას.

მეოთხეული ასაკის ანდეზიტ-დოლერიტული ლავური ნაკადები გვხვდება მდ. ხრამისა და მაშავერას ხეობებში და შეიცავს ნაპრალოურ, ძირითადად, უწნევო, მტკნარ წყლებს. კომპლექსი ხასიათდება დიდი წყალშემცველობით, განსა-

კუთრებით, ლავური ნაკადების ქვედა ნაწილებში. კომპლექსის კვება ძირითადად ხორციელდება მდინარეული წყლების ინფილტრაციის ხარჯზე.

ალუვიური ნალექები გვხვდება მდ. ხრამისა და მაშავერას ხეობებში, რომელთა სიმძლავრე აჭარბებს 40 მეტრს. ეს ნალექებიც გამოირჩევა მაღალი წყალშემცველობით.

რაიონის გრუნტის წყლების ბუნებრივი რესურსები, გამოთვლილი ჰიდროგრაფის საშუალებით, შეადგენს 5 მ<sup>3</sup>/წმ-ს (16).

## თავი IX

### მინისქვეშა წყლების დახასიათება

#### 9.1. აერაციის ზონის მინისქვეშა წყლები

აერაციის ზონა ეწოდება დედამიწის ქერქის ზედა ნაწილს, რომელიც მდებარეობს დედამიწის ზედაპირსა და ზედაპირიდან პირველ წყალშემცველ ჰორიზონტს შორის.

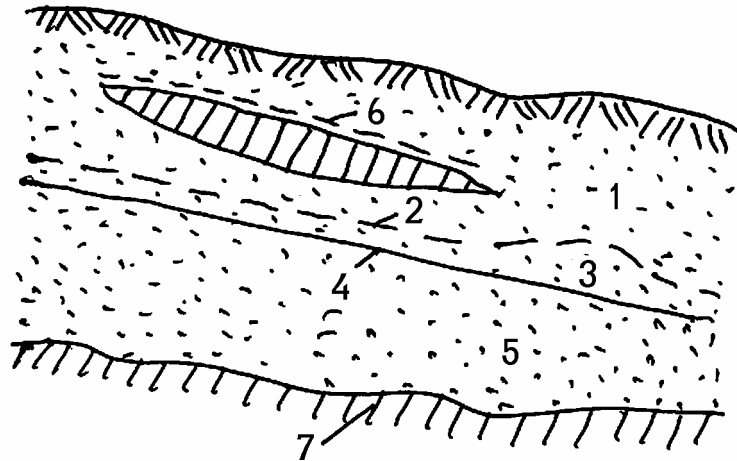
აერაციის ზონაში თავისუფალი სივრცე ნაწილობრივ შევსებულია სხვადასხვა მდგომარეობაში მყოფი (დაკავშირებული, კაპილარული, თავისუფალ-გრავიტაციული წყლები, ორთქლი და ყინული) წყლითა და ჰაერით.

ქანების ტენიანობა შეიძლება იცვლებოდეს მაქსიმალური მოლეკულური ტენიანობიდან სრულ გაჯერებამდე. აერაციის ზონის ქანების ტენიანობას განსაზღვრავს ჰაერის ტენიანობა და ქანების წყალგამტარობა. ქანების ტენიანობის მატება ამაღლებს წყალგამტარობასა და პირიქით, რადგან მშრალ ქანებში ტენის დიდი ნაწილი იხარჯება ქანის დასველებაზე.

აერაციის ზონაში მინისქვეშა წყლების მოძრაობა განიხილება როგორც ტენის ვერტიკალური გადატანა გრავიტაციული და კაპილარულ-სორბციული ძალების ზეგავლენით. ასეთი მოძრაობის ერთ-ერთი სახეა თავისუფალი გრავიტაციული წყლების დაღმავალი დინება (ინფილტრაცია) მინისქვეშა წყლების პირველ ჰორიზონტამდე. პარალელურად მიმდინარეობს წყლების მოძრაობა ზევით ორთქლისა და კაპილარული წყლების სახით მინისქვეშა წყლების პირველი ჰორიზონტიდან დედამიწის ზედაპირისაკენ.

აერაციის ზონაში გამოიყოფა შემდეგი ტიპის მინისქვეშა წყლები: 1) ნიადაგის, 2) ინფილტრირებადი, 3) ზედა წყლები და 4) კაპილარული წყლების არშია (ოჯჩინიკოვი, 1955; დევისი და უისტი, 1970; ვ. ვსევოლოუსკი, 1991 და სხვ.).

ნიადაგის წყლები წარმოიქმნება ჰიდროგეოლოგიური ქრილის ყველაზე ზედა ნაწილში, მათი სიმძლავრე მერყეობს რამდენიმე სანტიმეტრიდან ერთეულ მეტრამდე. ვინაიდან ნიადაგები ძირითადად მიკროაგრეგატული შედგენილობისაა და დიდი რაოდენობით შეიცავს მცენარეების ფესვებს, აქ წარმოიქმნება მტკიცედ და სუსტად შეკავშირებული წყლები, აგრეთვე კაპილარული წყლები, ხოლო ნიადაგის ინტენსიური დატენიანებისას – თავისუფალი გრავიტაციული წყლები.



ნახ. 10. აერაციის ზონის მიწისქვეშა წყლების სქემა

- 1 – აერაციის ზონა; 2 – წყლის კაპილარული ანევის დონე; 3 – კაპილარული ზონა;  
 4 – გრუნტის წყლის დონე; 5 – წყლით გაჯერებული ზონა; 6 – ზედა წყალი;  
 7 – წყალგაუმტარი შრე

ინფილტრირებადი წყლები გავრცელებულია აერაციის ზონაში ნიადაგის წყლებსა და გაჯერების ზონას შორის. ამ ნაწილს შუალედური ზონა ეწოდება (დევისი, უისტი, 1970). ტენიან რაიონებში ეს ზონა ძალიან მცირეა ან სრულიად არ არის და პირიქით – მძლავრია არიდულ რაიონებში.

ზედა წყლები წარმოიქმნება აერაციის ზონაში არსებულ სუსტად წყალგამტარი ან წყალგაუმტარი ლოკალური გავრცელების მქონე ქანების ზედაპირზე. ეს წყალშემცველი ფენა გამოირჩევა სეზონური ხასიათით და ლოკალური გავრცელებით. იგი მდებარეობს გრუნტის წყლების ზევით და იკვებება მხოლოდ ატმოსფერული ნალექების ხარჯზე. ამის გამო, მისი რეჟიმი ცვალებადია და წყლები ადვილად ბინძურდება. არიდულ რეგიონებში ზედა წყლები წარმოდგენილია მინერალიზებული, ხოლო ჰუმიდურ ზონებში – მტკნარი წყლებით.

კაპილარული არშიის წყლები გარდამავალია აერაციისა და გაჯერების ზონებს შორის და უშუალოდაა დაკავშირებული გრუნტის წყლის ჰორიზონტის თავისუფალ ზედაპირთან. ამ ქვეზონაში შეინიშნება ქანების არასრული კაპილარული ტენიანობა. კაპილარული არშიის წყლების სიმაღლე მიწისქვეშა წყლების ჰორიზონტის ზედაპირიდან დამოკიდებულია აერაციის ზონის ქანების გრანულომეტრიულ შედგენილობაზე და მიწისქვეშა წყლების ჰორიზონტის თავისუფალი ზედაპირის ცვალებადობაზე. ამ წყლების რეჟიმს დიდი მნიშვნელობა აქვს როგორც მცენარეთა კვების, ისე მელიორაციის ღონისძიებათა დაგეგმვის, საირიგაციო სისტემის მშენებლობისა და ნაგებობათა მდგრადობის თვალსაზრისით.

## 9.2. გრუნტის წყლები

გრუნტის წყლები დედამიწის ზედაპირიდან პირველი მუდმივი წყალშემცველი ჰორიზონტის გრავიტაციული წყლებია, რომლებიც განლაგებულია პირველ წყალგაუვალ ფენაზე. მათ აქვთ თავისუფალი წყლის ზედაპირი და მჭიდროდ არიან დაკავშირებული ატმოსფეროსთან. გრუნტის წყლების განლაგება დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე და იცვლება რამდენიმე სმ-დან (ჰუმიდურ ზონაში) 200-250 მ სიღრმემდე (არიდულ ზონაში, ეროზიულად ინტენსიურად დანაწევრებულ უბნებზე).

გრუნტის წყლების კვება ძირითადად ხდება აერაციის ზონის საშუალებით ატმოსფერული ნალექების და ორთქლის კონდენსაციის ხარჯზე, ასევე მდინარის, სარწყავი არხების წყლებითა და არტეზიული (დანევიით) წყლებით.

ატმოსფერული ნალექების ზეგავლენა გრუნტის წყლების წყაროების დებიტების ცვალებადობაზე განსაკუთრებით სწრაფად შეინიშნება დანაპრალებული და დაკარსტული ქანების გავრცელების რაიონებში. არიდულ ზონებში და მალამთიან რეგიონებში გრუნტის წყლები იკვებება კონდენსაციური წარმოშობის წყლების ხარჯზე.

გრუნტის წყლების განტვირთვა დედამიწის ზედაპირზე ბუნებრივად ხდება წყაროების სახით, აორთქლებით, ქვედა ჰორიზონტებში გადადენით და ხელოვნურად. მათი დებიტები სხვადასხვაა, ცვალებადობს უმნიშვნელოდან რამდენიმე ასეულ ლიტრამდე წამში (ლავური ნაკადების გრუნტის წყლები).

გრუნტის წყლების განლაგების ფორმა დამოკიდებულია ქანების წყალგამტარობაზე, წყალგაუმტარი საგების მდებარეობაზე, კვების პირობებზე, რელიეფზე, განტვირთვის ხასიათზე და ა.შ.

გრუნტის წყლების ზედაპირი რუკაზე გამოიხატება ჰიდროიზოჰიფსებით, რომლებიც წყლის დონეების ერთნაირი სიმაღლეების (აბსოლუტური ან შეფარდებითი) წერტილების შემაერთებელი ხაზებია. ჰიდროიზოჰიფსებიანი რუკის დახმარებით შესაძლებელია განისაზღვროს გრუნტის წყლების ნაკადის მიმართულება და დაქანება, განლაგების სიღრმე და წყალშემცველი ჰორიზონტის სიმაღლე. გრუნტის წყლების ზედაპირის დონე და ფორმა დამოკიდებულია რელიეფზეც, რომელიც ირღვევა განტვირთვის უბნებში.

ჰიდროიზოჰიფსების რუკის საშუალებით შესაძლებელია გადაწყდეს პრაქტიკული საკითხები. მაგალითად, გრუნტის წყლების ჰორიზონტის საშუალებით სამეურნეო ობიექტების წყალმომარაგების და დასაშრობი ღონისძიებების დაპროექტება და ა.შ.

ჰიდროიზოჰიფსების რუკის საშუალებით განისაზღვრება:

- 1) გრუნტის წყლების ნაკადის მიმართულება;
- 2) მინისქვეშა ნაკადის დახრის სიდიდე მოცემულ უბანზე;
- 3) გრუნტის წყლების ურთიერთკავშირი ზედაპირულ წყლებთან: I – როცა გრუნტის წყლები კვებავს ზედაპირულ წყლებს, II – როცა ზედაპირული წყლები



კვებავს გრუნტის წყლებს და III – როცა ერთდროულად გრუნტის წყლები კვებავს მდინარეს და მდინარე – გრუნტის წყლებს (ნახ. 11);

4) გრუნტის წყლების დონეები ნებისმიერ წერტილში;

5) გრუნტის წყლების ნაკადის ხარჯი გამოიანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

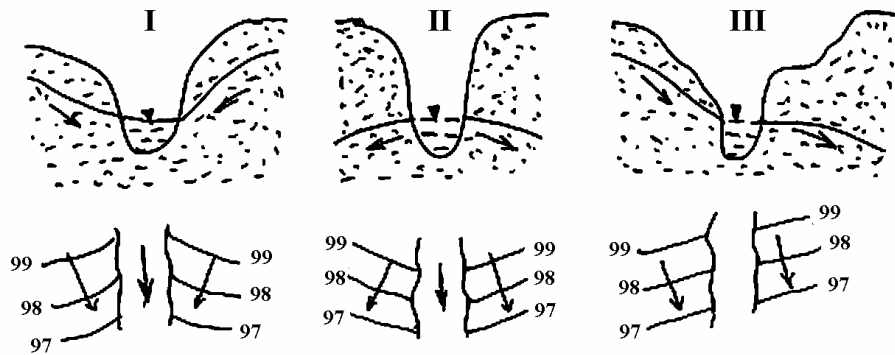
$$Q=KBhi,$$

სადაც K გრუნტის წყლების ჰორიზონტის ფილტრაციის კოეფიციენტია, განსაზღვრული ამოტუმბვის შედეგად, მ<sup>2</sup>/დღე-ლამეში;

B – გრუნტის ნაკადის შრის სიგანე, მ;

h – გრუნტის ნაკადის საშუალო სიმძლავრე გამოყოფილი შრის ფარგლებში, მ;

i – გრუნტის ნაკადის დახრის სიდიდე, განსაზღვრული ჰიდროიზოჰიფსების რუკის საშუალებით.



ნახ. 11. გრუნტის წყლების კავშირის სქემა ზედაპირულ წყლებთან

გრუნტის წყლების რეჟიმი (დონის, ხარჯის, სიჩქარის, ფიზიკური თვისებების, ქიმიური შედგენილობისა და სხვა მახასიათებლების ცვალებადობა დროში) საკმაოდ მერყევია.

გრუნტის წყლების ბალანსის ელემენტების ანგარიშის დროს, თუ დადგინდა დამოკიდებულება კვებასა და ხარჯს შორის, შესაძლებელია გამოიყოს რეჟიმის ფორმირების ძირითადი ფაქტორები.

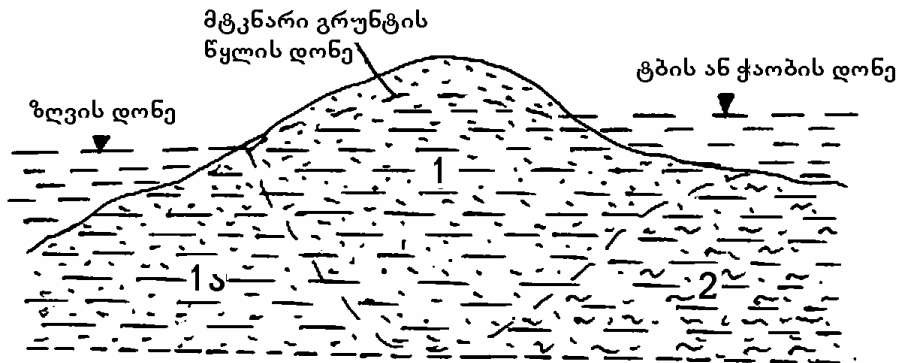
გრუნტის წყლების განლაგების ხასიათის, გავრცელების, კვებისა და რეჟიმის თავისებურების მიხედვით ასხვავებენ: 1) წყალგამყოფების, 2) მდინარეთა ხეობების, 3) გამოტანის კონუსებისა და მთისწინა შლექების, 4) ზღვის სანაპირო ზოლის გრუნტის წყლებს.

წყალგამყოფების გრუნტის წყლებისათვის დამახასიათებელია ინფილტრაციული ნაკადური რეჟიმი. მდინარეთა ხეობების გრუნტის წყლების რეჟიმი დამოკიდებულია მდინარის რეჟიმზე. გამოტანის კონუსებისა და მთისწინა შლექების გრუნტის წყლების შემოსავლით ნაწილში მთავარ როლს ასრულებს კონდენ-

## ირაკლი მიქაძე

საცია და ზედაპირული ნაკადების შთანთქმა, ხოლო გასავალ ნაწილში – მინის-ქვეშა წყლების სხვა ჰორიზონტებში გადაინება და ნაწილობრივ აორთქლება.

ზღვის სანაპირო ზოლის გრუნტის წყლებს ახასიათებს შემდეგი სპეციფიკური თვისებები: ატმოსფერული ნალექები და კონდენსაციური წყლები გროვდებიან ქვიშის ფორებში, ზღვიური წარმოშობის მარილიანი წყლების ზევით. მტკნარი წყლები ლინზების სახით ტივტივებს მარილიან წყლებზე, ხოლო მათი რეჟიმი მთლიანად დამოკიდებულია ატმოსფერულ ნალექებსა და აორთქლებაზე.



ნახ. 12. გრუნტის წყლების ლინზის განლაგება ქვიშის დიუნაში ზღვის სანაპიროზე

- 1 – ქვიშები, გაჯერებული მტკნარი წყლებით;
- 1ა – ქვიშები, გაჯერებული მარილიანი წყლებით;
- 2 – თიხნარი ქვიშის შუა შრეებით და ლინზებით.

გრუნტის წყლებს ახასიათებს განედური და ვერტიკალური ზონალობა. პირველზე ძირითადად მოქმედებს კლიმატური ფაქტორები, დიდი მნიშვნელობა აქვს ეროზიის სიღრმეს, ქანების კოლექტორულ თვისებებსა და შედგენილობას.

ო. ლანგეს მიხედვით ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ გამოიყოფა 3 ზონა: 1 – მარადმზრალი ზონა, 2 – ჭარბი ტენიანობის ზონა და 3 – ნახევრად არიდული და არიდული ზონები.

ი. გარმონოვი გრუნტის წყლების ზონალობის საფუძვლად იღებს ჰიდროგეოლოგიურ მაჩვენებლებს: გრუნტის წყლების მინერალიზაციასა და ქიმიურ შედგენილობას. ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ ჰიდროკარბონატული კალციუმიანი ტიპი იცვლება სულფატური ნატრიუმიანი და შემდეგ ქლორიდული ნატრიუმიანი.

კავკასიაში – მთაგორიან ქვეყანაში, გრუნტის წყლები უფრო ვერტიკალურ ზონალობას ემორჩილება, რაც სიმაღლის მიხედვით კლიმატის ცვალებადობის შედეგია. მაგალითად, კავკასიონის ქედის მაღალმთიან ნაწილში გრუნტის წყლები წარმოდგენილია ულტრამტკნარი მინერალიზაციის ჰიდროკარბონატული კალციუმიანი შედგენილობის წყლებით, მთათაშუეთის ვაკეზე წყლის მინერალიზაცია გაზრდილია 0,5-1,0 გ/ლ-მდე, ხოლო კასპიისპირეთის არიდულ ზონაში აღ-

წევს 15-20 გ/ლ-ს, წყლების ქიმიური შედგენილობა სულფატური ნატრიუმისა და ქლორიდულ-სულფატური ნატრიუმისაა.

### 9.3. არტეზიული წყლები

წყალშემცველ ფენაში არსებულ მიწისქვეშა წყლებს ეწოდება არტეზიული, თუ ეს ფენა მოქცეულია წყალგაუმტარ ფენებს შორის და აქვს ჰიდროსტატიკური დანწევა, რომელსაც შეუძლია წყალი ამოიყვანოს წყალგაუმტარი სახურავის დონეზე მაღლა.

არტეზიული წყლები, როგორც წესი, დაკავშირებულია ფენებრივ დანალექ წყლებთან. გარკვეულ პირობებში გეოლოგიურ-სტრუქტურული, გეომორფოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური თავისებურებების მიხედვით არტეზიული წყლები გამოვლინდება შადრევნების ან აღმავალი წყაროების სახით.

არტეზიული წყლების მახასიათებლები შემდეგია:

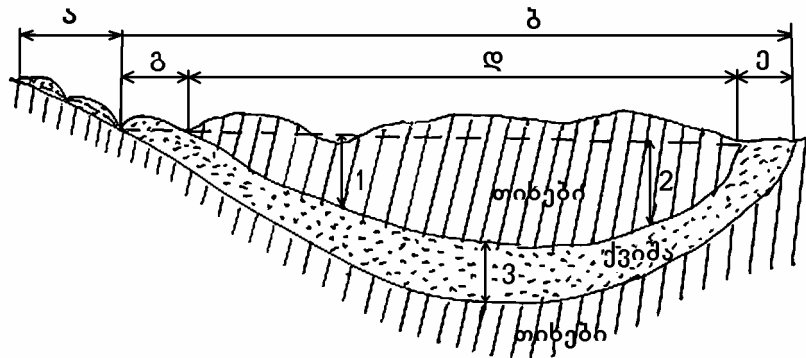
- 1) დანწევითი წყლების ჰორიზონტი მოქცეულია წყალგაუმტარ ფენებს შორის;
- 2) მისი დანწევის, კვებისა და განტვირთვის არეები არ ემთხვევა ერთმანეთს და დაცილებულია გარკვეული მანძილით;
- 3) ჭაბურღილით გახსნისას წყლის დონე ყოველთვის ამოდის წყალგაუმტარი სახურავის ზევით;
- 4) მისი რეჟიმი უფრო დამყარებულია, ვიდრე გრუნტის წყლების რეჟიმი;
- 5) არტეზიულ აუზებში უმეტესწილად დაცულია ვერტიკალური ჰიდროგეოქიმიური ზონალობა – სიღრმის ზრდასთან ერთად მატულობს წყლების მინერალიზაცია.

ა. ოჭინიკოვი (1955) გამოყოფს არტეზიულ აუზსა და არტეზიულ ფერდობს.

**არტეზიულ აუზი** ეწოდება სინკლინურ სტრუქტურაში განლაგებულ დანწევითი წყალშემცველი ფენების ან კომპლექსების ერთობლიობას, რომელშიც მიწისქვეშა წყლები მოძრაობს ჰიდროსტატიკური დანწევის ზეგავლენით. იგი მოიცავს კვების, დანწევისა (გავრცელების) და განტვირთვის არეებს.

არტეზიული აუზის კვების არე გავრცელების არესთან შედარებით მცირე ფართობს მოიცავს და ამ ფენის გაშიშვლებული და ამალღებული ნაწილია. კვების არეში ხდება ატმოსფერული ნალექების, ზედაპირული წყლებისა და გრუნტის წყლების ინფილტრაცია. გარდა ამისა, არტეზიული აუზის კვება შესაძლებელია ხდებოდეს მის ქვევით განლაგებულ დანწევითი ჰორიზონტის ხარჯზე.

არტეზიული აუზის განტვირთვის არე მდებარეობს დაბალ ნიშნულზე. განტვირთვა ხდება როგორც წყაროებისა და შადრევნების სახით (ჭაბურღილები), ასევე ფარულად – გრუნტის წყლებში ან ზღვის ფსკერზე (სუბმარინული განტვირთვა), რასაც ადგილი აქვს ქ. გაგრის მიდამოებში.



ნახ. 13. არტეზიული აუზის სქემა (ა. ოვჩინიკოვი)

ა - გრუნტის წყლების გავრცელების ზონა; ბ - არტეზიული ჰორიზონტი; გ - კვების არე; დ - დაწნევის არე; ე - განტვირთვის არე.

- 1 - დაწნევის სიდიდე, რომელიც მდებარეობს დედამიწის ზედაპირზე მაღლა;
- 2 - დაწნევის სიდიდე, რომელიც მდებარეობს დედამიწის ზედაპირის ქვევით;
- 3 - არტეზიული ჰორიზონტის სიმძლავრე

ღრმად განლაგებული არტეზიული ჰორიზონტების განტვირთვა ხდება ტექტონიკური რღვევების საშუალებით, მაგალითად, კოლხეთის არტეზიულ აუზში 2000-3000 მეტრ სიღრმეზე ნეოკომის კირქვების ჰორიზონტი შეიცავს მტკნარ წყალს (1-2 გ/ლ), რაც უტყუარი ნიშანია იმისა, რომ ეს მძლავრი წყალშემცველი ჰორიზონტი რღვევის ზონაში განიცდის ფარულ განტვირთვას (15).

ფარული განტვირთვა ხდება კოლხეთის დაბლობზე, სადაც ლ. ხარატიშვილის (1964) პროგნოზით მეოთხეული ასაკის არტეზიული, წყალშემცველი ჰორიზონტიდან გრუნტის წყლებში უნდა ხდებოდეს არტეზიული წყლების განტვირთვა, საშუალოდ, 10 მ<sup>3</sup>/წმ-ს ოდენობით.

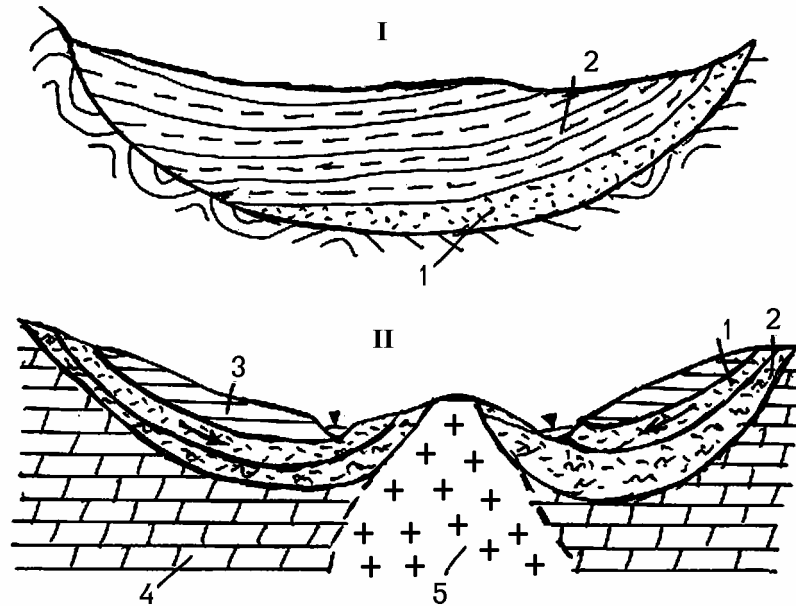
შემდგომმა გამოკვლევებმა (ი. მიქაძე) დაადასტურეს ლ. ხარატიშვილის მოსაზრება, რომ კოლხეთის დაჭაობების ერთ-ერთი ფაქტორი არტეზიული წყლებია. უახლესი მონაცემებით არტეზიული წყლების განტვირთვა დაბლობის ცენტრალურ ნაწილში (1750 კმ<sup>2</sup>-ზე) შეადგენს 15 მ<sup>3</sup>/წმ-ს, ხოლო გადადინების მოდული - 8,4 ლ/წმ/კმ<sup>2</sup>-ს (ი. მიქაძე, 2003).

არტეზიული ფერდობი ასიმეტრიულ აუზია, რომელიც წარმოიქმნება ფენების მონოკლინური განლაგებისას, როდესაც წყალშემცველი ფენები სიღრმეში დაძირვასთან ერთად გამოისოლებიან ან ფაციესურად იცვლებიან სუსტადწყალგამტარი ქანებით.

**არტეზიული ფერდობი** ხასიათდება სპეციფიკური ჰიდროდინამიკით, რაც განპირობებულია წყალშემცველი ჰორიზონტის განლაგების გეოლოგიური თავისებურებით.

არტეზიული ფერდობები გვხვდება მთისწინა და მთათაშუა გალუნგებში და ზღვის აკვატორიების ფერდობებზე, მაგალითად, კავკასიონის სამხრეთი ფერდის დასავლეთი ნაწილი, რომელიც იძირება შავი ზღვის აკვატორიისაკენ.

არტეზიული წყლების რეჟიმის თავისებურებაა დრეკადი ხასიათი, რომელიც დანწევის ზემოქმედებით შეკუმშული წყლის გაფართოებასთან არის დაკავშირებული. იგი უფრო სტაბილურია, ვიდრე გრუნტის წყლების რეჟიმი.



ნახ. 14. გეოსინკლინური ტიპის არტეზიული აუზები

I – ჩაკეტილი აუზი; II – ღია აუზი ზუსტად გამოხატული კვებისა და განტვირთვის არეებით;

1 – დანწევითი ჰორიზონტის ქვიშები და ქვიშაქვები; 2 – წყალგამტარი ქანები; 3 – თიხები; 4 – ნაკლებად წყალგამტარი ქანები; 5 – გრანიტები

არტეზიული წყლების რეზერვუარები შეიცავს როგორც მტკნარ სასმელ-სამეურნეო, ისე მინერალურ, სამრეწველო და თერმული წყლების დიდ რესურსებს.

საქართველოს ტერიტორიაზე არტეზიული აუზები ძირითადად ცნობილია საქართველოს ბელტის ფარგლებში (ი. ბუაჩიძე, 1970). აქ მდინარეების – რიონის, მტკვრისა და ალაზნის ალუვიურ ველებზე გამოიყოფა 12 მეორე რიგის არტეზიული აუზი, რომლებიც ძირითადად შეიცავენ ინფილტრაციულ მინისქვეშა წყლებს. არტეზიულ აუზებში კარგადაა გამოსახული ვერტიკალური ჰიდროგეოქიმიური, გაზური და გეოთერმული ზონალობა: სიღრმესთან ერთად მატულობს წყლის მინერალიზაცია (0,2-დან 330 გ/ლ-მდე) და ტემპერატურა (10-დან 100°C-მდე), ხო-

## ირაკლი მიქაძე

ლო ქიმიური შედგენილობა იცვლება შემდეგნაირად: ჰიდროკარბონატული კალციუმიანი გადადის სულფატურ კალციუმიანში, ხოლო შემდეგ ქლორიდულ ნატრიუმიანში და ბოლოს – ქლორიდული კალციუმ-ნატრიუმიანში. პარალელურად იცვლება წყლის გაზური შედგენილობა – აზოტიან წყლებს ენაცვლება მეთანიანი წყლები.

მაგრამ გვხვდება შერეული ჰიდროდინამიკური და ჰიდროქიმიური ზონალობაც, მაგალითად, კოდორის, სამეგრელოსა და კოლხეთის არტეზიულ აუზებში, სადაც ქვედა პალეოგენისა და ზედა ცარცის კარბონატული ნალექების მინერალიზებული (12-14 გ/ლ), მეთანიანი, ქლორიდული ნატრიუმიანი წყლების ჰორიზონტის ქვეშ განლაგებულია მტკნარი (1,3-1,5 გ/ლ) სულფატური კალციუმიანი შედგენილობის აზოტიანი თერმების შემცველი ნეოკომ-ლუზიტანური ასაკის (ქვედა ცარცი) წყალშემცველი ჰორიზონტი.

### 9.4. ნაპრაღური და კარსტული ქანების მიწისქვეშა წყლები

კლდოვანი ქანების შეღწევადობა და წყალშემცველობა განისაზღვრება ნაპრაღიანობით და ფორიანობით, რომელთაგან ნაპრაღიანობა გადამწყვეტია. ნაპრაღიანობას ახასიათებს მათი ორიენტირება, გახსნილობა და სიცარიელის კოეფიციენტი.

ნაპრაღთა მრავალ სისტემას შორის ფენაში ხშირად შეინიშნება რამდენიმე მიმართულების ნაპრაღთა სისტემა, რომლებიც განსაზღვრავენ ქანების შეღწევადობის ხარისხს.

ბუნებაში არსებობს მაკრო- (>0,1 მმ) და მიკრონაპრაღები (<0,1 მმ), რომლებიც სხვადასხვა ინტენსივობით არიან შევსებული მინერალური მასით, რის მიხედვითაც გამოიყოფა ღია და დახურული ტიპის ნაპრაღები.

ნაპრაღთა სიცარიელის კოეფიციენტი დამოკიდებულია ნაპრაღის სიგრძეზე, მის გახსნილობაზე და ნაპრაღის სიბრტყის ფართობზე. ნაპრაღთა სიცარიელის კოეფიციენტი ქანის ფორიანობის კოეფიციენტის ანალოგიურია.

არჩევენ ნაპრაღთა 3 გენეტიკურ ჯგუფს: ლითოგენეტიკურს, ტექტონიკურსა და ეგზოგენურს.

ლითოგენეტიკური ნაპრაღები წარმოიქმნება დანალექი ქანების ფორმირების დროს. ეს არის წვრილი ნაპრაღებისა და ბზარების ხშირი სისტემა, რომელთათვისაც ძირითადად დამახასიათებელია სუსტი გახსნილობა.

ტექტონიკური ნაპრაღები, რომლებიც ვითარდებიან ფენებში როგორც დანაოჭების შედეგად, ისე წყვეტილი დისლოკაციების დროს, ინვევენ ქანების ინტენსიურ დაშლას, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის მათ წყალგამტარობას.

ეგზოგენურ ნაპრაღთა სისტემისათვის დამახასიათებელია დიდი ფართობრივი გავრცელება და არაღრმა განლაგება. ქანების გამოფიტვის პროცესის შედეგია მათი ინტენსიური დანაპრაღება, ხოლო წვრილდისპერსიულ ქანებში – ნაპრაღთა კოლმატაცია და დახურვა.

ნაპრაალური მინისქვეშა წყლები ფართოდაა გავრცელებული ჰიდროგეოლოგიური მასივების ფარგლებში და შედარებით მცირედ – ფენებრივი აუზის პერიფერიებზე. ისინი შეიძლება იყოს დაწნევიანი და უდაწნევი.

უდაწნევი ნაპრაალური წყლების ჰორიზონტი მოიცავს ჰიდროგეოლოგიური ჭრილის ზედა ნაწილს, რომელიც განიცდის ეგზოგენური პროცესებისა და რელიეფის უშუალო ზეგავლენას. ზონის შეღწევადობა ძლიერ ცვალებადია და ხშირ შემთხვევაში წყალუხვი უბნების მეზობლად შეიძლება იყოს წყალგაუმტარი უბნებიც. წყალშემცველი ზონის სიმძლავრე გამოფიტვის ზონის შესატყვისისა და იცვლება 20-200 მ-ის ფარგლებში, რაც, თავის მხრივ, დამოკიდებულია გეოლოგიურ აგებულებაზე და ეგზოგენურ ფაქტორებზე.

მაგმურ, მეტამორფულ და მკვრივ დანალექ ქანებში სიღრმეში ნაპრაალიანობა კლებულობს, ე.ი. კლებულობს განყლიანებაც.

მინისქვეშა წყლების მძლავრი ნაკადები დამახასიათებელია ეფუზიური ქანების ზოგიერთი სახესხვაობისათვის (ანდეზიტ-ბაზალტები). ანდეზიტ-ბაზალტების ლავების მაღალი ფილტრაციული თვისებები განპირობებულია გაცივების ნაპრალების გახსნილობით და რელიეფის დაბალ ნიშნულებზე (ხეობებში) მათი განლაგებით. ამის მაგალითია ნალკა-ახალქალაქის ლავური ნაკადების მძლავრი წყაროები (თრიალეთის – 3,0 მ<sup>3</sup>/წმ, აბლარის – 2,5 მ<sup>3</sup>/წმ).

მსოფლიოში ცნობილი გიგანტური წყაროებიდან აღსანიშნავია ჰავაის კუნძულების ლავურ ნაკადებთან დაკავშირებული წყაროები, რომელთა ჯამური დებიტი 110-140 მ<sup>3</sup>/წმ-ს აღწევს (კლიმენტოვი, ბოგდანოვი, 1977).

ჰიდროგეოლოგიური მასივების უდაწნევი ნაპრაალური წყლები ძირითადად იკვებება ატმოსფერული ნალექებით და ზედაპირული წყლებით, განტვირთვა კი ხორციელდება დაღმავალი წყაროების საშუალებით მდინარეთა ხეობებში ან მოსაზღვრე არტეზიულ აუზში გადადინებით.

გამოფიტვის ზონის ნაპრაალურ მინისქვეშა წყლებს შეიძლება ჰქონდეთ დანევაც, რაც გამოწვეულია წყალგაუმტარი გამოფიტვის ქერქის არსებობით ან ნაპრაალთა სისტემის შემცირებით სიღრმეში.

ჰიდროგეოლოგიურ მასივებში, რომლებიც ძირითადად შედგება კრისტალური ქანებისაგან, როგორც წესი, გავრცელებულია მტკნარი წყლები.

ნაპრაალური წყლების განსაკუთრებულ ჯგუფს წარმოადგენს ტექტონიკური რღვევების ზონებსა და ნაპრალებთან დაკავშირებული წყლები, რომლებიც ძარღვულ-ნაპრაალური და ძარღვული წყლების სახელითაა ცნობილი.

ტექტონიკური რღვევები ფართოდაა განვითარებული ახალგაზრდა ნაოჭაოლქებში, შედარებით იშვიათად – კრისტალურ ფარებზე და პლატფორმებზე. რღვევის ზონები ხშირად შეესებულია ნამსხვრევი მასალით. რღვევის ზონების ძარღვისებური ხასიათი განსაზღვრავს მათ, როგორც წყალშემცველი კოლექტორის, კვების, მოძრაობისა და განტვირთვის სპეციფიკურ პირობებს, რის გამოც ისინი წარმოადგენენ ჰიდროგეოლოგიური რეზერვუარების განსაკუთრებულ ტიპს.

## ირაკლი მიქაძე

ძარღვულ-ნაპრალური და ძარღვული წყლები ძირითადად წარმოქმნის შედარებით ვიწრო და ხაზობრივ ნაკადებს. ეს წყლები ძირითადად დაწნევითა და მოძრაობს საკმაოდ დიდ სიღრმეებში. წნევა ჰიდროსტატიკურია, რაც უზრუნველყოფს ამ ტიპის წყლებისათვის დამახასიათებელ დიდი დეპიტის აღმავალი წყაროების არსებობას დეპრესიულ უბნებში და ღრმა ხეობებში.

ძარღვულ-ნაპრალური წყლები თავისი გაზური შედგენილობით და ქიმიური ბუნებით საკმაოდ მრავალფეროვანია. არაღრმა (100-200 მ) რღვევების ზონებში წყლები ჩვეულებრივ მტკნარია და არაფრით განსხვავდება ნაპრალური წყლებსაგან. უფრო ღრმა რღვევების შემთხვევაში წყლები შეიძლება იყოს მინერალიზებული, თერმული, სიღრმული გაზების (ნახშირორჟანგი) თანხლებით. ღრმა რღვევის ხაზები წარმოადგენენ სიღრმული ცირკულაციის წყლების განტვირთვის ზონებს (ჰიდროგეოქიმიურ ანომალიებს).

კავკასიონის მთავარი ქედის სამხრეთი ფერდისა და აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის ტექტონიკური აქტივობის უბნებთან დაკავშირებულია ცნობილი ნახშირმჟავა წყლების საბადოები: ავადხარა, უნერა, ბაგიათა, ვაჟას წყარო, მაქართა, ბორჯომი, საირმე, ნაბელავი და სხვ. ამავე რეგიონში გავრცელებულია აზოტიანი და გოგირდწყალბადიანი თერმები: თორღვას აბანო, აბასთუმანი, თბილისი და ა.შ.

ნაპრალური წყლები ნაკლებად განიცდის დაბინძურებას.

კარსტული წყლები დამახასიათებელია კირქვების, დოლომიტების, თაბაშირიანი და ქვამარილიანი ფენებისათვის.

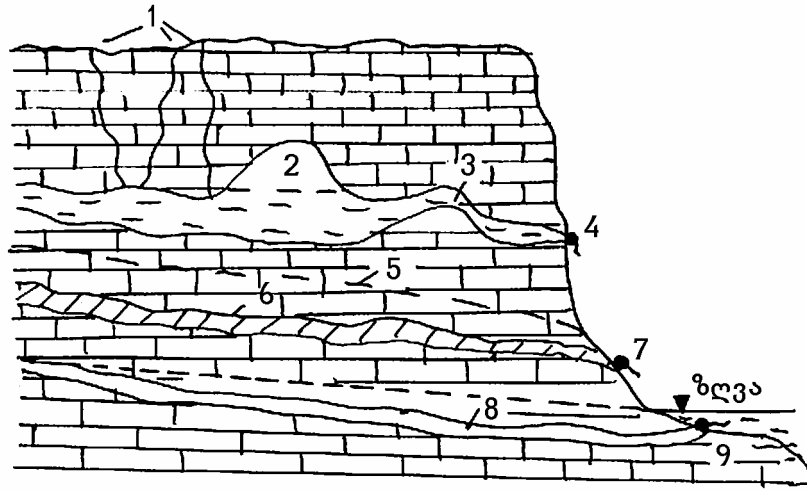
ბუნებაში ყველაზე ხშირად გვხვდება კარბონატული კარსტი. კარსტული პროცესების ინტენსივობა, სიცარიელების ფორმა, სიდიდე და გავრცელება დიდად არის დამოკიდებული ქანების ნაპრალიანობასთან. კარსტული ზედაპირული ფორმები: ძაბრები, ნაპრალები, ჭები, შახტები, მშრალი ხეობები და სხვა ფორმები ხელს უწყობენ ზედაპირული წყლებისა და ატმოსფერული ნალექების ინტენსიურ ჩაჟონვას სიღრმეში. დაკარსტულ მთაგორიან რაიონებში მცირე ზომის მდინარეები თითქმის მთლიანად შთაინთქმებიან კარსტულ სიცარიელებში.

საქართველოში კარსტული პროცესები ძირითადად განვითარებულია დასავლეთ საქართველოს პალეოგენური და ზედა ცარცული კარბონატული ნალექების, ნეოკომის და ნეოკომ-ლუზიტანის ასაკის კირქვებში, აგრეთვე კავკასიონის მთავარი ქედის სამხრეთი ფერდის ზედა იურული კარბონატული ფლიშის ნალექებში.

ქანების დაკარსტულობის ხარისხი იზრდება მინისქვეშა წყლების აქტიური ცირკულაციის ზონაში, რომელიც განისაზღვრება რეგიონალური ეროზიის ბაზისით.

კარბონატულ ქანებში წყლის აგრესიულობა დიდად არის დამოკიდებული მასში გახსნილი ნახშირორჟანგის რაოდენობაზე. ამის გამო, კარსტული პროცესები ძლიერ ინტენსიურად მიმდინარეობს გამოფიტვის ნაპრალებში და ტექტონიკურ ნაპრალთა ზედა ზონაში.





ნახ. 15. კარსტული წყაროების სქემა

1 - ნაპრალები; 2 - კარსტული სიცარიელე; 3 - არხი სიფონით; 4 - სიფონური პერიოდულად მოქმედი წყარო; 5 - კარსტული წყალმომცველი ჰორიზონტის დონე; 6 - კარსტული არხი; 7 - მუდმივად მოქმედი წყარო; 8 - ზღვის დონის ქვევით მდებარე კარსტული არხი; 9 - სუბმარინული წყარო

კარსტული წყლების რეჟიმი გამოირჩევა დებიტისა და დონის მკვეთრი ცვალებადობით, რაც არათანაბარი კვებითა და მოძრაობით არის გამოწვეული. წყაროების დებიტები იცვლება სეზონურად და განსხვავდება დიდი ამპლიტუდებით.

მსოფლიოში ცნობილი დიდი კარსტული წყარო - ვოკლუზა (საფრანგეთი) დაკავშირებულია ნეოკომის კირქვებთან, მისი ხარჯია 152 მ<sup>3</sup>/წმ, ხოლო საშუალონლიური ხარჯი - 17 მ<sup>3</sup>/წმ. ვოკლუზის წყაროს კვების არეში მოსული ატმოსფერული ნალექების 60% იხარჯება ამ წყაროს კვებაზე (მარინოვი, ტოლსტიხინი, 1973).

საქართველოს ცნობილი კარსტული მდინარეებია რეპრუა (1,5 მ<sup>3</sup>/წმ), რეჩხისწყალი (1,7-26 მ<sup>3</sup>/წმ), მუყავა (3,5 მ<sup>3</sup>/წმ) აბაშა, ოლორი და სხვ.

კარსტული წყლების მოძრაობისა და რეჟიმის მიხედვით გამოიყოფა შემდეგი ჰიდროგეოდინამიკური ზონები:

1) აერაციის, სადაც ხდება წყლის ინფილტრაციული და ინფლუაციური მოძრაობა ზევიდან ქვევით;

2) მიწისქვეშა წყლების დონის სეზონური ცვალებადობის(ფრეატული ზონა); ეს ზონა წყალმცირობის პერიოდებში წარმოადგენს აერაციის ზონას, სადაც ხდება ვერტიკალური ინფილტრაცია, ხოლო წყალსიუხვისას - უერთდება ქვედა (გაჯერების) ზონას, რომელშიც წყალი მოძრაობს მდინარისაკენ;

## ირაკლი მიქაძე

3) სრული გაჯერების, რომელიც მდებარეობს ჰიდროგრაფიული ქსელის დრენირების ზონაში, სადაც წყალი მოძრაობს ძირითადად მდინარისაკენ, ნაწილობრივ ქვევიდან ზევით;

4) სიღრმული მოძრაობის, სადაც წყლის მოძრაობა ემთხვევა მიწისქვეშა წყლების რეგიონული ნაკადის მიმართულებას.

კარსტული წყლები ქიმიური შედგენილობით საკმაოდ მრავალფეროვანია. კარბონატული ქანები შეიცავს მტკნარ ჰიდროკარბონატულ კალციუმთან წყლებს, თაბაშირიანი ქანები – მინერალიზებულ სულფატურკალციუმთან, ხოლო მარილის ფენები – ქლორიდულ ნატრიუმთან შედგენილობის მარილწყლებს.

კარსტული წყლები ადვილად ბინძურდება და სწრაფად იმღვრება წვიმების პერიოდებში (ლ. ვლადიმეროვი, 1970).

### 9.5. მარადმზრალი რაიონების მიწისქვეშა წყლები

მარადმზრალი ეწოდება რეგიონებს, სადაც ქანების საშუალონლიური ტემპერატურა უარყოფითი ან ნულოვანია და ასეთ ტემპერატურას ინარჩუნებენ დიდი ხნის განმავლობაში. ამის გამო მიწისქვეშა წყლები უმთავრესად გაყინულ მდგომარეობაშია.

მარადმზრალი ქანების გავრცელების ტერიტორიას დედამიწაზე უჭირავს 35 მლნ კმ<sup>2</sup>-ზე მეტი ფართობი ან ხმელეთის 25% (რ. ბლეკი. 1954). იგი მოიცავს ევრაზიისა და ამერიკის ჩრდილოეთ ნაწილს, არქტიკის კუნძულებს, გრენლანდიას, ანტარქტიდასა და ყველა კონტინენტის მაღალმთიან სარტყელს.

მარადმზრალი რაიონები გამოირჩევა შემდეგი თავისებურებებით: 1) წყლის მოლეკულის არსებობით სამივე ფაზაში; 2) ამ ფაზებსა და ქანებს შორის ურთიერთკავშირით; 3) კარგი წყალგამტარი ქანების გაყინვის შემთხვევაში წყალგაუმტარად გარდაქმნით.

მარადმზრალი რაიონებისათვის დამახასიათებელია შემდეგი ტიპის მიწისქვეშა წყლები: მზრალზედა, მზრალშუა, მზრალქვედა და გამდნარი ზონის გამჭოლი (ტალიკები).

**მზრალზედა წყლები** მდებარეობს მარადმზრალი ქანების ზევით. ამ წყლებისათვის მზრალი ქანები წარმოადგენენ წყალგაუმტარ საგებს. მათი განლაგებისა და რეჟიმის მიხედვით გამოყოფენ: სეზონურად გაყინულ, სეზონურად ნახევრად გაყინულ და სეზონურად გაუყინავ ზონებს.

**სეზონურად გაყინულს მიეკუთვნება** წყლები, რომელთა რეჟიმის დამახასიათებელი თავისებურება თხევადი ფაზის სეზონური (2-დან 6 თვემდე) არსებობაა. ეს წყლები განვითარებულია თითქმის ყველგან, მათი მოძრაობა განპირობებულია ქვედა გაყინული ფენის ზედაპირის ხასიათით, რომელიც ჩვეულებრივ იმეორებს დედამიწის ზედაპირის კონფიგურაციას. ამიტომ ამ წყლების განტვირთვა ხდება მდინარეთა ხეობების დეპრესიებში.

გაღებულ ფენის სიმძლავრე მატულობს ჩრდილოეთიდან სამხრეთის მიმართულებით, მაღალმთიან რეგიონებში კი აბსოლუტური ნიშნულის შემცირებასთან ერთად. ჩრდილოეთში, არქტიკის რაიონებში, გამდნარი ფენის სისქე არ აღემატება 1,0-1,5 მ-ს, ხოლო სამხრეთით (იაკუტიის სამხრეთი ნაწილი) სიმძლავრემ შეიძლება 4 მ-ს გადააჭარბოს.

**სეზონურად ნახევრად გაყინული წყლები** იშვიათად გვხვდება იქ, სადაც კარგი წყალგამტარობის მქონე ქანები ზემოდან განლაგებულია გაღებულ ფენაზე. ასეთ შემთხვევაში მოქმედი ფენის წყლები მთელ სიმძლავრეზე არ იყინება და ფენა მის ქვედა ნაწილში წყალს შეიცავს თხევად ფაზაში. ასეთი უბნები დაკავშირებულია გამოტანის კონუსებთან, მდინარის ხეობებსა და ტბებთან.

**სეზონურად გაყინული წყლები** დაკავშირებულია არაგამჭოლ გამდნარ ზონასთან, რომელთა სიმძლავრე გაცილებით მცირეა, ვიდრე მარადმზრალი ფენა. გამდნარი თხევადი წყლის ზონები წარმოიქმნება მდინარეების გასწვრივ, ტბების ტერასებისა და გამოტანის კონუსების ქვეშ. ისინი ხასიათდებიან კვების საკმაოდ დიდი არით და ზედაპირული გაყინული წყლების ნაკადებით.

მზრალზედა წყლების რეჟიმი პირდაპირ არის დამოკიდებული ზედაპირული წყლების რეჟიმზე, მათი მინერალიზაცია მერყეობს 0,1-დან 0,5 გ/ლ-მდე, ხოლო ქიმიური შედგენილობა ჰიდროკარბონატული მაგნიუმ-კალციუმიანია.

ტბისქვეშა გამდნარი ზონის წყლები ძირითადად წარმოიქმნება ტბის ღრმა დებრესიულ რაიონებში და გვხვდება როგორც მტკნარი, ისე მარილიანი შედგენილობის.

**მზრალშუა წყლები** ენოდება თხევადი წყლების წყალშემცველ ფენებს, რომლებიც მოთავსებულია მარადმზრალ ფენებს შორის.

გამოყოფენ მზრალშუა წყლების 2 ჯგუფს: დადებითი და უარყოფითი ტემპერატურებით.

დადებითტემპერატურიანი მზრალშუა წყლები ძირითადად ფორმირდება არაგამჭოლი, გამდნარი ზონის არათანაბარი გათბობის ან გაცივების პირობებში, რის შედეგადაც გამდნარი ზონის ქვედა ნაწილში წყალი გარკვეული დროით რჩება თხევად მდგომარეობაში.

თხევადი წყალი ასევე შეიძლება დაგროვდეს გაყინულ ფენებს შორის, თუ ფენის წყალგამტარობა დიდია და მას ჰიდროდინამიკური კავშირი აქვს გამჭოლ გამდნარ ზონასთან. ასეთი პირობები ხშირად იქმნება მდინარეებისა და ტბების ქვეშ.

მზრალშუა წყლების განტვირთვა ხდება წყაროების სახით, რომლებიც ხშირად ქმნიან დიდი ზომის მინაყინებს. მათმა დებიტმა შეიძლება 40-160 ლ/წმ-ს მიაღწიოს.

უარყოფითტემპერატურიანი მზრალშუა წყლები ძირითადად გავრცელებულია მარადმზრალი ქანების წყებაში. ასეთ შემთხვევაში თხევადი წყლის არსებობა განპირობებულია მხოლოდ მათი მაღალი მინერალიზაციით, რომელიც ცვა-

## *ირაკლი მიქაძე*

ლებადობს 35-დან 320 გ/ლ-მდე, რის გამოც მათი გაყინვის ტემპერატურა გაყინული ფენის ტემპერატურაზე დაბალია.

**მზრალქვედა წყლები** ეწოდება მარადმზრალი ფენის ქვეშ განლაგებულ თხევად წყლებს. მათ შორის გამოყოფენ: კონტაქტურს, არაკონტაქტურს და „სიღრმულ“ მზრალქვედა წყლებს. კონტაქტურს მიეკუთვნება უშუალოდ მზრალი ფენის ქვეშ განლაგებული და მასთან აქტიურ სითბურ ურთიერთობაში მყოფი წყლები. იმის მიხედვით, თუ რა სისქისაა მარადმზრალი ფენა და არის თუ არა ჰიდრავლიკური კავშირი ზედაპირულ წყლებთან, კონტაქტურ წყლებს შეიძლება ჰქონდეთ როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი ტემპერატურა.

**გამჭოლი, გამდნარი ზონის წყლები** ეწოდება მარადმზრალი ფენის იმ ზონას, რომელიც გარკვეულ ფართობზე წარმოდგენილია გამდნარი წყლებით. წყლის მოძრაობა ასეთ ზონაში შეიძლება ხდებოდეს როგორც ზევიდან ქვევით, ასევე ქვევიდან ზევით.

ამ ზონის წყლებში გამოყოფენ: მეტეოგენურ, ტექტონიკურ და თერმოგენულ წარმოშობის წყლებს.

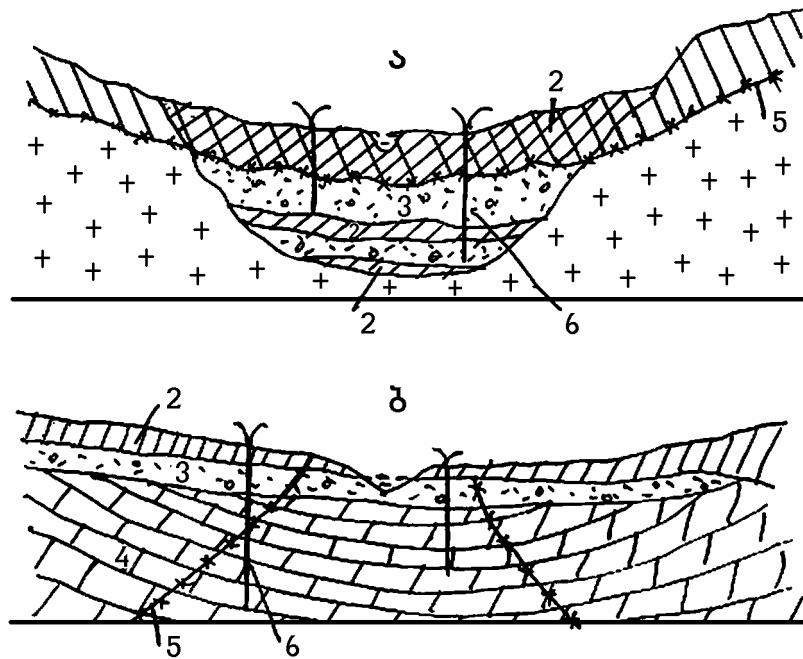
მეტეოგენური გამჭოლი გამდნარი წყლის ზონა წარმოიქმნება მზის სითბოსა და ზედაპირული წყლების ზემოქმედებით, ასეთი ზონები მზრალშუა და მზრალქვედა წყლების კვების წყაროა.

**ტექტონიკური, გამჭოლი წყლის ზონები** დაკავშირებულია წყალშემცველ ტექტონიკურ რღვევებთან, რომლებიც ამაღლებულ ადგილებში წარმოადგენენ კვების არეებს, ხოლო დეპრესიებში – განტვირთვის არეებს. ეს ზონები შეიცავენ მინისქვეშა წყლების დიდ რესურსებს (100-დან 1500 ლ/წმ-მდე), განსაკუთრებით თუ დაკავშირებულია კარბონატულ ქანებთან.

**თერმოგენული, გამჭოლი, გამდნარი წყლის ზონები** დაკავშირებულია თანამედროვე ვულკანიზმის ან ნეოტექტონიკური აქტივობის რაიონებთან, რომლებიც იმყოფებიან დედამიწის სიღრმეში არსებული სითბური ნაკადის გავლენის ქვეშ. ასეთ ზონებში სითბოს გადაცემა ხდება ან ქანის მეშვეობით, ან თერმული წყლების ზემოქმედებით. ამის მაგალითია ჩიჩის ოლქში 500-600 მ სიღრმის მარადმზრალი ფენიდან ამომავალი 40-50°C თერმული წყალი (ვ. ვსევოლოჟსკი, 1991).

მარადმზრალი ქანების გავრცელების რეგიონებში, სპეციფიკური ჰიდროგეოლოგიური პირობებიდან გამომდინარე, გამოიყოფა მინისქვეშა წყლების საბადოების 3 სამრეწველო ტიპი (ნ. პლოტნიკოვი, 1963):

I – მდინარის კალაპოტქვეშა და ტბებქვეშა გამჭოლი ტალიკების, მარადმზრალი ქვიშურ-ხვინჭა ნალექების უდანეგო ნაკადები, რომელთაც აქვთ დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა (ცენტრალიზებული წყალმომარაგების დროს წყალამღების ჯამური დებიტი აღწევს 300-500 ლ/წმ-ში).



ნახ. 16. მარადმზრალი ქანების ქვევით არსებული არტეზიული აუზები

ა – ტექტონიკურ დეპრესიაში; ბ – მცირე სინკლინურ ნაოჭში; 1 – გრანიტები; 2 – თიხები; 3 – წყალშემცველი ქვიშები; 4 – წყალშემცველი კარბონატული ქანები; 5 – მუდმივი გამყინვარების ქვედა საზღვარი; 6 – არტეზიული წყლის ჭაბურღილი

II – მარადმზრალი ქანების ქვევით არსებული არტეზიული აუზების დაწნევიანი წყლები გავრცელებულია მცირე ნაოჭა სტრუქტურებში და ტექტონიკურ დეპრესიებში (ნახ. 16).

მათ აქვთ დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა (ცენტრალიზებული წყალმომარაგების დროს წყალამლების ჯამური დებიტი აღწევს 200-300 ლ/წმ-ში).

III – ტექტონიკური რღვევების ზონების გამჭოლი ტალიკების ფენებშორისი დაწნევიანი ნაკადები (ცენტრალიზებული წყალმომარაგების დროს წყალამლების ჯამური დებიტი აღწევს 100 ლ/წმ-ში).

### 9.6. სიღრმული და თანამედროვე ვულკანური რაიონების მიწისქვეშა წყლები

სიღრმული წყლები მიწისქვეშა წყლების იმ კატეგორიას მიეკუთვნება, რომლებიც ქანების შემჭიდროების, გეოტექტონიკური დაძაბულობის, მანტიიდან ფლუიდების შემოჭრისა და სხვა ფაქტორების მოქმედების შედეგად იძენენ ანომალურად დიდ დაწნევას.

## *ირაკლი მიქაძე*

აღნიშნული ფაქტორები დამახასიათებელია სხვადასხვა გეოლოგიური აგებულების რაიონებისათვის, რის მიხედვითაც სიღრმული წყლები იყოფა:

- 1) ფენებრივი აუზების;
- 2) კრისტალური ფუნდამენტისა და
- 3) სიღრმული რღვევების ზონების წყლებად.

პირველ შემთხვევაში მეორესთან შედარებით ჭარბობს პასიური მიზეზები (გრავიტაცია, ქანების პლასტიკურობა, ნახშირწყლების არსებობა და ა.შ.), მესამეში – მთავარი ფაქტორია კოლოსალური ენდოგენური ძალები.

სიღრმული წყლების გავრცელებისა და გამოვლინების ყველაზე ტიპური შემთხვევაა ფენებრივი აუზის მაგალითი. კერძოდ, სიღრმულ წყლებს მიეკუთვნება ძლიერ გაძნელებული ცირკულაციის ჰიდროგეოდინამიკური ზონის წყლები და ნავთობისა და გაზის საბადოებთან დაკავშირებული წყლები.

პლასტიკურ დანალექ ქანებს, ერთი მხრივ, ახასიათებს მინისქვეშა წყლების ჰიდროსტატიკური წნევისაგან იზოლიაციისა და, მეორე მხრივ, ჰიდროგოსტატიკური წნევის წარმოქმნისა და შენარჩუნების უნარი. ამგვარი სურათი შეინიშნება შედარებით ახალგაზრდა ასაკის ქვიშიან-თიხიან ნალექებთან დაკავშირებულ მინისქვეშა წყლებში, სადაც ფენებრივი წნევები აღწევენ ძალიან დიდ სიდიდეებს.

ალპური ნაოჭა ოლქის კაინოზოური პერიოდის სედიმენტაციურ ღრმულებთან არის დაკავშირებული მოქმედი ტალახის ვულკანები, რომელთა ფორმირების კერების სიღრმემ შეიძლება 10-12 კმ-ს მიაღწიოს. მათი წარმოქმნის ძირითად მიზეზად მიიჩნევენ ტექტონიკურ მოძრაობებს. ჭაბურღილებით ასეთი ნალექების გახსნისას წარმოიქმნება ძლიერი შადრევნები.

ტალახის ვულკანები ცნობილია საქართველოშიც: ახტალა, ფხოველი, ბაიდა, ქილა-კუპრა, ტიულკი-ტაპა და სხვ. ტალახის ვულკანებიდან ამოიფრქვევა მეთანიანი, ქლორიდული ნატრიუმიანი, მინერალიზებული (13-36 გ/ლ) წყლები (ი. მიქაძე, 2002).

სიღრმული წყლები ხასიათდება პულსაციური რეჟიმით: წყალშემცველი ჰორიზონტის გახსნის შემდეგ, როგორც წესი, დებიტი თანდათან ან სწრაფად იკლებს წნევის შემცირების გამო.

სიღრმული წყლები ხშირად პოლიგენეტიკური წარმოშობისაა და წარმოადგენს მაღალმინერალიზებულ მარილწყლებს მიკროელემენტების გაზრდილი შემცველობით.

**თანამედროვე ვულკანური რაიონების მინისქვეშა წყლები** დაკავშირებულია რეგიონებთან, რომლებიც იმყოფებიან ვულკანური კერების გავლენის ქვეშ. ეს არის ალპური და წყნარი ოკეანის აქტიური ნაოჭა ზოლი – 98% და ძველი კონტინენტების ახალგაზრდა რღვევები – 2%.

ეს რეგიონები გამოირჩევა სითბური ნაკადის მაღალი მაჩვენებლებით, სადაც მინისქვეშა წყლები იძენს მაღალ ტემპერატურებს და იმყოფება მაღალი წნევების ქვეშ.

ვულკანურ რეგიონებში მიწისქვეშა წყლების ზედაპირული გამოვლინების სახეები: ფუმაროლები, გეიზერები, ცხელი ორთქლის ნაკადები და თერმული წყაროები.

**ფუმაროლები** ვულკანის ელემენტების ზედაპირული გამოვლენაა. ვულკანის მოქმედების სტადიის მიხედვით ფუმაროლებს შეიძლება ჰქონდეთ სხვადასხვა ტემპერატურა და შედგენილობა:

1) უშუალოდ ფუმაროლები, რომლებიც ძირითადად წარმოდგენილია ქლორის, გოგირდისა და ნახშირმჟავა გაზებით, რომელთა ტემპერატურა  $800^{\circ}\text{C}$  აღწევს;

2) სოლფატარები (ორთქლისა და გაზის ნარევი), სადაც ჭარბობს გოგირდწყალბადი, ტემპერატურა –  $90-300^{\circ}\text{C}$ -მდე;

3) მოფეტები – ნახშირორჟანგისა და ორთქლის ნარევი, ტემპერატურა –  $100^{\circ}\text{C}$ -მდე.

**გეიზერები** ცხელი წყაროების შადრევნებია, რომელთა ამოფრქვევა ხდება პერიოდულად. გეიზერული პროცესი დაკავშირებულია სიღრმულ კონვენქციასთან, რომელიც გამოწვეულია წყლის სიმკვრივის ცვალებადობით (დ. უაიტი, 1975). უაიტის აზრით, გეიზერის ამოფრქვევის ენერგია წარმოიქმნება  $150^{\circ}\text{C}$  და მეტი ტემპერატურის ჰიდროთერმების მყისიერად ორთქლად გადაქცევის გამო. აღნიშნულ პროცესს რიგი მეცნიერები (ნეხაროშევი, დროზნინი, რაზინა და სხვ.) ხსნიან ორი გენერაციისა და სხვადასხვა ტემპერატურის მქონე (ენდოგენური ორთქლი და ინფილტრაციული წყლები) ნაკადების შერევით, რომელიც იწვევს ორთქლის მყისიერ წარმოქმნას.

გეიზერი ისლანდიის ერთ-ერთი რაიონია, რომლის სახელი ეწოდა ამგვარ გამოვლინებებს.

იელოუსტონის პარკში (აშშ) ცნობილია 200-მდე გეიზერი, რუსეთში (კამჩატკაზე), გეიზერების ველზე, მოქმედებს 12-მდე დიდი გეიზერი. მსოფლიოში ყველაზე მძლავრი გეიზერი – ვაიმანგი მდებარეობს ახალ ზელანდიაში, რომელიც პერიოდულად 450 მ სიმაღლემდე ამოისვრის 800 მ<sup>3</sup> წყალს.

ჰიდროთერმებს ახასიათებს სპეციფიკური ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები, რადგან ისინი ყალიბდება ვულკანების უშუალო მოქმედების არეში. ქიმიური შედგენილობით არიან ქლორიდული ან სულფატური, მჟავა რეაქციით ( $\text{pH} < 3$ ). გაზურ ფაზაში ჭარბობს ნახშირორჟანგი, შემდეგ გოგირდწყალბადი, აზოტი და წყალბადი.

თანამედროვე ვულკანური მოქმედების რაიონებში მორფოლოგიურად გამოიყოფა დადებითი და უარყოფითი წყალშემცველი სისტემები. დადებითს მიეკუთვნება მორფოსტრუქტურულად ამონეული ვულკანური სისტემები, სადაც მიმდინარეობს ინტენსიური წყალცვლა. ასეთ სტრუქტურებში შესაძლებელია როგორც ნაპრალოური, ისე ნაპრალოურ-ფენებრივი ცირკულაციის წყლების წარმოქმნა. როგორც წესი, ჭარბობს ნაპრალოური გრუნტის წყლები, რომლებიც ხასიათდება წყალუხვობით, დაბალი მინერალიზაციით ( $0,1$  გ/ლ) და ტემპერატურით ( $1-4^{\circ}\text{C}$ ). რაც შეეხება ჰიდროთერმებს, ისინი შეიძლება გამოვლინდეს ორთქლისა

## ირაკლი მიქაძე

და გაზის ნაკადების სახით (ფუმაროლები, სოლფატარები, მოფეტები) კრატერებში და ვულკანის ფერდობებზე, სადაც იკავებენ შედარებით მცირე ლოკალურ ფართობებს. აქ ასევე უმნიშვნელოა ატმოსფერული ნალექების ჩაჟონვა და მათი სიღრმულ წყლებთან შერევა დიდ სიღრმეზე. ამგვარად, ნაკლებად წარმოსადგენია დადებითი წყალშემცველი სტრუქტურების სისტემებში ჰიდროთერმული რესურსების ფორმირებისათვის ხელსაყრელი პირობები.

უარყოფითი მორფოლოგიური წყალშემცველი სისტემები რთული რეზერვუარებია, რომლებიც ერთდროულად შეიცავენ ჰიდრავლიკურად ურთიერთკავშირში მყოფ არტეზიული აუზების ფოროვან და ფოროვან-ნაპრაალურ წყლებს და ტექტონიკური რღვევების ძარღვის წყლებს.

ისინი დაკავშირებულია ცირკისმაგვარ კრატერებთან და ვულკანურ-ტექტონიკურ დეპრესიებთან. ასეთი დეპრესიის ფორმირებას თან ახლავს ქანების ინტენსიური მსხვრევა, რაც, თავის მხრივ, ხელს უწყობს წყლების როგორც დაღმავალ, ასევე აღმავალ მოძრაობას და ჰიდროთერმების შემოჭრის შესაძლებლობას.

ღია ნაპრალების საშუალებით ხდება ატმოსფერული ნალექების ჩაჟონვა დიდ სიღრმეებზე, რის გამოც უარყოფითი წყალშემცველი სტრუქტურების ზედა ცირკულაციის ზონა წარმოდგენილია ნაპრაალური გრუნტის წყლებით, ხოლო სიღრმეში ჰიდროთერმების მდიდარი რესურსებით.

თანამედროვე ვულკანიზმის ჰიდროთერმული სისტემები ცხელი წყლების უზარმაზარი რეზერვუარებია, სადაც სითბოს გადატანა მის ზედა ნაწილში ძირითადად ხდება წყლისა და ორთქლის საშუალებით, ხოლო სიღრმეში მაგმური ფლუიდების აღმავალი ნაკადების მეშვეობით. ისინი ფართოდ არიან გავრცელებული კონტინენტებზე და ოკეანის ღრმულებში. მათი უმეტესობა დაკავშირებულია ვულკანურ-ტექტონიკურ დეპრესიებთან და ძველ კალდერებთან, იშვიათად – ნაოჭა ზონების ზედნადებ გრაბენებთან.

ჰიდროთერმული სისტემების ჰიდროგეოლოგიური სტრუქტურა ძლიერ რთულია. აქ გვხვდება ფოროვან-ფენებრივი, ნაპრაალურ-ფენებრივი და ნაპრაალური ცივი და ცხელი წყლები, რომელთა შორის არსებობს ჰიდრავლიკური კავშირი. ამასთან სიღრმულ მაღალტემპერატურულ წყლებს აქვთ აღმავალი დინება და ე.წ. თერმოლიფტის დანწევა, რაც წყლის რიგი ფაზური გარდაქმნებით არის გამონვეული.

ჰიდროთერმული სისტემების ჰიდროდინამიკაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ტექტონიკური რღვევები და ღია ნაპრალები. ეს ზონები, როგორც კარგი გამტარები, ზედა ჰორიზონტებში კვეთს რა წყალგაუმტარ ქანებს, განსაზღვრავს ჰიდროთერმების განტვირთვის ადგილებს, სიღრმეში კი წარმოადგენს ფლუიდების ამომყვან არხებს.

თანამედროვე ჰიდროთერმულ სისტემებში ხშირად დაგროვილია ორთქლისა და ცხელი წყლის მნიშვნელოვანი მარაგები. ბევრ მათგანში ბურღვით გამოვლენილია დიდი საბადოები. მათ ბაზაზე მუშაობს გეოთერმული ელექტროსადგურები, წარმოებს ქალაქების თბომომარაგება, ფუნქციონირებს სათბურები და სხვ.



ჰიდროთერმული საბადოების ფარგლებში შეინიშნება შემდეგი ვერტიკალური ზონალობა:

- 1) 500 მ-მდე – 200°C-მდე;
- 2) 1 კმ და მეტ სიღრმეზე მაქსიმალური ტემპერატურა შეადგენს 250-300°C-ს;
- 3) 1,5 კმ-ზე – 388°C-ს (მექსიკა).

ჰიდროთერმების ზედაპირისაკენ მოძრაობისას მცირდება მათი ტემპერატურა (130°C-მდე), რაც იწვევს მათ მეტამორფიზმს, წყლის შედგენილობა ქლორიდულ-სულფატურია, ხოლო გაზებში ჭარბობს ნახშირორჟანგი. ზღვის სანაპირო ზოლის ჰიდროთერმების გენეზისში დიდი როლს ასრულებს ზღვის წყალი, რომლის ინფილტრაცია ხდება რღვევებისა და ნაპრალების საშუალებით (ბ. ზაუტაშვილი, 1997).

### 9.7. მიწისქვეშა წყლები ზღვებისა და ოკეანეების ქვეშ

ზღვებისა და ოკეანეების წყლის უზარმაზარი სივრცე და მისი წყლის 11 კმ-იანი სვეტი ქმნის დანწევას ფსკერზე და დედამიწის ქერქის ამგებ ქანებზე, რის შედეგად ინტენსიურად მიმდინარეობს წყლის ინფილტრაცია.

ფსკერის ქვეშ, ქანებში წარმოქმნილია (სუბმარინული) წყალშემცველი რეზერვუარები, რომელთაც ახასიათებთ დიდი გავრცელება და სიმძლავრე.

ფსკერის ქანებში წყალცვლის ხასიათის მიხედვით გამოიყოფა (16):

- 1) კონტინენტთან წყალცვლაში მყოფი სუბმარინული წყალშემცველი სისტემები;
- 2) ღრმა ოკეანური ღრმულების წყალშემცველი სისტემები;
- 3) სუბმარინული ჰიდროთერმული სისტემები.

კონტინენტთან წყალცვლაში მყოფი სუბმარინული წყალშემცველი სისტემები, ფაქტობრივად, წარმოადგენს კონტინენტური წყალშემცველი რეზერვუარების წყალქვეშა ნაწილს, რომლებიც მოიცავენ სანაპირო ზოლის შეღვის ზონას და მსხვილი აკვატორიების მატერიკულ ფერდობებს.

ამ რეზერვუარების მეშვეობით ხდება მიწისქვეშა წყლების გადადინება კონტინენტიდან სუბმარინულ რეზერვუარებში, რაც სხვადასხვა მკვლევართა გამოთვლებით შეადგენს 2460 კმ<sup>3</sup>/წელიწადში, მათ შორის წყნარ ოკეანეში – 1340 კმ<sup>3</sup>/წელიწადში, ატლანტიკის ოკეანეში – 850 კმ<sup>3</sup>/წელიწადში, ინდოეთის ოკეანეში – 220 კმ<sup>3</sup>/წელიწადში, ჩრდილოეთ ცინულოვან ოკეანეში – 50 კმ<sup>3</sup>/წელიწადში (ჯამალოვი, ზეკცერი, მესხეთელი, 1977).

მიწისქვეშა წყლების განტვირთვა სანაპირო ზოლსა და შეღფურ ნაწილებში ხდება დაკარსტული და დანაპრალიანებული ქანებიდან სუბმარინული წყაროების საშუალებით.

მცირე დებიტის წყაროების დაფიქსირება შეუძლებელია. დიდი დებიტის აღმავალი დინებები დაფიქსირებულია ხმელთაშუა ზღვის აღმოსავლეთ სანაპიროსთან (6 მ<sup>3</sup>/წმ), რომლებიც ქმნიან ზღვის ზედაპირზე აღმავალ თალებს.

## ირაკლი მიქაძე

საქართველოს შავი ზღვის სანაპიროზე სუბმარინული წყაროები ცნობილია გაგრისა და განთიადის მიდამოებში, სადაც ზღვის ნაპირიდან 10-100 მ დაშორებით, 5-10 მ სიღრმეზე ქვედა ცარცული კირქვებიდან შეინიშნება ალმავალი მტკნარი წყლის ჭავლები. ამ წყაროების ჯამური დებიტი განთიადთან შეადგენს 1,35 მ<sup>3</sup>/წმ-ს (მაქსიმოვიჩი, კიკნაძე, 1967).

შელფზე და მატერიკულ ფერდზე მტკნარი და სუსტად მინერალიზებული წყლების ჰორიზონტები შემჩნეულია ნაპირიდან მოშორებით დიდ სიღრმეებზე, მაგალითად, სამხრეთ ჩინეთის ზღვაში 200 მ სიღრმეზე ჭაბურღილით გახსნილია 100 მ სიმძლავრის ქვიშიან-თიხიანი ჰორიზონტი, რომელიც შეიცავს მტკნარ (1,5 გ/ლ), ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ ნატრიუმის შედგენილობის არტეზიულ წყალს; ფლორიდაში, სანაპიროდან 43 კმ-ზე, ჭაბურღილით 130-255 მეტრ სიღრმეზე გახსნილია სუსტად მინერალიზებული არტეზიული ჰორიზონტი; ავსტრალიის შელფზე 1200 მ სიღრმეზე ცარცული ნალექებიდან მიღებულია 1,5 გ/ლ მინერალიზაციის დაწვევითი ჰორიზონტი (ვ. ვსევოლოჟსკი, 1991).

აღსანიშნავია, რომ ცალკეულ რაიონებში წყალცვლა ხდება არა მარტო მატერიკიდან ზღვაში, არამედ ზღვიდან მატერიკისაკენ. ეს მოვლენა ახსნილია ზღვის დონის ცვალებადობით. მეცნიერთა ერთი ნაწილი თვლის, რომ ამგვარად ფორმირდება „მაცესტის“ მინერალური წყლები.

ოკეანის ღრმა ნაწილებში კონტინენტური საფეხურის შემდეგ თანდათან იწყება ბრტყელძირიანი ღრმული, რომელსაც იზომეტრიული ფორმა აქვს და ვრცელდება რამდენიმე ათას კმ მანძილზე. ასეთ ღრმულებში ოკეანის სიღრმე 5-6 კმ-ს აღწევს, ხოლო ოკეანის ფსკერის დანალექი წყება შედგება თიხური, კაჟმინიანი და კარბონატული შლამისაგან. მათი საერთო სიმძლავრე იშვიათად აღემატება 1 კმ-ს. მისი ფუნდამენტი წარმოდგენილია მძლავრი (2კმ-მდე) ბაზალტის ფენით, რომლის ქვეშ მდებარეობს 6 კმ სიმძლავრის გაბრილიანი ფენა და სერპენტინიტები.

ცნობილია, რომ ოკეანის ფსკერის ნალექები განიცდის, ერთი მხრივ, ოკეანის წყლის სვეტის დაწოლას, ხოლო მეორე მხრივ, ამ სვეტის გამო, ტემპერატურის შემცირებას. ნალექები სედიმენტაციური წარმოშობისაა და ახასიათებს ელიზური რეჟიმი. ჭრილის ზედა ნაწილში ხსნარები წარმოდგენილია ოკეანის განამარხებული წყლებით. უფრო ღრმად შემკვრივებულ ნალექებში გავრცელებულია თიხური ნალექებიდან გამოწურული წყლები. ასეთ გარემოში უნდა მიმდინარეობდეს წყლის არა ლატერალური, არამედ ვერტიკალური მოძრაობა. გარდა ამისა, შუაოკეანური ქედის საზღვრებში მოსალოდნელია ქანების დანაპრალიანება და მათში ოკეანური წყლების შერევა.

**სუბმარინული ჰიდროთერმული სისტემები**, ანალოგიური კონტინენტური სისტემებისაგან განსხვავებით, გადაფარულია ოკეანის წყლით და ატმოსფეროსაგან იზოლირებულია. არჩევენ სუბმარინული ჰიდროთერმული სისტემების 2 სახეობას: 1) ღრმა ზღვის ღრმულებისა და 2) ოკეანის და ზღვის რიფტების (ვ. ვსევოლოჟსკი, 1991).

ღრმა ზღვის ღრმულების ჰიდროთერმული სისტემები, რომლებიც გადაჭიმულია სანაპირო ზოლისა და კუნძულთა რკალების რაიონებში, ძირითადად ფორმირდება ოკეანის დაძირული ფსკერის და ნაწილობრივ მანტიის დეჰიდრატაციის ხარჯზე.

ღრმულების ფარგლებში ოკეანის ფსკერის ლითოსფეროს მეტამორფიზმის შედეგად წარმოიქმნება სერპენტინიტები, რასაც თან ახლავს დიდი მოცულობის წყლის წარმოქმნა. გამოყოფილი ორთქლი, რომელიც გაჯერებულია სილიციუმით, ტუტეებითა და აქროლადი კომპონენტებით, მაღალი ტემპერატურისა და ჭარბი წნევის პირობებში მოძრაობს მის ზედა წყებებში და ახდენს მათ მეტამორფიზმს. ამ ზონებთან არის დაკავშირებული მოქმედი ვულკანები, სადაც ხდება მინისქვეშა წყლებისა და ორთქლის განტვირთვა.

სუბმარინული ჰიდროთერმული სისტემების წყალცვლა მიმდინარეობს საკმაოდ რთულ ვითარებაში, რომელშიც მონაწილეობს მანტიის ფლუიდები, ოკეანური ქერქის ალორძინებული წყლები, ოკეანის წყლები და აგრეთვე კონტინენტის ქერქის მინისქვეშა წყლები. ღრმა ზღვის ღრმულებიდან ჰიდროთერმების განტვირთვის ერთ-ერთი მაჩვენებელია ფსკერის დიდ სიღრმეებზე რკინისა და მარგანეცის კონკრეციების არსებობა.

**რიფტული ზონების სუბმარინული** ჰიდროთერმული სისტემები, დაკავშირებულნი შუაოკეანურ ქედებთან ან კონტინენტური განევის რიფტულ ზონებთან, სიღრმული წყლების განტვირთვის კერებია. ამ დასკვნის საფუძველს იძლევა რიფტული ზონების სპეციფიკა: ძალიან მაღალი სითბური ნაკადი, წყალქვეშა და წყალზედა ვულკანიზმის ფართო გავრცელება, ჰიდროთერმების სუბმარინული განტვირთვები და ჰიდროთერმულად შეცვლილი ქანების არსებობა. მაგალითად, ჰიდროთერმულად შეცვლილი ქანები შემჩნეულია წყნარი ოკეანის აღმოსავლეთ ქედზე, სადაც დაფიქსირებულია მაღალი სითბური ნაკადები.

სუბმარინულ ჰიდროთერმულ სისტემებს წარმოადგენს აგრეთვე ზოგიერთი შიდა ზღვის რიფტული ღრმული. წითელი ზღვის ყველაზე დაძირულ ნაწილში აღმოჩენილია ქლორიდული ნატრიუმისანი თერმული ( $56^{\circ}\text{C}$ ) მარილწყლები. ბურღვის შედეგად დადგენილია, რომ ამ თერმული მარილწყლების განტვირთვა აქტიურდება მინისძვრების დროს და ემთხვევა ბაზალტების ამონთხევის პერიოდს. წითელი ზღვის პოლიმეტალური საბადო, რომელიც წარმოქმნილია სუბმარინული ჰიდროთერმების მოქმედების შედეგად, გავრცელებულია  $100 \text{ კმ}^2$ -ზე.

## თავი X

### მინისკვება წყლის გამოყენება და ღაცვა

წყალი დედამიწის განსაკუთრებულ მინერალია, რომელიც „მართავს“ მის კლიმატს და არის სიცოცხლისათვის აუცილებელი. კაცობრიობა წყლიდან ყოველწლიურად მოიპოვებს 70 მილიონ ტონამდე სიცოცხლისათვის აუცილებელ ცხოველურ და მცენარეულ პროდუქტს.

გარდა ამისა, წყალი უნივერსალური გამხსნელია, რის გამოც იგი შეიცავს მრეწველობისათვის ძვირფას მარილებსა და ქიმიურ ელემენტებს. 1 მ<sup>3</sup> ზღვის წყალი შეიცავს 1,3 კგ ლითონურ მაგნიუმს. მაგნიუმს მოიპოვებენ აგრეთვე ზღვის მოლუსკების ნიჟარებიდან.

წყალი ასრულებს სასარგებლო ეკოლოგიურ ფუნქციას – შთანთქავს ატმოსფეროში არსებული ნახშირორჟანგის მნიშვნელოვან ნაწილს, ხოლო ოკეანეში მობინადრე ფიტოპლანქტონის საშუალებით ატმოსფეროს ამარაგებს ჟანგბადით.

ოკეანე შეადგენს დედამიწის წყლის გარსის ძირითად ნაწილს, იგი ასრულებს მთავარ როლს დედამიწაზე წყლის წრებრუნვაში. ოკეანეთა ზედაპირიდან ყოველწლიურად ორთქლდება  $3,35 \times 10^{14}$  მ<sup>3</sup> წყალი, მათგან 90% უკან უბრუნდება, ხოლო 10% მოდის ხმელეთზე.

წყალს ახასიათებს დიდი თბოტევადობა, რის გამოც ოკეანე იღებს მზის სითბოს დიდ ნაწილს, ანაწილებს მას თბილი დინებების სახით და ამ გზით მონაწილეობს დედამიწის კლიმატის ჩამოყალიბებაში. ატმოსფერო წყალს შეიცავს უმნიშვნელო რაოდენობით (წყლის საერთო მასის 0,001%-ს). წყლის აორთქლებაზე იხარჯება მზისგან მიღებული ენერჯიის 70%. შემდეგ ორთქლი კონდენსირდება და ისევ უბრუნდება დედამიწას ნალექის სახით, რომელიც შეიცავს მინერალურ მარილს. ღრუბელი ცოცხალი ეკოლოგიური სისტემაა, რომელშიც ცხოვრობენ და მრავლდებიან მიკროორგანიზმები.

მტკნარი წყალი ხმელეთის მცენარეთა და ცხოველთა სიცოცხლის და განვითარებისათვის აუცილებელი ელექსირია. უდაბნოში მობინადრე ცხოველებიც კი, რომლებიც წყალს იშვიათად ან საერთოდ არ მოიხმარენ, მას ლებულობენ საკვებიდან ან საკუთარ ორგანიზმში დაგროვილი ცხიმებიდან. ადამიანს წყლის მიღების გარეშე შეუძლია გაძლოს 5 დღე. ადამიანის ორგანიზმი შეიცავს სინოტივეს მისი წონის 65%-ის ოდენობით და დღე-ღამის განმავლობაში, არსებული სიტუაციიდან გამომდინარე, გამოყოფს ორიდან ათეულ ლიტრამდე სითხეს. ჯანმრთელი ადამიანი ყოველდღიურად ლებულობს 3-4 ლ წყალს, ან 50-60 გრამს ყოველ

კილოგრამ წონაზე. გარდა ამისა, მინერალურ წყლებს ფართოდ იყენებს მოსახლეობა სამკურნალოდ.

წყალი ტრანსპორტირების საშუალებაა, გამოიყენება ენერგეტიკაში და მრეწველობის ყველა დარგში. მეცნიერთა გამოთვლებით, XX საუკუნეში, მსოფლიოს მასშტაბით, წყლის წლიური მოხმარება შეადგენდა: მრეწველობაში – 400 კმ<sup>3</sup>-ს, ხოლო ენერგეტიკაში – 250 კმ<sup>3</sup>-ს. საერთო ჯამში მოხმარებული წყლის რაოდენობა შეადგენს 3200-3300 კმ<sup>3</sup>-ს წელიწადში.

მიუხედავად იმისა, რომ მტკნარი წყლის მსოფლიო მარაგები (მყინვარები, ტბები, მდინარეების ზედაპირული და მიწისქვეშა აუზები, ნიადაგისა და ატმოსფეროს ტენი) შეადგენს 30 მლნ კმ<sup>3</sup>-ს, მეცნიერები შიშობენ, რომ დედამიწას ემუქრება მტკნარი წყლის მარაგის მნიშვნელოვანი შემცირება. ამის მაგალითია აფრიკისა და აზიის დიდი სივრცეების უდაბნოებად გადაქცევა. ანალოგიური პროცესები ვითარდება თითქმის ყველა მატერიკის ფარგლებში. მაგალითად, აშშ-ში განახლებადი მიწისქვეშა წყლების მარაგები 50 წლის განმავლობაში შემცირდა 490 კმ<sup>3</sup>-დან 63 კმ<sup>3</sup>-მდე, ხოლო კალიფორნიის, ტეხასის, არიზონას და სხვ. შტატები უკვე განიცდიან მტკნარი წყლების დიდ ნაკლებობას.

მტკნარი წყლების მსოფლიო მარაგები არათანაბრადაა განაწილებული. თითქმის 2150 კმ<sup>3</sup> წყალი ჩაედინება მსოფლიო ოკეანეში ანტარქტიკიდან, გრენლანდიიდან და სხვა დაუსახლებელი პოლარული ტერიტორიებიდან, რომლებიც თითქმის არ გამოიყენება მოსახლეობის მიერ. ამგვარი სურათი დამახასიათებელია არა მარტო პოლარული ქვეყნებისათვის. მაგალითად, მდ. ამაზონის საშუალონლიური ჩამონადენი შეადგენს 3800 კმ<sup>3</sup>-ს, მაშინ როცა მოსახლეობის სიმჭიდროვე არ აღემატება 4-5 კაცს კმ<sup>2</sup>-ზე. იმავდროულად მრავლადაა პრაქტიკულად უწყლო ქვეყნები და რეგიონები, სადაც დიდია მტკნარი წყლების დეფიციტი, ან საერთოდ არ გვხვდება მტკნარი წყალი. მაგალითად, საჰარაში, რომლის ტერიტორია შეადგენს ევროპის სამ მეოთხედს, ნალექების საშუალონლიური რაოდენობა არ აღემატება 100 მმ-ს, ხოლო არის წლები, როდესაც იგი უტოლდება ნულს. ანალოგიური ვითარებაა ყარაყუმის უდაბნოშიც (შუა აზია).

გარდა ამისა, ზოგიერთ, მრეწველობის მხრივ მაღალგანვითარებულ ქვეყნებში, სადაც წყლის საკმაო რესურსებია, მოსახლეობა დიდი სიმჭიდროვის გამო განიცდის მტკნარი წყლის დეფიციტს. მაგალითად, გერმანიაში, რურის აუზში, მდ. რეინის სიახლოვეს, სადაც ნალექების საშუალონლიური რაოდენობა შეადგენს 800 მმ, 4500 კმ<sup>2</sup>-ზე თავმოყრილია ქვეყნის მრეწველობის 35%, ხოლო მოსახლეობის საშუალო სიმჭიდროვე შეადგენს 1000 კაცს/კმ<sup>2</sup>-ზე.

ბუნებრივი მტკნარი წყლების რესურსების შემცირების არსებითი მიზეზია ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა, სახელდობრ, მდინარეების ხეობებში ტყის გაჩეხვა. ამ მიზეზით რუსეთის ძირითადი მდინარეების ჯამური წლიური ჩამონადენი შემცირდა 1,2%-ით, რაც შეადგენს 55 კმ<sup>3</sup>-ს.

წყლის რესურსებს მიეკუთვნება ჰიდროსფეროს გამოსაყენებლად ვარგისი წყალი: მდინარეების, ტბების, არხების, წყალსაცავების, ზღვებისა და ოკეანე-

## *ირაკლი მიქაძე*

ბის, მიწისქვეშა, მყინვარების. ისინი უშუალოდ გამოიყენებიან ნაოსნობისათვის, ჰიდროენერგეტიკის ობიექტების ფუნქციონირებისათვის, თევზის მეურნეობების მოსაწყობად, დასვენებისათვის და ტურიზმის ინდუსტრიაში.

სამეურნეო მიზნით (წყალმომარაგება, მორწყვა, დასვენება და ტურიზმი, თევზჭერა და თევზის მოშენება, ჰიდროენერგეტიკა, შიგა ნაოსნობა) ყველაზე მეტად გამოიყენებულია მდინარის წყალი, გამდინარი ტბებისა და აქტიური წყალცვლის ზონის მიწისქვეშა მტკნარი წყალი, რაც შეადგენს ჰიდროსფეროს მოცულობის 0,4%-ს.

წყლის რესურსები ამოუწურავია, რადგან რაციონალური გამოყენების შემთხვევაში ისინი კვლავაც აღდგება წრებრუნვის პროცესში. მაგრამ ეს რესურსები არათანაბრადაა განაწილებული და მათზე, განსაკუთრებით ინდუსტრიულ რაიონებში, დიდი მოთხოვნილებაა.

ადამიანისათვის გამოსადეგი და ხელმისაწვდომი მტკნარი წყალი შეადგენს დედამიწაზე არსებული მთელი წყლის მარაგის 1%-ზე ნაკლებს. პლანეტაზე არსებული წყლის მარაგი უდრის 1,4 მილიარდ კმ<sup>3</sup>-ს, მაგრამ აქედან 97% მოდის მსოფლიო ოკეანეზე და ხმელეთის მლაშე წყლებზე. მტკნარი ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების მოცულობა განისაზღვრება 35 მლნ კმ<sup>3</sup>-ით, საიდანაც 2/3 მყინვარია. მსოფლიოს ყველა მდინარის წლიური ჯამური ჩამონადენი ოდნავ აჭარბებს 2 მლნ კმ<sup>3</sup>-ს. მართალია, ეს მარაგი აღემატება წყალზე მოთხოვნილებებს, მაგრამ დედამიწაზე რესურსები უაღრესად არათანაბრადაა განაწილებული, ამასთან, მათი დაბინძურება განუხრელად იზრდება, რის გამოც თითქმის ყველგან იგრძნობა სასმელი წყალის დეფიციტი.

წყლის რესურსების დეფიციტის შესამცირებლად წყალთა მეურნეობისა და სოფლის მეურნეობის პრაქტიკაში მიმართავენ წყლის რესურსების გაფართოებულ წარმოებას, ე.ი. გამოსაყენებლად ადვილ, მისაწვდომ რესურსებს ზრდიან ძნელად მისაწვდომი ან პოტენციური რესურსების ხარჯზე. მაგალითად, ნიადაგის ტენის რესურსების გაზრდას აღწევენ მელიორაციისა და აგროტექნიკური საშუალებებით, ხოლო მდინარის მდგრადი ჩამონადენის გაზრდა შესაძლებელია ზედაპირული (წყალმომარაგების) ჩამონადენის წყალსაცავების მოწესრიგების საშუალებით. დიდი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე მიწისქვეშა წყლების ხელოვნურ და ტრანზიტულ მიწისქვეშა წყალსაცავების შექმნას.

წყალი, როგორც ბუნებრივი რესურსი, შეუცვლელია. ადამიანი პირველ რიგში საჭიროებს მტკნარ წყალს სასმელი მიზნით, აგრეთვე სამეურნეო, ტექნოლოგიური პროცესებისათვის და მოსარწყავად.

მიწისქვეშა წყლების მნიშვნელობა არ შემოისაზღვრება მხოლოდ მათი სასმელად გამოყენებით, რადგან იგი გამოიყენება, როგორც კომპლექსური სასარგებლო წიაღისეული, მათ შორის სამკურნალოდ, მინერალური ნედლეულისა და თერმული ენერჯის რესურსად.

მინისქვეშა წყლების სამეურნეო დანიშნულებით გამოყენება განისაზღვრება მათი მინერალიზაციის, ქიმიური შედგენილობისა და ტემპერატურის გათვალისწინებით. ამ კომპონენტების მიხედვით მინისქვეშა წყლები იყოფა: მტკნარ – გამოიყენება სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგებისა და მელიორაციის მიზნით; მინერალურ-სამკურნალო – გამოიყენება სანატორიულ-საკურორტო მიზნით; მინერალურ-სამრეწველო – გამოიყენება ძვირფასი მინერალური ნედლეულის მისაღებად და თერმულ ან თერმოენერგეტიკულ წყლად – გამოიყენება თბური ენერჯის მისაღებად.

ადამიანი არსებობისათვის და სამეურნეო დანიშნულებით მოიხმარს 400-დან 1000 ლ/დღე-ღამეში წყალს, ეს მაჩვენებელი გაცილებით იზრდება არიდული კლიმატის რეგიონებში. წყლის მოხმარებაზე მოთხოვნილება განუწყვეტლივ იზრდება, ხოლო მტკნარი წყლების რესურსები ერთ ადამიანზე გაანგარიშებით მცირდება.

გარემოს დაცვის ერთ-ერთი ძირითადი საკითხია მინისქვეშა წყლების დაცვა დაბინძურების და რესურსების გამოლევისაგან, რაც შეიძლება მიღწეულ იქნეს მინისქვეშა წყლების რესურსების რაციონალური გამოყენებისა და დაცვის გზით.

### 10.1 სასმელი და სამეურნეო დანიშნულების მინისქვეშა წყლები

ადამიანი სამეურნეო საქმიანობაში უხსოვარი დროიდან იყენებდა სარწყავ წყლებს. XX საუკუნის მეორე ნახევრიდან მრეწველობის განვითარებამ გამოიწვია ზედაპირული წყლების მასობრივი დაბინძურება, რის გამოც განსაკუთრებით გაიზარდა მოთხოვნილება მინისქვეშა წყლებზე, როგორც ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტზე.

მტკნარი მინისქვეშა წყლების განაწილებაში დიდი მნიშვნელობა აქვს ტერიტორიის გეოლოგიურ აგებულებას. მათი მნიშვნელოვანი რესურსები დაკავშირებულია მთისწინა და მთათაშუა ღრმულების ალუვიურ ნალექებსა და შლეიფებთან, რომელთა მინისქვეშა წყლების ნაკადის მოდულები აღწევენ რამდენიმე ათეულ ლ/წმ/კმ<sup>2</sup>-ს. მტკნარი მინისქვეშა წყლების მნიშვნელოვანი რესურსებია ასევე ჰუმიდური ზონის პლატფორმული ტიპის არტეზიულ აუზებში – 3 ლ/წმ/კმ<sup>2</sup>.

არიდული ზონის არტეზიული აუზები ხასიათდება მტკნარი წყლების შეზღუდული რესურსებით, თუმცა აქაც არის გამონაკლისი – აღმოსავლეთ საჰარის არტეზიული აუზის მტკნარი წყლების მარაგი შეფასებულია 15 ათას კმ<sup>3</sup>-ით (ვ. ვსევოლოუსკი, 1991).

სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მინისქვეშა წყლების როგორც ბუნებრივ, ასევე საექსპლუატაციო რესურსების დადგენას. სსრკ-ის ტერიტორიის ბუნებრივი რესურსების რეგიონალური შეფასება ჩატარდა გასული საუკუნის 60-80-იან წლებში, რომლის მიხედვითაც მინისქვეშა

## **ირაკლი მიქაძე**

წყლების ბუნებრივი რესურსების 30%-ს (30 ათასი მ<sup>3</sup>/წმ) შეადგენს საექსპლუატაციო რესურსები.

საქართველოს მიწისქვეშა წყლების ბუნებრივი რესურსები შეადგენს 620 მ<sup>3</sup>/წმ-ს, საპროგნოზო საექსპლუატაციო რესურსები – 133 მ<sup>3</sup>/წმ-ს; აზერბაიჯანის – შესაბამისად 90 და 124 მ<sup>3</sup>/წმ; სომხეთის – 50 და 50 მ<sup>3</sup>/წმ.

თუ სასმელი წყლის ხარისხი არ აკმაყოფილებს ნორმებს, ხდება მათი სპეციალური დამუშავება გამწმენდ ნაგებობებში, რომელიც ითვალისწინებს: კოაგულაციას, მაგნიტურ დამუშავებას, გაფილტვრას და სხვ., ასევე ხდება წყლის ქლორირება, ოზონირება და ულტრაიისფერი დამუშავება.

მსოფლიოს მასშტაბით მტკნარი მიწისქვეშა წყლების რესურსების გამოყენების დონე, იუნესკოს მონაცემებით, შემდეგია: ყოველწლიურად ამოიღება 15-20 ათასი კმ<sup>3</sup> (476-635 ათასი მ<sup>3</sup>/წმ) მიწისქვეშა წყალი. მეცნიერთა პროგნოზით, როდესაც დედამიწის მოსახლეობა მიაღწევს 12 მილიარდს, მარტო სასმელად საჭირო იქნება 30 ათასი კმ<sup>3</sup>/წელიწადში (950 ათასი მ<sup>3</sup>/წმ).

### **10.2. ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების როლი მელიორაციაში**

სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწებზე ჩატარებული სარწყავი და დასაშრობი ღონისძიებები მნიშვნელოვნად ცვლის გარემოს. ეს ცვლილებები განსაკუთრებით იგრძნობა ჰუმიდურ, არიდულ და არასაკმარისი ტენიანობის ზონებში. ამ ზონებში მდებარეობს საქართველოს მელიორაციული მიწების უმეტესობა.

სარწყავი მიწათმოქმედების დროს ნიადაგის დამლაშებას ადგილი აქვს საქართველოს აღმოსავლეთ ნაწილში: მდინარეების – ალაზნის, იორის და მტკვრის შუამდინარეთში.

ნიადაგის დამლაშების პროცესი მიმდინარეობს ბუნებრივად და ხელოვნურად, რომელიც გამოწვეულია სასოფლო-სამეურნეო მასივების არასწორი მორწყვით. ჰაერის მაღალი ტემპერატურის პირობებში, როდესაც მაღლა იწევს გრუნტის წყლების დონეები, იზრდება აორთქლება. გრუნტის წყლების აორთქლების შედეგად ნიადაგში რჩება მასში გახსნილი მარილები და ამგვარად მიმდინარეობს მისი დამლაშების პროცესი.

ჩაკეტილი ტერიტორიის ტენის ცვალებადობის დახასიათების დროს შესაძლებელია გამოვყოთ მისი სამი სახესხვაობა:

ა) პლანეტარული;

ბ) ლოკალური;

გ) აერაციის ზონა – მცენარეულობა – ატმოსფეროს მიწისპირა ზონა.

რომლებიც ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან სხვადასხვა კავშირებით.

სარწყავი ტერიტორიის ფარგლებში საგრძნობი ცვლილებები მიმდინარეობს ნიადაგის წყლის ბალანსში, ასევე ცვალებადია ტენის, მარილებისა და სითბოს



ცირკულიაციის ინტენსივობა. მცენარეთა ფესვების გავრცელების ფენაში მცირდება ტემპერატურა და იზრდება ატმოსფეროს მინისპირა ზონის ტენიანობა.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის გაზრდის მიზნით მორწყვის შედეგად მათულობს აორთქლება. ასევე მათულობს სარწყავი წყლის ფილტრაციული დანაკარგები, რაც იწვევს მიწების დაჭაობებისა და დამლაშების პროცესების განვითარებას. ამგვარი პროცესები განსაკუთრებით მწვავედ ვითარდება გრუნტის წყლების არაღრმად განლაგების პირობებში – იმ უბნებზე, რომლებიც ბუნებრივად არაღრენირებული ან ინტენსიურად მცირედ დრენირებულია.

ასეთ უბნებზე გამოყენებულ უნდა იქნეს მიწების მორწყვის დანვიმების მეთოდი, ნიადაგქვეშა და წვეთოვანი მორწყვა, რომელთა გამოყენება უზრუნველყოფს წყლის ხარჯვის ეკონომიას ზედაპირულ ნაკადურ მორწყვასთან შედარებით.

გარემოზე მორწყვის უარყოფითი ზეგავლენა გამოიხატება ე.წ. „დაბრუნებული“ წყლების (რომელთა მინერალიზაცია ბევრად მაღალია) რაოდენობის გაზრდით და მათი განმეორებით გამოყენებით მორწყვის დროს. ეს წყლები „გამდიდრებულია“ ნიადაგიდან გამორეცხილი მარილებით, სასუქით, პესტიციდებით და მეცხოველეობის სადგომების ჩამდინარე წყლებით.

საქართველოს აღმოსავლეთ ნაწილში, შირაქისა და დილიჩას მასივების პერიფერიულ ნაწილებში, სადაც გავრცელებულია პროლუვიალურ-დელუვიალური ნალექები და მორწყვისათვის გამოიყენება დაბალმინერალიზებული, მტკნარი წყლები, 3,0 მ სიღრმემდე გრუნტები ნაკლებად შეიცავენ მარილებს. ნიადაგის დამარილიანება საგრძნობლად იზრდება ქვაბულის ცენტრისაკენ, სადაც გავრცელებულია მლაშე ნიადაგები.

სარწყავი მიწათმოქმედების რაიონებში იცვლება ბუნებრივი ლანდშაფტიც, გარკვეულწილად უარესდება გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობა, რადგან ახალ პირობებში ჩნდება ახალი მცენარეულობა, მათ შორის ჭარბობს სარეველები, რიგ შემთხვევებში ტენისმოყვარული მცენარეები, ე.წ. „ფრეატოფიტები“, რომლებიც გამოიყენებენ წყლის დიდ რაოდენობას, რის გამოც უარესდება წყლის შედგენილობა და ხარისხი.

სარწყავი სისტემების ექსპლუატაციის დროს, გარდა მცენარეული საფარისა, იცვლება ფაუნის ცხოვრების პირობები. ეს ცვლილებები გამოწვეულია ბუნებრივ მდგომარეობაში არსებული ტერიტორიების პერიოდული დატბორვისა და ნიადაგის ტენიანობის გაზრდის გამო. წყლის ნაკადულების ჰიდროქიმიური რეჟიმის შეცვლის შედეგად, რომლებიც „დაბრუნებული“ წყლების მიმღებებია, მათში არსებობის პრობლემები ექმნებათ საუკეთესო ჯიშის თევზებს, სამაგიეროდ, უკეთესად გრძნობენ თავს ნაკლებად ძვირფასი ჯიშის თევზები.

გარდა ამისა, მორწყვის შედეგად წარმოშობილ დაჭაობებულ უბნებზე ჩნდება და სწრაფად მრავლდება მწერები, ეს იწვევს მოსახლეობასა და ცხოველებში სხვადასხვა ინფექციური დაავადებების გავრცელებას.

## ირაკლი მიქაძე

რიგ შემთხვევებში სარწყავ ტერიტორიებზე გავრცელებულია მონოკულტურები, მაგალითად, ხორბალი შირაქის ველზე, რაც ასევე ხელს უწყობს გარკვეული სახის მწერ-მავნებლების პოპულაციების გავრცელებას. ვითარების გამოსწორების მიზნით იყენებენ უფრო მეტ პესტიციდებს, რაც, თავის მხრივ, არღვევს ჩამოყალიბებულ ეკოსისტემებს.

მორწყვის შედეგად გარკვეულ დონემდე იზრდება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოცულობა და ხარისხი, რის შემდეგ მცირდება მელიორაციული ღონისძიებებით გამოწვეული ეფექტურობა. ეს გარემოება აიხსნება რიგი ნეგატიური მოვლენების განვითარებით, რომლებიც დამახასიათებელია ამ პროცესისათვის.

არის შემთხვევები, როდესაც ერთ რეგიონში ჩატარებული საირიგაციო ღონისძიებები, იწვევს მარცვლეულის, ბოსტნეულის, ბალახის და სხვა კულტურების ფართობების შემცირებას მეზობელ არამელიორირებულ მიწებზე.

ზემოთქმულიდან შეიძლება გამოვიტანოთ შემდეგი დასკვნები:

1. სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ფარგლებში ჩატარებული დასაშრობი და სარწყავი ღონისძიებების შედეგად მნიშვნელოვნად იცვლება ბუნებრივი გარემო.

2. მორწყვის დროს, განსაკუთრებით ზედაპირული მორწყვის პირობებში, მნიშვნელოვნად იზრდება ფილტრაციული დანაკარგები, რაც იწვევს მიწების დაჭაობებისა და დამლაშების პროცესების განვითარებას.

3. ბუნებრივ გარემოზე მორწყვის უარყოფითი გავლენის ერთ-ერთი სახეა „დაბრუნებული“ წყლების მოცულობებისა და მინერალიზაციის ზრდა.

4. ჭარბტენიანი ზონის ჭაობების დაშრობისას არ იცვლება საშუალო მრავალწლიური ჩამონადენის სიდიდე.

5. ცვალებადი ტენიანობის ზონაში დაშრობის ღონისძიებების ზეგავლენა ძირითადად დამოკიდებულია დაჭაობებული მასივების ბუნებრივ თავისებურებებზე და კვების პირობებზე.

6. დასაშრობი ღონისძიებები და დაშრობისა და მორწყვის პროცესების შეთავსება გავლენას ახდენს ჩამონადენის საშუალოწლიურ განაწილებაზე.

პრობლემის გადაწყვეტის მიზნით, კონკრეტული მელიორაციული მასივებისათვის აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს შემდეგი პირობები: კლიმატური თავისებურებები, აორთქლებისა და ტრანსპირაციის სიდიდეები, აერაციის ზონის გრუნტების საინჟინრო-გეოლოგიური თვისებები, გრუნტის წყლების, ტბებისა და ჭაობის წყლების დონეების განლაგება მელიორირებულ და არამელიორირებულ უბნებზე, არტეზიული ჰორიზონტის წყლების მონაწილეობა გრუნტის წყლებისა და ჭაობების კვებაში, მათი ზეგავლენის შემცირება და ა.შ.

სასოფლო-სამეურნეო მიწების თითქმის 60% საჭიროებს მორწყვას. მიწები ირწყვება არა მარტო არიდულ რაიონებში, არამედ ჰუმიდურშიც ზაფხულის თვეებში.

მელიორაციის ერთ-ერთი მთავარი პრობლემა სარწყავი წყლის ხარისხია. ზედაპირული წყლები უმეტესად მტკნარია (0,2-0,3 გ/ლ), მინისქვეშა წყლები კი ზოგჯერ მინერალიზებულია, ან დაბინძურებულია პესტიციდებითა და სასუქებით. ამ მხრივ გამონაკლისს წარმოადგენენ მეოთხეული ასაკის არტეზიული წყლები, რომლებიც გამოირჩევიან დაბალი მინერალიზაციით (1-3 გ/ლ) და სიხისტით. მაგალითისათვის შეიძლება მოვიყვანოთ ალაზნის ველის მეოთხეული ასაკის ნალექების არტეზიული წყლები, რომელთა საშუალებით ირწყვება სასოფლო სამეურნეო დანიშნულების მიწები. გარდა ამისა, არტეზიული წყლები ავსებენ საირიგაციო სისტემებს, რომელთა საშუალებით სარწყავი წყალი მიეწოდება მიწის სავარგულებს.

სარწყავი წყლების შეფასებისას დიდ მნიშვნელობას ანიჭებენ მასში ტუტე მეთალების შემცველობას, მათ შორის განსაკუთრებით საზიანოა ერთვალენტაინი ლითონების კონცენტრაცია.

ირიგაციაში მინისქვეშა წყლების ხვედრითი წილი მცირეა და არ აჭარბებს 2,5%-ს, თუმცა ზოგიერთ ქვეყანაში (აშშ, უზბეკეთი, აზერბაიჯანი, რუსეთი, ინდოეთი, პაკისტანი, ირანი, საუდის არაბეთი და სხვ.) ინტენსიურად გამოიყენება. მაგალითად, აშშ-ში მიწების 49% ირწყვება მინისქვეშა წყლებით.

მორწყვის დროს საჭიროა ნორმების დაცვა, რადგან ჭარბი მორწყვა იწვევს გრუნტის წყლების დონის აწევას, ნიადაგის დამლაშებასა და დაჭაობებას. ეს პრობლემა მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაშია, მეორეულმა დამლაშებამ უარყოფითი შედეგები გამოიწვია, მაგალითად, უზბეკეთში – გოლოდნაია სტეპზე. საქართველოში მეორეული დამლაშების პროცესი მიმდინარეობს ალაზნის ველზე.

ნიადაგების მეორეული დამლაშების საწინააღმდეგო ღონისძიებებია ვერტიკალური და ჰორიზონტალური სადრენაჟო სისტემები.

ვერტიკალური დრენაჟის საშუალებით ხდება მინისქვეშა წყლების ამოტუმბვა არტეზიული წყლის ჰორიზონტიდან ჭაბურღილების ქსელით, რის გამოც მცირდება დანწევა გრუნტის წყლის ჰორიზონტზე და ხდება მისი დონეების დანწევა, ხოლო არტეზიული წყლები გამოიყენება როგორც სასმელი მიზნებისათვის, ასევე მოსარწყავად.

საქართველოში საირიგაციო ნაგებობები ცნობილია უხსოვარი დროიდან. 1,3 მლნ ჰა-დან ირწყვებოდა 40 ათასი ჰა. ცნობილია ზემო ალაზნის, სამგორის, ტაშისკარის, სკრა-ქარელის, სალთვინის, ტირიფონის, მალლაკისა და სხვა არხები.

### **10.3. საქართველოს სარწყავი და დასაშრობი მასივების მელიორაციული მდგომარეობის მოკლე მიმოხილვა**

საქართველოს მხარეები მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისაგან გეოგრაფიული პირობებით, ლანდშაფტით, რომელიც კონკრეტული ტერიტორიაა ერთიანი გეოლოგიური საძირკველით, ერთი ტიპის რელიეფით, ერთნაირი ჰავით,

## *ირაკლი მიქაძე*

ჰიდროთერმული პირობებით, ნიადაგებისა და ბიოცენოზების ერთგვარობითა და მორფოლოგიური ნაწილების კანონზომიერი შერწყმით.

საქართველოს ფიზიკურ-გეოგრაფიული (ლანდშაფტური) დარაიონების თანახმად დასავლეთ საქართველო მიეკუთვნება კოლხეთის ნოტიო სუბტროპიკულ ოლქს, რომელიც შედგება ვაკე დაბლობისა და მთისწინა ბორცვების რიონის ქვეოლქისაგან, აგრეთვე იმერეთის მაღლობის ქვეოლქისაგან.

ნოტიო, სუბტროპიკული ჰავის სარტყელში, სადაც ჭარბი ტენის პირობებში კოლხეთის დაბლობის ტერიტორიის დიდი ნაწილი ჭარბტენიანია, ცენტრალური და დასავლეთი ნაწილები დაჭაობებულია, რაც მოითხოვს ჭარბი წყლის მოცილებას, ხოლო კოლხეთის დაბლობის აღმოსავლეთი ნაწილი – პირიქით, მორწყვას.

აღმოსავლეთ საქართველო მიეკუთვნება ივერიის ზომიერად ნოტიო და მშრალ სუბტროპიკულ ოლქს, რომლის ტერიტორიის დიდ ნაწილში, განსაკუთრებით კახეთის სამხრეთ-აღმოსავლეთ რეგიონებში ტენის ნაკლებობაა, რის გამოც აუცილებელია მიწების მორწყვა.

საქართველოში სარწყავი სისტემების შესახებ პირველი მონაცემები მიეკუთვნება IV საუკუნეს ჩვ. ერამდე. იგი დიდად განვითარდა XII-XIII საუკუნეებში აღმოსავლეთ საქართველოს მევენახეობის რაიონებში. ძველი სარწყავი სისტემებიდან დღემდე მოაღწია სოფ. ქანდის (მუხრანის ველი), ხურვალეთის, საქაშეთის (ტირიფონის ველი) და სხვ. საირიგაციო სისტემებმა, XIX საუკუნეში გაყვანილ იქნა იორისა და გარდაბნის სარწყავი სისტემები.

აღმოსავლეთ საქართველოში სარწყავი მიწები მდებარეობს მტკვრისა და მისი შენაკადების (ლიახვის, თეძამის, არაგვის, ალგეთის, ხრამის, მაშავერას, დებედას, იორის, ალაზნის) ხეობებში, ხოლო დასავლეთ საქართველოში – მდ. რიონისა და ენგურის ხეობებში, კოლხეთის დაბლობის აღმოსავლეთ და ჩრდილო-აღმოსავლეთ პერიფერიებში. მცირე რაოდენობით სარწყავი ტერიტორიები გვხვდება სამხრეთ საქართველოს მთიან ნაწილშიც (მდ. ქობლიან-ჩაი, კარზამეთი და სხვ.).

ამჟამად, საქართველოში ირწყვება დასამუშავებელი მიწების ერთი მესამედი, რომელთაგან მნიშვნელოვანი ნაწილი უჭირავს მარცვლოვან და ბოსტნეულ კულტურებს, შემდეგ ვაზს და ჩაის.

დიდი მელიორაციული სამუშაოებია ჩატარებული კოლხეთის დაბლობში, სადაც არხების და სხვა კომპლექსური ღონისძიებების საშუალებით გაუმჯობესებულ იქნა მიწის სავარგულების მელიორაციული მდგომარეობა ლანჩხუთის, ხობის, ზუგდიდის, ქობულეთის, გალის და სხვა რაიონებში.

უკანასკნელ ათწლეულებში, ცნობილი პოლიტიკური და ეკონომიკური მდგომარეობის გამო, რომელიც მიმდინარეობს ჩვენს ქვეყანაში, როგორც სხვა დარგებს, ასევე მიწების მელიორაციასაც აღარ ექცევა სათანადო ყურადღება. ადგილი აქვს მასივების უსისტემო მორწყვას, რომლის შედეგია გრუნტის წყლების დონეების აწევა კრიტიკულ ნიშნულებამდე, გრუნტების დამარილიანების

პროცესების განვითარება და ჭაობებისაგან განთავისუფლებული ტერიტორიების მეორეული დაჭაობება.

**ა. ვაკე დაბლობისა და მთისწინა ბორცვების რიონის ქვეოლქის სარწყავი და დასაშრობი მასივები**

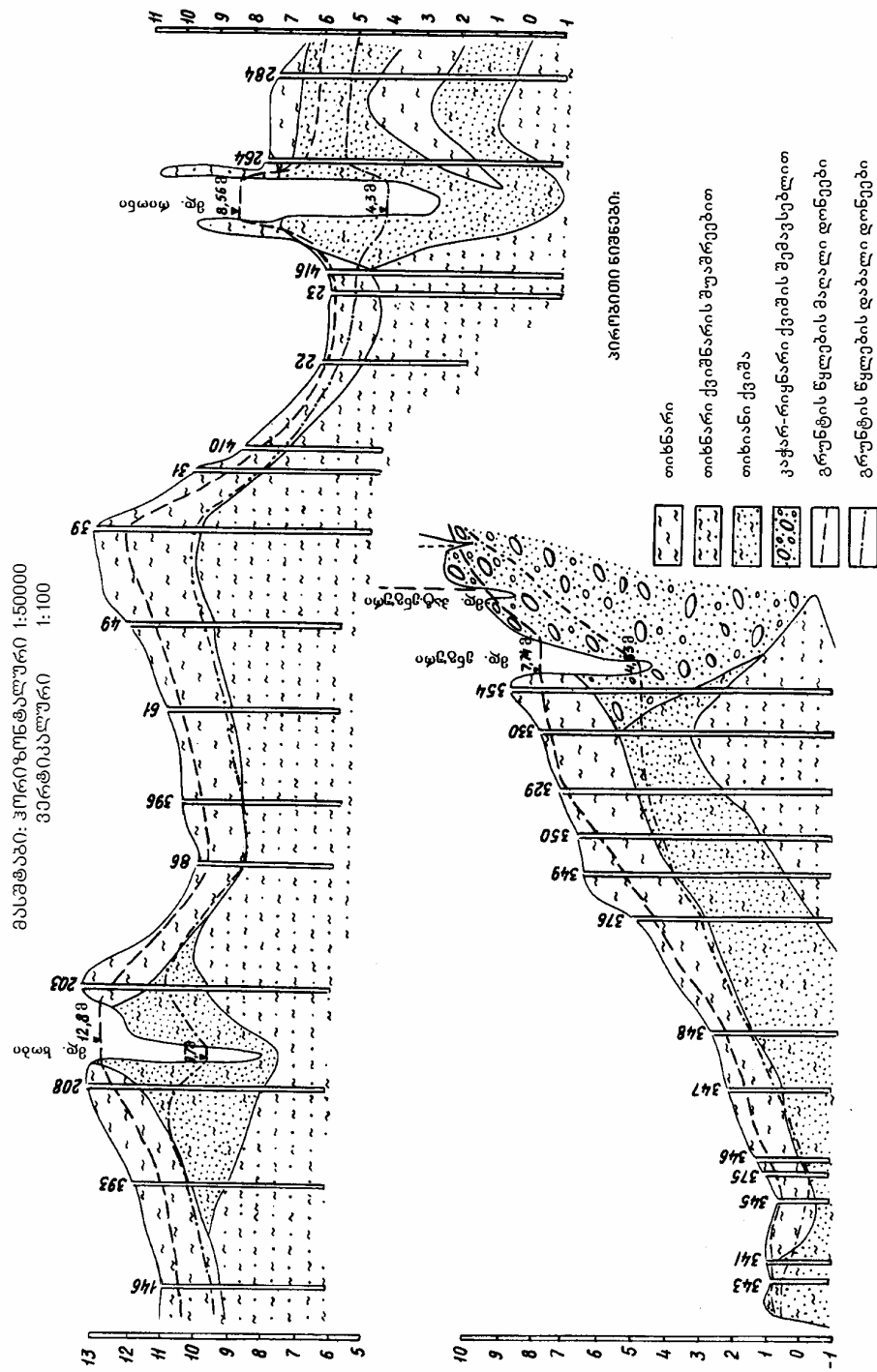
სარწყავი მასივები მდებარეობს კოლხეთის დაბლობის აღმოსავლეთ და ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილებში, რომელთა ზედა ჰორიზონტები აგებულია მეოთხეული ასაკის ნალექებით. მათი სიმძლავრეები იზრდება აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ და შავიზღვისპირეთში აღწევს მაქსიმუმს – 500 მ.

აჯამეთი-ულეველა-ხოხოულას მასივი (4,7 ათასი ჰა) მდებარეობს მდ. ყვირილას ხეობაში, სადაც გაყვანილია მაგისტრალური არხები. მათ შორის აღსანიშნავია მდ. ყვირილას მარცხენა ნაპირის არხი, რომლის სიგრძეა 30 კმ, ხოლო ხარჯი შეადგენს 2,8 მ<sup>3</sup>/წმ-ს. არხით ძირითადად ირწყვება მეორე ტერასა, იგი აგებულია 3-4 მ სიმძლავრის რიყნარითა და ხვინჭებით ქვიშის შემავსებლით, რომლებიც გადაფარულია თიხებით.

მაშველის სარწყავი სისტემა მოიცავს 18 ათას ჰექტარს, რომელიც ჩრდილოეთიდან შემოსაზღვრულია სალამალის ამაღლებით, აღმოსავლეთიდან და სამხრეთიდან – მდ. რიონით, ხოლო დასავლეთიდან – მდ. გუბისწყლით. არხი იკვებება მდ. რიონიდან, მისი სიგრძეა 18,9 კმ, ხარჯი – 12 მ<sup>3</sup>/წმ. მასივი აგებულია ალუვიური რიყნარითა და ქვიშებით, რომელთა ფილტრაციის კოეფიციენტები იცვლება 50 მ/დღე-ღამიდან (სოფ. მალლაკი) 500 მ/დღე-ღამემდე (სოფ. ფარცხანაყანები). სოფ. ფარცხანაყანებთან ხდება გრუნტის წყლების გამოსოღვა წყაროების სახით, რომელთა ჯამური დებიტი აჭარბებს 1 მ<sup>3</sup>/წმ-ს.

ყველაზე ღრმად (7 მ და მეტი) გრუნტის წყლები მდებარეობს მასივის ცენტრალურ ნაწილში, ჩრდილოეთის განაპირა მხარეს, ქ. ქუთაისის და სოფლების – მუხიანის, შუამალლაკის, მინანითელის, მესხეთის, ქვიტირის მიდამოებში (5-დან 7 მეტრამდე). აქ რიყნარი გაშიშვლებულია დღის ზედაპირზე, რაც ხელს უწყობს გრუნტის წყლების კვებას ატმოსფერული ნალექების ხარჯზე.

სოფლების – ფარცხანაყანებისა და მალლაკის მიდამოებში, სადაც გრუნტის წყლები მდებარეობს არაღრმად (2 მ-მდე), მოწყობილია წყალამლები ნაგებობები ქ. ქუთაისის წყალმომარაგების მიზნით. მათ საშუალებით სოფ. მალლაკის მიდამოებში გრუნტის წყლების დონემ დაინია 0,5-1,0 მეტრით და შესაბამისად გაუმჯობესდა სასოფლო-სამეურნეო მიწების მელიორაციული მდგომარეობა.



ნახ. 17. პიდროგეოლოგიური გრილები რიონზე, ხობსა და ენგურზე (შეადგინა ი. მიქაძემ)

სოფლების – ონარიოსა და ლაბადნარის მიდამოებში, ვერტიკალური დრენაჟის განხორციელების შედეგად, მიღწეულ იქნა გრუნტის წყლების დონეების დაწვევა და ჭაობების ამოშრობა.

ჩაის პლანტაციები ირწყვება ზუგდიდის, სენაკის, ოჩამჩირის, სამტრედიის, ხონის, ოზურგეთისა და სხვა რაიონებში, სადაც, მიუხედავად დიდი რაოდენობის ნალექებისა (1750 მმ), შეიმჩნევა მათი არათანაბარი განაწილება წლის განმავლობაში.

10 ათასი ჰა ფართობიდან, სადაც მიმდინარეობდა მორწყვა, 8 ათასი ჰა-ზე განხორციელდა მორწყვა დანვიმების მეთოდით.

ჭარბტენიანი და ჭაობიანი მიწებიდან ზედაპირული წყლების მოცილების მიზნით მაგისტრალური არხები გაყვანილია კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ და დასავლეთ ნაწილებში, ძირითადად, მდინარეების – რიონის, ხობისა და ენგურის ხეობებში, რომელთა შორის ტერიტორია დაქსელილია უფრო მცირე სიღრმის არხების სისტემით.

გარდა ატმოსფერული ნალექებისა, ხშირად ხდება დაბლობის მდინარეული წყლებით დატბორვა, რომელიც შემცირდა მდინარეების (რიონი, ხობი, ენგური, ცივი და სხვ.) გასწვრივ ზვინულების მოწყობის გამო. თუმცა კატასტროფული ხასიათის დატბორვები ამჟამადაც ხდება, რომლებიც გამონვეულია თოვლის დნობითა და კოკისპირული წვიმებით.

მდინარეებზე ზვინულების მოწყობის შემდეგ მდინარეთაშორის ტერიტორიების ფარგლებში მკვეთრად შეიცვალა ეკოლოგიური მდგომარეობა: აღარ ხდება მდინარეული შლამის დალექვა, რომელიც ამაღლებდა მიწების ნაყოფიერებას და ზედაპირის ნიშნულებს. სამაგიეროდ, რელიეფში სულ უფრო მალღდება მდინარეთა კალაპოტი. ზვინულების მოწყობის შემდეგ, 70 წლის განმავლობაში, კოლხეთის მდინარეების კალაპოტი მკვეთრად გამოისახა რელიეფში, ხოლო მდინარეთაშორის დაბლობები, მდინარეთა კალაპოტებთან შედარებით, უფრო დაბალ ნიშნულებზე დარჩა.

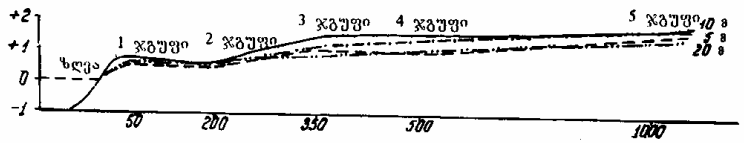
კატასტროფული ხასიათის დატბორვები, რომლებიც გამონვეულია გაზაფხულზე თოვლის დნობით და კოკისპირული წვიმებით, მეორდება პერიოდულად. ბოლო პერიოდში ამგვარი დატბორვა მოხდა გასული საუკუნის 80-იან წლებში, როდესაც გარღვეულ იქნა მდინარეების რიონისა და ხობის ზვინულები და მთლიანად დაიტბორა კოლხეთის დაბლობის ცენტრალური ნაწილი.

ჩატარებული რეჟიმული დაკვირვებების საფუძველზე დადგინდა, რომ კოლხეთის დაბლობის მდინარეთა კალაპოტების მაღალი ნიშნულების გამო ხდება მდინარეული წყლებით გრუნტის წყლის ჰორიზონტის ინტენსიური კვება მდინარიდან რამდენიმე კილომეტრ მანძილზე (ნახ. 17).

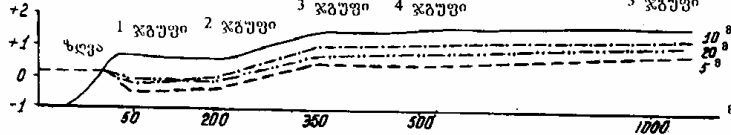
ირაკლი მიქაძე

მასშტაბი: კორიზონტალური 1:5000  
ვერტიკალური 1:100

მაღალი დონეები (II-დეკადა I/1974)

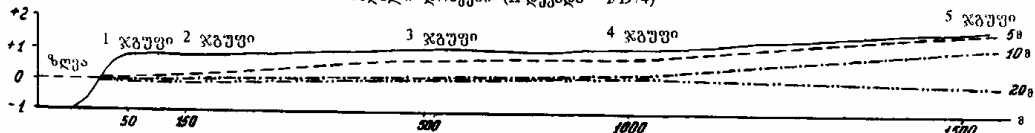


დაბალი დონეები (II-დეკადა IX/1973)

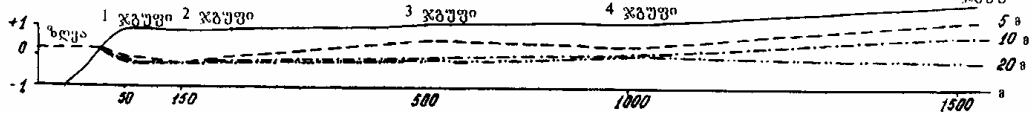


მასშტაბი: კორიზონტალური 1:5000  
ვერტიკალური 1:100

მაღალი დონეები (II-დეკადა I/1974)



დაბალი დონეები (III-დეკადა IX/1973)



ნახ. 18. ზღვისა და გრუნტის წყლების ურთიერთქმედება მაღალი და დაბალი დონეების დროს გრიგოლეთის უბანზე

არანაკლები გავლენა აქვს ზღვას, განსაკუთრებით ღელვის დროს, რომელიც აძნელებს ზედაპირული და გრუნტის წყლების განტვირთვას ზღვაში. ეს პროცესი გაძნელებულია მიწის ზედაპირის მცირე ქანობების გამოც. ასევე მნიშვნელოვანია მიწისქვეშა წყლების (გრუნტისა და არტეზიული წყლების) გავლენა დაჭაობების პროცესებზე (ნახ. 18).

შავიზღვისპირა ზოლში ზღვის დიუნები უკეტავენ გზას ჭაობის პატარა ნაკადულებს, რის გამოც ნაკადულები მიედინება დიუნების გასწვრივ და ჩაედინება ზღვაში შედარებით დიდი მდინარეების საშუალებით. ამის გამო, ზღვისპირა ზოლის დიუნების გასწვრივ განლაგებულია პატარა-პატარა ტბები და მუდმივი ჭაობები. დროდადრო, წყლის მასის დაგროვებისა და მოცულობის გაზრდასთან ერთად, ნაკადულები ერთდება და არღვევს დიუნებს. ამ დროს ზედაპირული წყლისაგან ერთიანად იცლება ტერიტორია და უმჯობესდება გარემოს მელიორაციუ-



ლი პირობები. შემდეგ, ზღვის დონის შედეგად, ისევე აღდგება დიუნების ზოლი და კვლავ იწყებს დაგროვებას ზედაპირული წყლები.

ზღვისპირა ზოლში ზედაპირული წყლების დარეგულირების მიზნით, 1980 წელს, საქართველოს გეოლოგიური სამმართველოს ჰიდროგეოლოგიური ექსპედიციის მიერ ჩატარდა ექსპერიმენტი, რომლის იდეის ავტორი იყო ინჟინერი ზ. მესხია (ნახ. 19).

ზღვაში ზედაპირული წყლების თავისუფალი განტვირთვის მიზნით, დიუნების ზოლში დამონტაჟდა დიდი დიამეტრის მილი, რომელიც მარტივი მოწყობილობის საშუალებით უზრუნველყოფდა ჭაობის წყლების განტვირთვისას ზღვაში და ხელს უშლიდა ზღვის წყლების მოხვედრას ჭაობში. ექსპერიმენტმა წარმატებით ჩაიარა, მაგრამ შემდგომ, ზღვის დიდი შტორმის შედეგად, მილმა შეიცვალა მდებარეობა, შემოტრიალდა დიუნის გასწვრივ და შეწყვიტა ფუნქციონირება.



სურ. 19. შავი ზღვის დიუნა ჭაობის მცენარეულობით; საცდელი მილი ჭაობის წყლების ზღვაში განტვირთვის ექსპერიმენტის ჩატარების შემდეგ (1980)

კოლხეთის დაბლობზე მელიორაციული სამუშაოები მიმდინარეობს XX საუკუნის 30-იანი წლებიდან. კოლხეთის ჭაობების დაშრობისა და ათვისების გენერალური გეგმა შედგენილ იქნა გასული საუკუნის 60-იან წლებში.

გენერალური გეგმის მიხედვით მელიორაციული სამუშაოების დაგეგმვისას ძირითადი ყურადღება ექცეოდა დაბლობიდან ზედაპირული წყლების მოცილებას. ამ მიზნით გაყვანილ იქნა არხების მაგისტრალური და შიდა ქსელი. რელიეფის დაბალი ნიშნულების გამო წყლის გადაქაჩვა ხდებოდა სატუმბი სადგურების საშუალებით.

## *ირაკლი მიქაძე*

მიუხედავად ჩატარებული სამუშაოებისა, ეფექტი მნიშვნელოვანი არ იყო, რადგან პროექტით არ იყო გათვალისწინებული ჭაობებისა და დაჭაობებული მიწების მიწისქვეშა კვების ფაქტორი.

1967 წლიდან დაიწყო კოლხეთის დაბლობის კომპლექსური ჰიდროგეოლოგიური და საინჟინრო-გეოლოგიური შესწავლა.

კოლხეთის დაბლობის მეოთხეული ნალექების გრუნტის წყლისა და არტეზიული წყლების ჰორიზონტებს შორის ურთიერთკავშირის არსებობაში მთავარ როლს ასრულებს ამ ჰორიზონტების დონეების განლაგება.

კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ ნაწილში მეოთხეული ასაკის ნალექების არტეზიული ჰორიზონტის პიეზომეტრიული დონე ემთხვევა გრუნტის წყლის ჰორიზონტის დონეს, ან იმყოფება მასზე მაღლა.

პიეზომეტრიული დონე ემთხვევა გრუნტის წყლის ჰორიზონტის წყლის სარკეს დაბლობის აღმოსავლეთ ნაწილში, სადაც მიწისქვეშა წყლები იძენს წნევას, და ზღვისპირა ზოლში, სადაც წნევები ეცემა, რადგან აქ ისოლება ამ ჰორიზონტების გამყოფი, შედარებით წყალუპოვარი შრე.

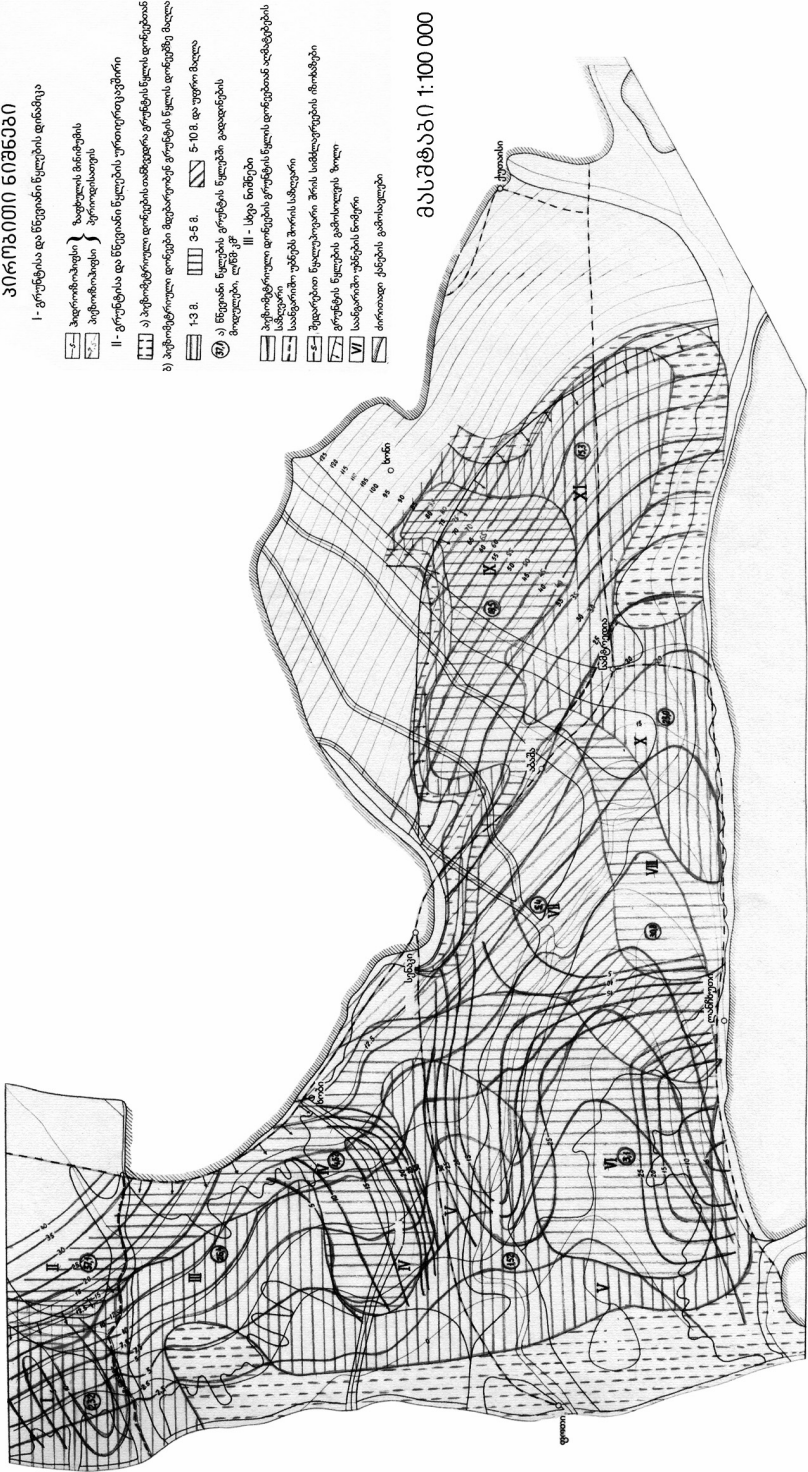
დაბლობის დანარჩენ ტერიტორიაზე, პიეზომეტრიული დონეები მდებარეობს გრუნტის წყლების დონეებზე მაღლა, რის მიხედვითაც გამოიყოფა 3 რაიონი:

- 1) 1-დან 3 მეტრამდე;
- 2) 3-დან 5 მეტრამდე;
- 3) 5-დან 10 მეტრამდე და უფრო მაღლა.

დაბლობის ცენტრალურ ნაწილში პიეზომეტრიული დონეები მდებარეობს გრუნტის წყლის დონეზე მაღლა, დასავლეთისა და აღმოსავლეთის მიმართულებით კი შეინიშნება მათი თანდათანობითი შემცირება, რაც მიუთითებს ამ მიმართულებით არტეზიული წყლების გრუნტის წყლის ჰორიზონტში განტვირთვაზე (ნახ. 20, 21).

წნევიანი წყლების ვერტიკალური გადადინება გრუნტის წყლის ჰორიზონტში მიმდინარეობს თიხნარისა და ქვიშნარის შრეების გავლით, რომლებიც წარმოადგენენ ამ ჰორიზონტების გამყოფ შრეს. ამ შრის სიმძლავრე მერყეობს 10-დან 50 მეტრამდე, ხოლო მათი ფილტრაციის კოეფიციენტები – 0,001-დან 0,04 მ/დღე-ღამეში.

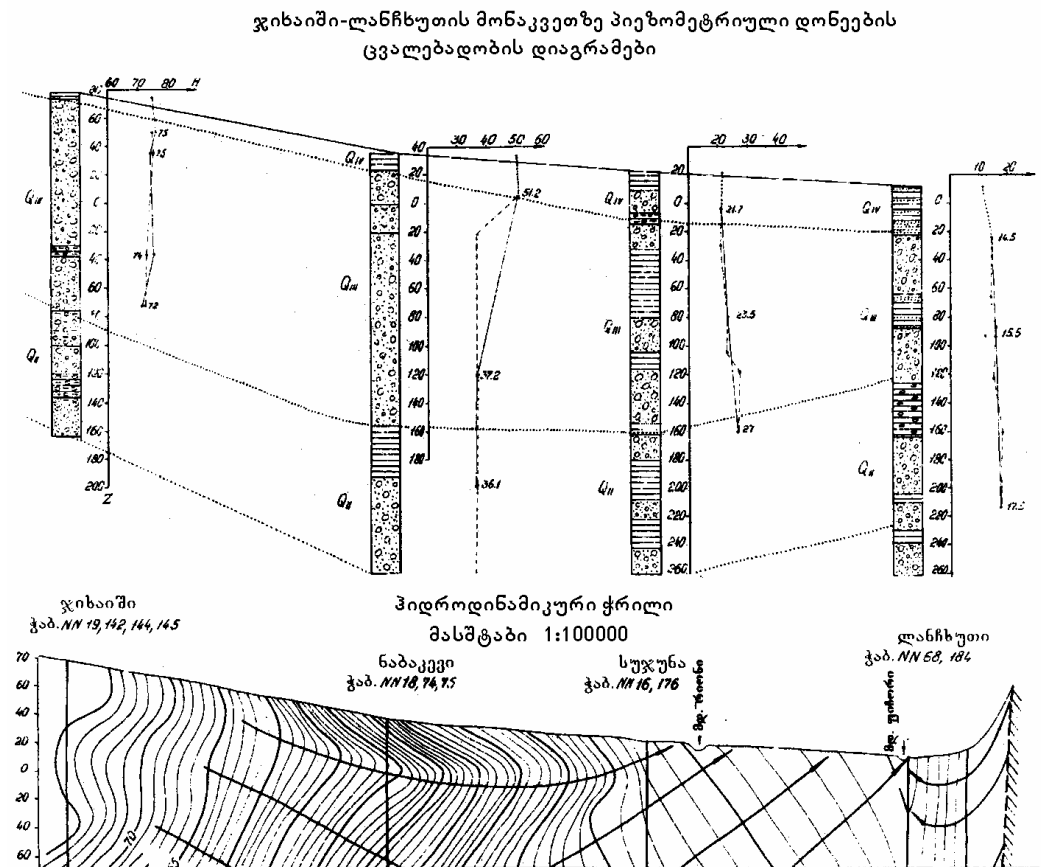
საანგარიშო უბნების ფარგლებში, პიეზომეტრიული დონეების გრუნტის წყლის დონეებთან აღმატებისა და გრუნტისა და წნევიანი ჰორიზონტების გამყოფი შრის სიმძლავრეებისა და ფილტრაციის კოეფიციენტების მნიშვნელობათა გათვალისწინებით, განსაზღვრულია წნევიანი წყლების გრუნტის წყლებში გადადინების ვერტიკალური გრადიენტის სიდიდეები.



ნახ. 20. წნევიანი და გრუნტის წყლების ურთიერთკავშირის რუკა (შუაღდგინა ი. მიქაძემ)

**ირაკლი მიქაძე**

წარმოდგენილი მასალის გაანალიზების საფუძველზე გამოტანილია დასკვნა, რომ კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ და დასავლეთ ნაწილებში გრუნტის წყლის ჰორიზონტზე აქტიურად ახდენს გავლენას არტეზიული წყლის ჰორიზონტი. კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ ნაწილში წნევიანი წყლების გრუნტის წყლის ჰორიზონტში გადადინების საშუალო სიდიდე შეადგენს – 14,7 მ<sup>3</sup>/წმ, ხოლო გადადინების მოდული – 8,4 ლ/წმ/კმ<sup>2</sup> (ი. მიქაძე, 2003).



ნახ. 21. პიეზომეტრიული დონეების ცვალებადობის გრაფიკები ვერტიკალურ ქრილში ჟიხაიში-ლანჩხუთის უბანზე

აქედან გამომდინარე, კოლხეთის დაბლობზე გამოვეყოფთ შემდეგ ჰიდროდინამიკურ სტრუქტურებს:

- 1) თავისუფალი წყალცვლისა და მინისქვემა ჰორიზონტების ინტენსიური კვების არეს;

2) მიწისქვეშა წყლების ტრანზიტის, წნევების შექმნისა და წნევიანი წყლების გრუნტის წყლის ჰორიზონტში განტვირთვის არეს;

3) მიწისქვეშა წყლების განტვირთვისა და წნევის გრადიენტების შემცირების არეს.

უახლესი მონაცემებით დადგენილი ურთიერთკავშირის კანონზომიერება გრუნტისა და არტეზიულ ჰორიზონტებს შორის, რომელიც მდგომარეობს გრუნტის წყლის ჰორიზონტის ინტენსიურ კვებაში ატმოსფერული ნალექების და მდინარეული წყლების პარალელურად არტეზიული წყლების ხარჯზე, ამყარებს სპეციალისტების მიერ ადრე გამოთქმულ მოსაზრებებს ასეთი კვების არსებობის შესაძლებლობის შესახებ (ი. ყულოშვილი, 1933, ი. ბუაჩიძე, 1955, ლ. ხარატიშვილი, 1961, ი. მიქაძე, 1971).

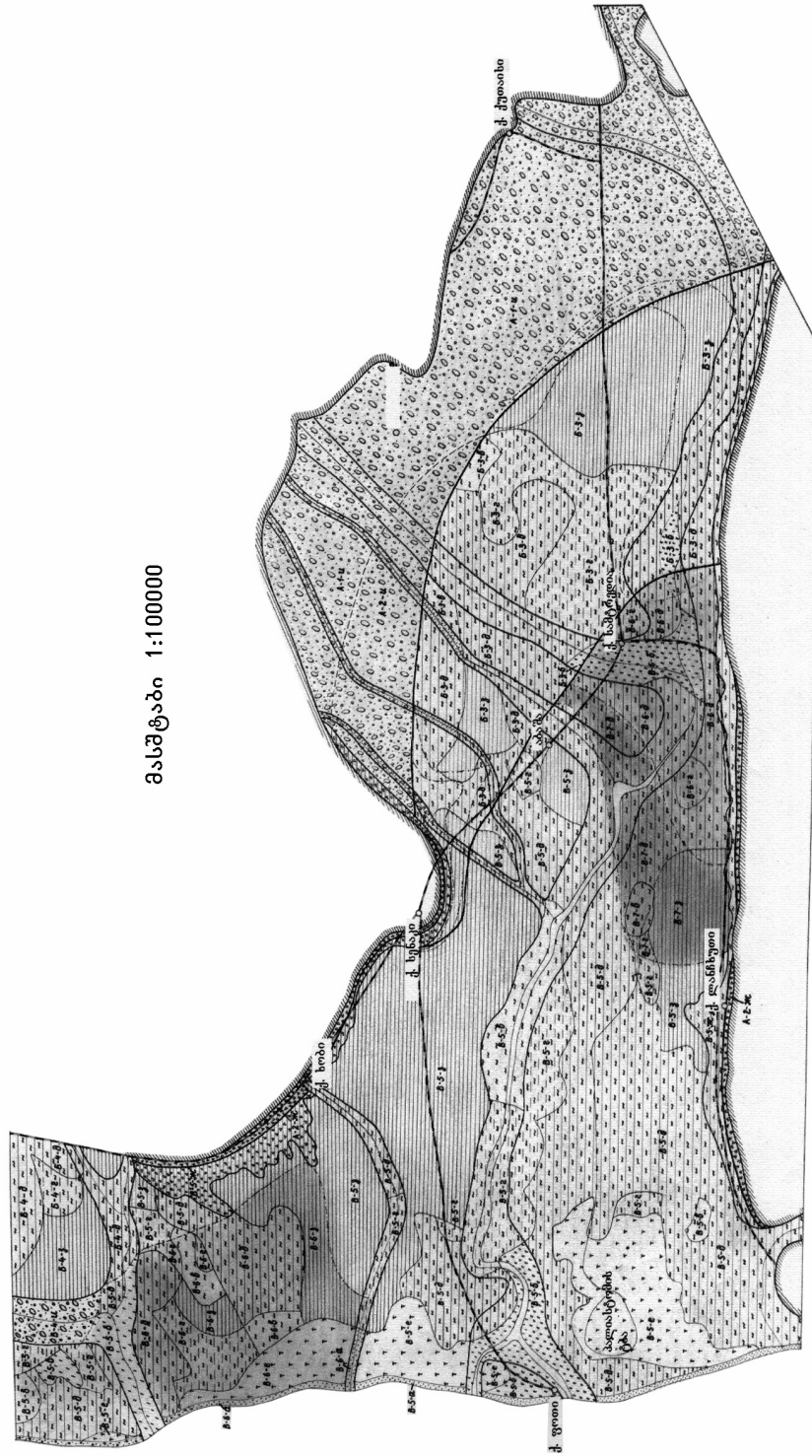
კომპლექსური ჰიდროგეოლოგიური და საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვის (1:50000) საფუძველზე შედგენილია კოლხეთის დაბლობის ჰიდროგეოლოგიური და საინჟინრო-გეოლოგიური დარაიონების რუკა და თითოეული მასივისათვის განსაზღვრულია მელიორაციული ღონისძიებების კომპლექსი. გამოკვლევის მასალები „საქწყალპროექტის“ მიერ გამოყენებულ იქნა მელიორაციული პროექტების შესადგენად (ნახ. 22, 23).

საქართველოში ბოლო წლებში განვითარებული პოლიტიკური მოვლენების გამო მთლიანად ქვეყანაში და კოლხეთის დაბლობზეც შეფერხდა მელიორაციული სამუშაოები, რამაც გამოიწვია უკვე ათვისებული მასივების მეორეული დაჭაობება.

იმისათვის, რომ მიღწეულ იქნას დაჭაობებული მიწების დაშრობა და სასოფლო-სამეურნეო ათვისება, აუცილებელია წყლის ბალანსის მუდმივი კონტროლი, დაჭაობებაში მონაწილე ყველა ფაქტორის გათვალისწინება და მელიორაციული ღონისძიებების გეგმაზომიერი და მუდმივი გატარება.

დაჭაობებულ მიწებზე მელიორაციული ღონისძიებების გატარების შემდგომ გარკვეულწილად მცირდება ამ მიწების მიერ წყლის აკუმულირების პირობები, რის გამოც შესაძლებელია, რომ დაირღვეს მთელი ჭაობის სისტემის წონასწორობა. ამ დროს დაბლა იწვეს გრუნტის წყლის დონეები და მცირდება აორთქლება, რომელიც დამოკიდებულია ნიადაგის ფენაზე და მცენარეთა სახეობებზე.

მელიორაციული ღონისძიებების გატარების შედეგად მატულობს გრუნტის წყლის ნაკადი, რომელიც გაედინება დაჭაობებული მასივიდან, უმჯობესდება ნიადაგის წყლოვან-ფიზიკური და აერაციული პირობები, გახრწნის ანაერობული პროცესები იცვლება აერობულით, თანდათან უმჯობესდება ნიადაგის გრუნტების ფილტრაციული თვისებები და ტემპერატურული რეჟიმი. ჭარბი ტენის შემცირება ამაღლებს ნიადაგის შრის აერაციას და შესამჩნევად აუმჯობესებს ტერიტორიის სანიტარულ მდგომარეობას. იცვლება მიკროკლიმატიც, სავეგეტაციო პერიოდში მცირდება ტენიანობა და მალდება ატმოსფეროს მიწისპირა ტემპერატურა.



ნახ. 22. კოლხეთის დაბლობის ცენტრალური ნაწილის შიდროგეოლოგიურ-მელოროცეული დარაიონების რუკა  
(შეადგინა ი. მიქაძემ)

**პირობითი ნიშნები:**

რაიონი (ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობები – ლანდშაფტი, გეოლოგიური სტრუქტურები)  
 კოლხეთის დაბლობი (შედის კარპატებისა და ყირიმ-კავკასიის რეგიონის ყირიმ-კავკასიის I რიგის რაიონში)  
 რაიონის საზღვარი

ქვერაიონი (მორფოგენეტიკური სტრუქტურები პირველ რეგიონალურ წყალუპოვარ შრემდე)

**A** – მიწისწინა დაბლობი, აგებული კაჭარ-რიყნარითა და მონატეხი მასალით; მიწისქვეშა წყლების პორიზონტების კვება ხდება ატმოსფერული ნალექებისა და ზედაპირული ნაკადების ხარჯზე

**B** – მიწისქვეშა წყლების ტრანზიტისა და წნევების შექმნის არე, აგებული კაჭარ-რიყნარით თიხნარისა და თიხების შუა შრეებით

**B** – მიწისქვეშა წყლების ინტენსიური განტვირთვის არე, გაერცვლებულია დაჭაობებული მიწები, ტერიტორია აგებულია ქვიშნარ-თიხნარით ტორფის შუა შრეებითა და რიყნარის იშვიათი ლინზებით

ქვერაიონის საზღვარი










უბანი (ჰიდროგეოლოგიური პირობები, დრენირება, გრუნტის წყლის დონეები და რეჟიმი, წნევიანი წყლების გრუნტის წყლებში გადადინების მოდულები)

გრუნტის წყლის დონეები, მ	0,5-1,5	0,5-2,0	1,0-3,0	1,5-3,0	2,0-5,0	5,0-20,0
გადადინების მოდულები, ლ/წმ/კმ <sup>2</sup>						
გადადინება არ ხდება					2	1
1 – 10		5				
10 – 20			3			
20 – 30		6				
30 – 40	7			4		

საზღვარი გრუნტის წყლის დონეებს შორის

საზღვარი წნევიანი წყლების გრუნტის წყლის პორიზონტში გადადინების მოდულებს შორის

ქვეუბანი (0-5 მ ფენის გეოლოგიურ-ლითოლოგიური აგებულება)

-  **A** თანამედროვე ზღვისა და ალუვიური ქვიშები და ღორღი
  -  **B** თანამედროვე ალუვიური, ზღვისა და ჭაობის ქვიშნარი, დალექილი ქვიშნარსა და ქვიშებზე
  -  **B** თანამედროვე ალუვიური, ზღვისა და ჭაობის მსუბუქი თიხნარი, დალექილი მძიმე და საშუალო თიხნარზე, თიხებზე, ქვიშებზე, ქვიშნარზე და რიყნარზე
  -  **B** თანამედროვე ალუვიური, ზღვისა და ჭაობის საშუალო თიხნარი, დალექილი თიხნარზე, ქვიშნარზე, ქვიშებსა და რიყნარზე
  -  **B** თანამედროვე ალუვიური, ზღვისა და ჭაობის მძიმე თიხნარი, დალექილი მსუბუქ და საშუალო თიხნარზე, თიხებზე, ქვიშნარზე, ქვიშებსა და რიყნარზე
  -  **B** თანამედროვე ჭაობის ნალექები (ტორფი), დალექილი ალუვიურ და ზღვიურ თიხნარზე, თიხებსა და ქვიშნარზე
  -  **B** თანამედროვე დელუვიურ-პროლუვიური ნალექები-თიხები, მონატეხი მასალის ჩანართებით
  -  **B** თანამედროვე ალუვიური, ზღვისა და ჭაობის თიხები, დალექილი თიხნარზე, ქვიშნარზე, ქვიშებსა და რიყნარზე
  -  **B** თანამედროვე ალუვიური კაჭარ-რიყნარი და ქვიშურ-ღორღიანი ქანები
- ქვეუბანის საზღვარი  
 გეომორფოლოგიურ რაიონებს შორის საზღვარი

ნახ. 23. ჰიდროგეოლოგიურ-მელიორაციული დარაიონების რუკის პირობითი ნიშნები

## *ირაკლი მიქაძე*

ამასთან ერთად, დასაშრობი სისტემები, განსაკუთრებით სადრენაჟო, მნიშვნელოვნად ზრდის საკვები ნივთიერებების გატანას წყალშემკრებებში. დრენაჟი არ აუარესებს ბუნებრივ პირობებს, მაგრამ წარმოადგენს დამაკავშირებელ სატრანსპორტო რგოლს დაბინძურების გავრცელების საქმეში შემდეგ სისტემაში: ატმოსფერო – ნიადაგი – წყალი. ამ გავლენის მასშტაბები დამოკიდებულია კლიმატურ პირობებზე, სადრენაჟო სისტემების პარამეტრებზე, ნიადაგის გრუნტების წყლოვან-ფიზიკურ თვისებებზე, ნიადაგში შეტანილი სასუქების სახეებზე, ნორმებზე, მათი შეტანის ვადებზე და ა.შ.

წყალმიმღებების სადრენაჟო ნაკადებით დაბინძურების შემცირება შესაძლებელია სადრენაჟო სისტემების გადაყვანით ნაწილობრივ ჩაკეტილ ციკლში.

### ***ბ. ივერიის ზომიერად ნოტიო და მშრალი სუბტროპიკული ოლქის სარწყავი მასივები***

ამ ოლქის ყველაზე მსხვილი ერთეულია ქართლის ვაკე, რომლის სარწყავი მასივების ფართობი შეადგენს 110,5 ათას ჰა. მისი დასავლეთი ნაწილი – ტირიფონის ვაკის მასივები: დოღლაურის ველი, სალთვისი, ტირიფონი და სხვები ირწყვება ტაშისკარის, სკრა-ქარელის, სალთვისისა და ტირიფონის არხებით.

*დოღლაურის ველი* მდებარეობს მდ. მტკვრის მარცხენა ნაპირზე, მდინარის პირველ, მეორე და მესამე ტერასებზე, რომელთა ფართობია 13,1 ათასი ჰა. ამ მიწებს რწყავს 45 კმ სიგრძის და 12 მ<sup>3</sup>/წმ დებიტის ტაშისკარის სარწყავი არხი, რომელსაც კვებავს მდ. მტკვარი. ტერასების ამგები ალუვიური ნალექები, რომელთა ფილტრაციის კოეფიციენტები უტოლდება 200 მ/დღე-ღამეში, გადაფარულია 0,5-დან 3,0 მეტრამდე სიმძლავრის კარბონატული თიხებით. წყალუხვობით გამოირჩევა პირველი ტერასა, რომელიც იკვებება მდინარეების სურამულას, ბორნეულასა და სხვათა ფილტრატებით. გრუნტის წყლების დონე მდებარეობს 1,0-1,5 მ-ზე, ხოლო უფრო ღრმად (2,5-4,5 მ) – მაღალ ტერასებზე. გრუნტის წყლების ქიმიური შედგენილობა ძირითადად ჰიდროკარბონატულ-სულფატური კალციუმია, 1,5 გ/ლ მინერალიზაციით.

ტაშისკარის სარწყავი სისტემის ექსპლუატაციას მნიშვნელოვანი ზემოქმედება არ გამოუწვევია მასივის გრუნტის წყლების რეჟიმზე და ქიმიურ შედგენილობაზე.

*სალთვისის მასივი (16,3 ათასი ჰა)* და მისი მომიჯნავე *კეხვის მასივი (3,9 ათასი ჰა)* მდებარეობს მდ. დიდი ლიახვის მარჯვენა სანაპიროზე. ეს მასივები ირწყვება სალთვისის არხით, რომლის სიგრძეა 10,4 კმ, ხოლო ხარჯი – 9,25 მ<sup>3</sup>/წმ. სარწყავი მიწების უმეტესი ნაწილი მდებარეობს მდ. დიდი ლიახვის მეორე და მესამე ტერასებზე.

მდ. დიდი ლიახვის ტერასების ალუვიონის გრუნტის წყლები ძირითადად იკვებება მდ. დიდი ლიახვის ფილტრატებით, რომლებიც ჰიდროკარბონატული კალციუმის შედგენილობისაა, ხოლო საერთო მინერალიზაციაა – 0,5 გ/ლ.



ტირიფონის ველის მასივი (29 ათასი ჰა) ირწყვება 46 კმ სიგრძის არხით, რომლის ხარჯია 14 მ<sup>3</sup>/წმ. იგი იკვებება მდ. დიდი ლიახვის წყლებით.

ტირიფონის მასივისაგან ჩრდილოეთით მდებარეობს ვანათის მასივი (3,3 ათასი ჰა), რომელიც ირწყვება მდ. პატარა ლიახვის წყლებით. არხის სიგრძეა 14 კმ, ხოლო დებიტი – 5,5 მ<sup>3</sup>/წმ.

ტირიფონისა და ვანათის მასივები ქმნიან ფართო, აკუმულაციურ დაბლობს, რომელიც აგებულია 250 მ სიმძლავრის მეოთხეული ასაკის ალუვიური ნალექებით. დაბლობის ცენტრალური და დასავლეთი ნაწილები აგებულია ალუვიური რიყნარით, ქვიშების შემავსებლით, რომელიც გადაფარულია 2-3-დან 5 მ-მდე სიმძლავრის თიხებითა და თიხნარით. გრუნტის წყლები მტკნარია, ჰიდროკარბონატული კალციუმიანი შედგენილობის, საერთო მინერალიზაციაა – 0,5 გ/ლ.

ვანათის მასივის მელიორაციული მდგომარეობა დამაკმაყოფილებელია, სარწყავი არხის ექსპლუატაციას მინის სავარგულებზე უარყოფითი გავლენა არ მოუხდენია.

მუხრანის ვაკე იყოფა 2 სარწყავ მასივად: თეზი-ოკამისა და მუხრანის ველის.

თეზი-ოკამის მასივი (6,4 ათასი ჰა) მდებარეობს მდ. ქსნის მარჯვენა ნაპირზე. მაგისტრალური არხის სიგრძე შეადგენს 34 კმ-ს, გამტარუნარიანობა – 6 მ<sup>3</sup>/წმ-ს. არხი მიყვანილია ხიდისკარის მასივთან, ხოლო არხზე აშენებულია ჰიდროელექტროსადგური.

სარწყავი სისტემა ექსპლუატაციაში შევიდა 1951 წელს.

თეზი-ოკამის მასივი ხასიათდება რთული მიკრორელიეფით, იგი არის მთაგორიანი და დასერილია მრავალი მშრალი ხევით. ჭალა და ჭალისზედა ტერასები აგებულია 2,5-დან 5,0 მეტრამდე სიმძლავრის რიყნარით, ქვიშის შემავსებლით, რომელიც გადაფარულია 5 მეტრამდე სიმძლავრის თიხნარითა და თიხებით, ლორღისა და ნამსხვრევი მასალის ჩანართებით.

თეზი-ოკამის მასივის მელიორაციულ მდგომარეობაზე გარკვეული გავლენა იქონია სარწყავი არხის წყლებმა: არხის ექსპლუატაციაში შესვლისთანავე მის სათავე ნაგებობასთან წარმოიქმნა მეწყრული დეფორმაციები, რამაც გამოიწვია 600 მ სიგრძის გვირაბის გაჭრის აუცილებლობა, ხოლო არხის ბოლოში, მაკროფოროვანი თაბაშირიანი თიხნარების გავრცელების უბანზე, ადგილი ჰქონდა სუფოზიურ მოვლენებს.

1962 წელს შენიშნულ იქნა სარწყავი მასივების დაჭაობება ქვედა და ზედა ტერასებზე სოფლების – ახმაჯის, ლამისყანის, ალაიანის და ოკამის მიდამოებში. დაჭაობების ძირითადი მიზეზი იყო წყლების ფილტრაცია არხიდან და წყლის გამანაწილებლებიდან, რომლებიც მოწყობილი იყო გაუმაგრებელ გრუნტში. წყალმა გარეცხა თიხის ფსკერი და გააშიშვლა იგი, რის გამოც გაიზარდა წყლის ფილტრაცია აერაციის ზონაში.

მასივის მელიორაციულ მდგომარეობაზე უარყოფითი გავლენა იქონია იგოეთის ჰიდროელექტროსადგურმაც, რომლის მუშაობაც მოითხოვდა მაგისტრალური არხის ფუნქციონირებას მთელი წლის განმავლობაში.

## ირაკლი მიქაძე

მელიორაციული მდგომარეობის გაუმჯობესების მიზნით ჩატარდა სისტემის შიდასამეურნეო ქსელისა და წყლის გამანაწილებლების სარეკონსტრუქციო სამუშაოები, გაიჭრა სადრენაჟო საკოლექტორო არხები, ხოლო დიდი დაქანების მქონე უბნები გადაყვანილ იქნა ხელოვნური დანვიმებით მორწყვაზე.

*მუხრანის ველის მასივი* (10,9 ათასი ჰა) მდებარეობს ქსნისა და არაგვის შუამდინარეთში, იგი იყოფა 2 ნაწილად: მდ. არაგვისა (მასივის 3/4 ნაწილი) და ქსნის (მასივის 1/3 ნაწილი) მასივებად. მუხრანის ველის აღმოსავლეთ ნაწილში მიედინება მდ. ნარეკვაი, რომელიც ზაფხულობით გამოიყენება სარწყავად.

მაგისტრალური არხის სიგრძეა 24,7 კმ, გამტარუნარიანობა – 6 მ<sup>3</sup>/წმ. არხზე მონყობილია ჰიდროელექტროსადგური, ხოლო მისგან 22 კმ-ზე გაყვანილია არხი, რომლითაც ირწყვება ველის სამხრეთი ნაწილი. სარწყავი სისტემა ექსპლუატაციაში შევიდა 1954 წელს.

მუხრანის ველის ალუვიური ნალექები წარმოდგენილია ლოდნარ-რიყნარით ქვიშის შემავსებლით, რომელთა სიმძლავრე შეადგენს: სოფ. მისაქციელთან – 5-დან 8 მეტრს, სოფ. ნატახტართან – 30 მეტრს, ხოლო მუხრანის ველისაკენ მატულობს 50-60 მეტრამდე. მუხრანის ველის ცენტრალურ ნაწილში ჭარბობს თიხები, ხვინჭის შუაშრეებით (სოფ. ჩალისთავი), რომელთა სიმძლავრე აღწევს 100 მეტრს; ხვინჭის შუაშრეების რაოდენობა იზრდება ჩრდილოეთის მიმართულებით. მუხრანის ველის თანამედროვე ალუვიური ნალექების კვება ძირითადად ხორციელდება მდინარეების – არაგვის, ქსნისა და ნარეკვაის წყლებით. გრუნტის წყლების დონეები მდებარეობს: ველის ჩრდილოეთ ნაწილში – 20 მ-ზე და უფრო ღრმად, ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში – 6-დან 7 მ-ზე, ხოლო სოფ. მუხრანის მიდამოებში უახლოვდება დღის ზედაპირს, სადაც ხდება მათი გამოსოფლა ნყარობის სახით, რომელთა ჯამური დებიტი აღწევს 100 ლ/წმ-ს.

მიწის სავარგულების მორწყვას არ გამოუწვევია უარყოფითი მოვლენები, რადგან ტერიტორია ბუნებრივად კარგადაა დრენირებული.

*სკრა-ქარელის სარწყავი* მასივი მდებარეობს მდ. მტკვრის მარჯვენა ნაპირზე. სარწყავი არხის სიგრძეა 30 კმ, ხოლო ხარჯი – 2,2 მ<sup>3</sup>/წმ. ეს მასივი ბუნებრივად ნაკლებად დრენირებულია, რის გამოც ხშირია დაჭაობება და გრუნტების დამარილიანება. ასეთ მასივებში საჭიროა კომპლექსური ღონისძიებების გატარება, რომლებიც ითვალისწინებენ დაჭაობებული მიწების დაშრობასა და დამარილიანებული გრუნტების განმარილიანებას.

*ალაზნის ველი* საქართველოს ერთ-ერთი ყველაზე ნაყოფიერი მიწის სავარგულია, სადაც ჯერ კიდევ 30-იან წლებში გაყვანილ იქნა 91 კმ სიგრძისა და 24 მ<sup>3</sup>/წმ ხარჯის ალაზნის მაგისტრალური არხი. სარწყავი ტერიტორია თავდაპირველად შეადგენდა 54,8 ათას ჰა, რომელიც შემდგომ გაიზარდა 66,9 ათას ჰექტრამდე.

გრუნტის წყლების ძირითადი განტვირთვა ხდება აორთქლების გზით, ასევე მდ. ალაზნის ხეობაში.

დიდი აორთქლების გამო, მიწების ნაწილი, განსაკუთრებით დაბლობის ცენტრალურ ნაწილში, დამარილიანებულია. დამარილიანებული მიწების მელიორა-

ციული მდგომარეობის გასაუმჯობესებლად გაყვანილია სადრენაჟო-კოლექტორული ქსელი.

მორწყვის შედეგად, მასივის მთელ რიგ უბნებში გრუნტის წყლის დონე მერყეობს 0-დან 1 მ-ის ინტერვალში, რამაც გამოიწვია ტერიტორიის დაჭაობება სოფლების – ბაკურციხის, კარდანახის და ვეჯინის მიდამოებში, რომელთა ნაწილი შემდგომში ამოშრობილ იქნა მელიორაციული სამუშაოების ჩატარების შედეგად.

გრუნტის წყლების რეჟიმის შესწავლისა და რეგულირების მიზნით, საქგეოლოგიის მიერ 1964 წლიდან შეიქმნა ჰიდროგეოლოგიური სარეჟიმო სამსახური.

*ზემო სამგორის მასივის* სარწყავი სისტემა მდებარეობს ქ. თბილისიდან აღმოსავლეთით, მტკვარისა და იორის შუამდინარეთში; ჩრდილოეთით მას ესაზღვრება საგურამო-იალნოს ქედი, სამხრეთით – გარდაბნის სტეპი.

სარწყავ წყლებად გამოიყენება მდ. იორი, რომლის ნაკადი რეგულირდება სიონისა და თბილისის ზღვის წყალსაცავებით.

მასივი აგებულია მესამეული ასაკის თაბაშირიანი თიხებით, ქვიშაქვებითა და კონგლომერატებით, რომლებიც გადაფარულია 1-დან 30 მ-მდე სიმძლავრის ალუვიურ-პროლუვიური და დელუვიური წარმონაქმნებით.

ტერიტორია ღარიბია მიწისქვეშა წყლებით და მორწყვითი სამუშაოების დაწყებამდე წარმოადგენდა ნახევრად უდაბნოს.

მასივის უმეტეს ტერიტორიაზე გრუნტის წყლების დონე მდებარეობდა 20 მ-ზე ღრმად, მათი მინერალიზაცია მერყეობდა 2-დან 5 გ/ლ-მდე, ხოლო ქიმიური შედგენილობა იყო სულფატურ-ჰიდროკარბონატული კალციუმიან-ნატრიუმიანი. გარკვეულ უბნებში – ნავთლულში, ორხევში და ქ. რუსთავში გრუნტის წყლების დონე მდებარეობდა 3-დან 10 მეტრის ინტერვალში, ხოლო მინერალიზაცია აღწევდა 10 გ/ლ-ს. გრუნტის წყლების მაღალი დონეები (1 მ-მდე) ფიქსირდებოდა მდინარეების თანამედროვე ხეობების გასწვრივ, სადაც ადგილი ჰქონდა დაჭაობებას (ჯეირანის ველი, სამგორის პლატო, სოფ. სართიჭალას მიდამოები).

მორწყვის დაწყებიდან 2 წლის შემდეგ, 1952 წელს, გრუნტის წყლების აწევის შედეგად გამოჩნდა დაჭაობების პირველი ნიშნები. გრუნტის წყლის დონემ აიწია მდ. მტკვრის მეორე ჭალისზედა ტერასაზე და ქვედა ლილოს რაიონში (15 მ-მდე), ნავთლულის რაიონში (10 მ-მდე), ორხევის მიმდებარე ტერიტორიებზე (5 მ-მდე) და განსაკუთრებით მდ. მტკვრის პირველ ჭალისზედა ტერასაზე (2 მ-მდე).

გრუნტის წყლების დონეების აწევასთან ერთად მიმდინარეობდა ამ ტერიტორიის გრუნტების მეორეული სულფატური დამარილიანება.

შემდგომში გატარდა ღონისძიებები არხებიდან ფილტრაციის შემცირებისა და დაჭაობებულ უბნებზე სადრენაჟო ქსელის გაყვანის საშუალებით, რამაც გამოასწორა მელიორაციული მდგომარეობა, თუმცა გარკვეულ უბნებზე დღესაც შეიმჩნევა გრუნტის წყლის დონეების აწევის ტენდენციები.

*სოლანლულის მასივი*, რომლის ფართობია 5256 ჰა, ირწყვება მდ. მტკვრის წყლით, რომელიც მიენოდება სატუმბი სადგურების საშუალებით. მათგან ყვე-

## *ირაკლი მიქაძე*

ლაზე მნიშვნელოვანია თელეთის სარწყავი სისტემა, რომელიც სოღანლუღის მასივის გარდა რწყავს კუმისის ტბის მიდამოებსაც.

მასივი აგებულია პალეოგენის თაბაშირიანი ქვიშაქვებით, ფიქლებრივი თიხებით და დამარილიანებული მეოთხეული ასაკის ნალექებით. მასივი მცირედ-წყალშემცველია.

მაგისტრალური არხის ექსპლუატაციის დაწყებიდანვე განვითარდა გრუნტების დაჯდომისა და ჩაქცევის მოვლენები, რის გამოც, გაიზარდა წყლის ფილტრაცია არხიდან და მისი კედლების დეფორმაცია. არხის კედლების გამაგრების მიზნით, ისინი მოპირკეთდა თიხის, შემდეგ ბეტონის, ხოლო 1965 წლიდან – ასანყობი რკინაბეტონის კონსტრუქციებით.

გარდაბნის მასივი (17,6 ათასი ჰა) ირწყვება 19 კმ სიგრძისა და 14 მ<sup>3</sup>/წმ ხარჯის მაგისტრალური არხით, რომელიც იკვებება მდ. მტკვრის წყლებით. მასივი აგებულია ალუვიური რიყნარით და ქვიშით, რომლებიც გადაფარულია 20 მ სიღრმის დელუვიურ-პროლუვიური ნალექებით.

მასივის პერიფერიულ უბნებში გრუნტის წყლების დონეები განლაგებულია 20 მ სიღრმეზე, ხოლო ცენტრისაკენ მცირდება 1 მეტრამდე. ამავე მიმართულებით მაღალმინერალიზებული (40 გ/ლ) სულფატური შედგენილობის წყლები გადადიან მტკნარ (0,5 გ/ლ), ჰიდროკარბონატულ-სულფატური კალციუმიან წყლებში. მასივის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში ხდება გრუნტის წყლების განტვირთვა წყაროების სახით, რომელთა ჯამური დებიტი აჭარბებს 1 ლ/წმს.

გარდაბნის დაბლობის მდ. ხრამის მარცხენა ნაპირის (20 ათასი ჰა), დებედას (18 ათასი ჰა) და კაზრეთის (1,2 ათასი ჰა) მასივები მდებარეობენ მდ. ხრამისა და მისი შენაკადების სხვადასხვა ტერასებზე. ჭალისპირა ტერასების გარდა გრუნტის წყლის დონეები მდებარეობს 3,5 მეტრიდან (პირველი ტერასა) – 20 მეტრამდე (მესამე ტერასა). გრუნტის წყლები ძირითადად მტკნარია, 0,5 გ/ლ მინერალიზაციის, მხოლოდ მდ. ხრამის მასივის აღმოსავლეთ ნაწილში გვხვდება სულფატური შედგენილობისა და მომატებული მინერალიზაციის (2 გ/ლ-მდე) გრუნტის წყლები (16).

## **10.4. მინერალური წყლები**

### **10.4.1. მინერალური წყლების საბადოების მიმოხილვა**

მინერალური ენოდება ბუნებრივ წყლებს, რომლებიც თავისი ქიმიური და გეოზური შედგენილობით, მიკროკომპონენტების შემცველობით, ორგანული ნივთიერებებით, ტემპერატურით ან სხვა რაიმე მაჩვენებლით ადამიანის ორგანიზმზე ახდენს სამკურნალო ზემოქმედებას.

საქართველოში 2000-ზე მეტი მინერალური წყაროა დაფიქსირებული. მათ შორის არის მტკნარი, მინერალიზებული, ცივი და თერმული, მდიდარი მიკროელემენტებითა და სხვადასხვა შედგენილობის გაზებით. მათ ბაზაზე მოქმედებს

მსოფლიოში სახელგანთქმული კურორტები – ბორჯომი, საირმე, აბასთუმანი, წყალტუბო, უნერა და სხვ.

მინერალური წყლებს შორის არჩევენ სასმელ (სამკურნალო და სამკურნალო-სასმელი) და ბალნეოლოგიურ წყლებს.

მინერალური წყლების კლასიფიკაციათა შორის ყველაზე აღიარებულია ვ. ივანოვის და გ. ნევრაევის (1964) კლასიფიკაცია.

თანამედროვე შეხედულებებით მინერალური წყლები იყოფა შემდეგ ჯგუფებად:

- 1) მარილიანი წყლები და მარილწყლები;
- 2) ნახშირმჟავა წყლები;
- 3) რადონიანი წყლები;
- 4) კაჟიანი თერმული წყლები (აზოტიანი თერმები);
- 5) პოლიმეტალური (რკინიანი, დარიშხანიანი და სხვ.) წყლები;
- 6) წყლები ორგანული ნივთიერებების მაღალი შემცველობით.

**მარილიანი წყლების და მარილწყლების ჯგუფს** აქვს მინერალიზაციის დიდი დიაპაზონი 1-დან 600 გ/ლ-მდე, თუმცა მინერალური წყლების სახით გამოიყენება მხოლოდ 150 გ/ლ-მდე კონცენტრაციის წყლები.

მინერალური წყლების ეს ჯგუფი დაკავშირებულია პლატფორმულ და მთათაშუა არტეზიულ აუზებთან, რომლებიც აგებულია მძლავრი დანალექი წყებებით და მარილის შუა ფენებით. ეს წყლები ზოგ შემთხვევაში შეიცავს აზოტსა და მეთანს, ხოლო იონურ შედგენილობაში ქარბობს სულფატი, ქლორი, ნატრიუმი, იშვიათად, კალციუმი და მაგნიუმი.

სულფატური წყლები ხასიათდება სხვადასხვა კათიონური შედგენილობით და 5-10 გ/ლ მინერალიზაციით. ეს წყლები გავრცელებულია რუსეთისა და ციმბირის არტეზიულ აუზებში, შუა აზიაში, დასავლეთ ციმბირში, ურალში, უკრაინასა და კავკასიაში. ამ ტიპის წყლების მკურნალობის ეფექტი იზრდება გოგირდწყალბადის შემცველობით (50 გ/ლ-მდე), რომელიც დაკავშირებულია სულფატური წყლებისა და ქანებში არსებული ორგანული ნივთიერებების ურთიერთქმედებასთან.

სულფატური წყლები საქართველოში ცნობილია სოხუმის თერმების სახით, აჭარა-თრიალეთისა და საქართველოს ბელტის ზედა ეოცენის თაბაშირიანი წყლების წყლები – თბილისის მიდამოებში, მაიკოპის წყებასთან დაკავშირებული წყლები – ხაშურთან და კოლჩედანური გამადნების ჟანგვის ზონებთან დაკავშირებული წყლები (მადნეულის საბადოს წყლები, მინერალური წყაროები): ბაშკაცარა – მდ. ბზიფის სათავეებში და ზუბი – მდ. ცხენისწყლის ხეობაში. მათგან სამკურნალოდ გამოიყენება – სოხუმის თერმები, ზუბი, ლარიბა ლელე (ხაშურთან) და სხვ.

ქლორიდული წყლები, სადაც კათიონებიდან ძირითადია ნატრიუმი, ფართო გავრცელებით სარგებლობს. ამ ჯგუფის წყლებისათვის უმეტესად დამახასიათებელია მაღალი მინერალიზაცია (150 გ/ლ და მეტი). შედარებით დაბალი მინერა-

## ირაკლი მიქაძე

ლიზაციით (<35გ/ლ) ხასიათდება ქლორიდულ-სულფატური წყლები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება ბალნეოლოგიაში. რუსეთის ბაქანზე ასეთი საბადოებია: კაშინი, იყევსკი, სოლინუხა და სხვ. მახაჩკალაში ფუნქციონირებს ბალნეოლოგიური კურორტი, სადაც 1500 მ სიღრმის ჭაბურღილიდან იღებენ 45-65<sup>0</sup>C ტემპერატურის თერმულ წყალს. ანალოგიური წყლები ცნობილია ტიან-შანისა და პამირის მთათაშუა აუზებში.

უფრო მეტი გავრცელებით სარგებლობს ქლორ-ნატრიუმის წყლები, რომელთა მინერალიზაცია >35 გ/ლ-ზე. მაგალითად, ციმბირის ბაქანზე ცნობილია მარილწყლების გამოსავლები, რომელთა მინერალიზაცია აღწევს 150 გ/ლ-ს.

გოგირდწყალბადის მაღალი შემცველობის წყლები ფართოდ არის გავრცელებული ყირიმსა და კავკასიაში. ამ წყლების ბაზაზე სამკურნალო ცენტრები ფუნქციონირებს გორიანი კლუჩში (კრასნოდარის მხარე), სერნოვოდსკში (ჩეჩნეთი) და სოჭი-მაცესტის რაიონში. ამავე ტიპის მინერალურ წყლებს მიეკუთვნება გაგრა, სანაპირო, სოხუმი, მენჯი, კვერეთი, უჯარმა, ყვარელი და აჭარა-თრიალეთის აღმოსავლეთი დაძირვის ზოლში არსებული მინერალური წყლები (თბილისის თერმები). მართალია, ეს წყლები დაკავშირებულია სხვადასხვა გენეზისისა და შედგენილობის წყალშემცველ ქანებსა და სტრუქტურებთან, მაგრამ მათი სამკურნალო ეფექტი განპირობებულია გოგირდწყალბადის შემცველობით (50 მგ/ლ-მდე) და თერმულობით (20-60<sup>0</sup>C).

მაცესტის ტიპის გოგირდწყალბადიანი (<400 მგ/ლ) წყლები ასევე გავრცელებულია დასავლეთ ევროპაში: ალბანეთში, რუმინეთში, გერმანიაში და სხვ.

სამკურნალო მარილწყლებში გამოირჩევა ბრომიანი და ნაწილობრივ იოდისა და ბორიანი წყლები, რომლებიც გამოიყენება როგორც საბაზანოდ, ისე სასმელად.

საქართველოში მარილწყლების სამკურნალოდ გამოყენების მაგალითია ლუგელას ტიპის მინერალური წყლები (52 გ/ლ), რომლებიც დაკავშირებულია ბაიოსის პორფირიტულ სერიასთან, ქლორიდული კალციუმისა და შედგენილობისა და გამოირჩევა ბრომის გაზრდილი (183 მგ/ლ) შემცველობით.

**ნახშირმჟავა წყლები** დაკავშირებულია ახალგაზრდა ვულკანიზმისა და მთათანარმოქმნის ოლქებთან, აგრეთვე ეპიპლატფორმული ოროგენეზის ზონებთან.

მიწისქვეშა წყალშემცველი სისტემების მიხედვით გამოყოფენ ნახშირმჟავა წყლების 2 ტიპს: 1) ჰიდროგეოლოგიური მასივების ნაპრაღულ-ძარღვულ წყლებსა და 2) არტეზიული აუზების შერეული ცირკულაციის წყლებს.

ნახშირმჟავა წყლების მინერალიზაციისა და იონური შედგენილობის მიხედვით გამოიყოფა შემდეგი წყლები: 1) ჰიდროკარბონატული, 2) სულფატურ-ჰიდროკარბონატული, 3) ქლორიდულ-ჰიდროკარბონატული და 4) ქლორიდული.

ნახშირმჟავა ჰიდროკარბონატული წყლები იყოფა შემდეგ ტიპებად: დარასუნის ტიპის (კალციუმის, კალციუმ-მაგნიუმის), ბორჯომის (ნატრიუმის) და რთული კათიონური ტიპის.

ჰიდროკარბონატული კალციუმიანი ტიპის ნახშირმჟავა წყლების წარმომადგენელია ბაიკალისპირეთის ცნობილი დარასუნის საბადოს წყლები. აღნიშნული ტიპის ნახშირმჟავა წყლები (ნარზანები) დიდი გავრცელებით სარგებლობს კავკასიონის მთავარი ქედის ორივე ფერდობზე. მათთვის დამახასიათებელია დიდი ზომის გამოსავლები (მაგალითად, ნარზან ვოკლუზა ყაზბეგის რაიონში ხასიათდება 350-1200 ლ/წმ დებიტით).

**ბორჯომის ტიპის** ნახშირმჟავა მინერალური წყლები (სოდიანი), 3-15, იშვიათად 25 გ/ლ მინერალიზაციით, ძვირფასი სამკურნალო მინერალური წყლებია. ამ ტიპის მინერალური წყლები გავრცელებულია კავკასიაში და კარპატებში და ფართოდ გამოიყენება როგორც ჩამოსასხმელად, ისე ბალნეოლოგიაში.

სოდიანი წყლების გამოვლინებებია კავკასიონის სამხრეთ ფერდზე (ავადხარა, უნერა) და აჭარა-თრიალეთში (ბორჯომი, ნაბელავი).

კარპატებში 26 გ/ლ-მდე სოდიანი წყლები გავრცელებულია მდ. ლატერიცის ხეობაში (პალიანა, გოლუბინკოე და სხვ.). ისინი დაკავშირებული არიან ფლიშური ნალექების ღრმა ჰორიზონტებთან ან სიღრმული რღვევების ზონებთან.

სულფატურ-ჰიდროკარბონატული კლასის ნახშირმჟავა წყლებიდან ცნობილია კისლოვოდსკის მაგნიუმ-კალციუმიანი ნარზანი ჩრდილოეთ კავკასიაში, სადაც განლაგებულია კურორტების ჯგუფი: კისლოვოდსკი, პიატიგორსკი, ყელენოვოდსკი, ესენტუკი და სხვ.

კისლოვოდსკის საბადო მდებარეობს არტეზიული აუზის პერიფერიაზე, სადაც ბუნებრივად ხდება დაბალმინერალიზებული სულფატურ-ჰიდროკარბონატული ცივი ნახშირმჟავა წყლების გადადენა ქვედა ცარცის კარბონატული ნალექებიდან. კისლოვოდსკის ნარზანის ანალოგებია პამირზე – აბხარკი, კამჩატკაზე – ოზიორსკოი, დასავლეთ ციმბირში – არშანი.

ქლორიდულ-ჰიდროკარბონატული ნახშირმჟავა მინერალური წყლები (5-14 გ/ლ) იშვიათი და ძვირფასი სამკურნალო წყლებია, გავრცელებულია კავკასიაში, კარპატებში, პამირზე და სხვ.

ესენტუკის ტიპის ტუტე-მარილიანი მინერალური წყლები ჭაბურღილებით მიღებულია ზედა ცარცის კირქვებიდან: ესენტუკი 17 (10-13 გ/ლ) და ესენტუკი 14 (7-10 გ/ლ).

ესენტუკის ტიპის მინერალური წყლები ფართოდაა გავრცელებული საქართველოში. ქვედა ცარცისა და ზედა იურულ ნალექებთან დაკავშირებული საბადოებია: ფასანაური, ვაჟას წყარო, ბაგიათი და სხვ. მათი ანალოგიურია მიოცენური ნალექების ჯავის მინერალური წყლების საბადო მდ. ლიახვის ხეობაში. მცირე კავკასიაში ესენტუკის ტიპის წყლებია ზვარე და ვარძია-ახალქალაქის მინერალური წყლების საბადოები და ისტი-სუ აზერბაიჯანში.

ქლორიდულ-ჰიდროკარბონატული ტიპის (10-33 გ/ლ) მინერალური წყლების წარმომადგენლებია სოიმის, ბისტრისა და გორნაია ტისას საბადოები კარპატებში. კავკასიაში ცნობილია ბაქსანის აუზში (ზედა ბაქსანი, ჯილი-სუ), მდ. თერგის აუზში (კობისა და ყაზბეგის რაიონებში), მცირე კავკასიონზე – სომხეთში (არ-

## ირაკლი მიქაძე

ზნი, ანკავანი, ლიჩკი) და სხვ. მათგან მაღალი მინერალიზაციით (>35 გ/ლ) ხასიათდება არზნის ქლორიდულ-ჰიდროკარბონატული ნახშირმჟავა წყლები. ეს მინერალური წყლები დაკავშირებულია იურის, ცარცისა და პალეოგენის დანალექ და ვულკანოგენურ წყებებთან, რომლებშიც ბიოლოგიურად აქტიური კომპონენტებიდან აღსანიშნავია დარიშხანის 30 მგ/ლ-მდე (ჯულფა) და ბორის 1000-2000 მგ/ლ-მდე (დვინი, სინეგორსკი) შემცველობა.

აღწერილის გარდა, ნახშირმჟავა წყლები 3-5, იშვიათად 9 გ/ლ-მდე მინერალიზაციით გავრცელებულია დასავლეთ ევროპაში (რკინიანი ფიქლების მთა ჩეხეთში, შვარცვალდი – გერმანიაში, საფრანგეთის ცენტრალური მასივი, კარპატები და სხვ.). ნახშირმჟავა წყლები ფართოდ გამოიყენება სამკურნალოდ პოლონეთში (კარპატები, სილეზია, სუდეტები). მინერალური წყლების მრავალფეროვნებით გამოირჩევა ჩეხეთი, სადაც ცნობილია კურორტები: კარლოვი ვარი, მარინსკოე ლაზნი, ფრანტიშეკ-ლაზნი და სხვ.

**რადონიანი წყლები** ეწოდება წყლებს, რომელშიც რადონის შემცველობა აღემატება 5 nki/l-ს (1 nki/l=10 emans=2,8 მახეს ერთეულს) და მიიჩნევენ სამკურნალოდ, თუ უშუალოდ მის გამოსავალთან გათბობის გარეშე შესაძლებელია აბაზანების მიღება.

რადონიანი წყლების საბადოები ძირითადად დაკავშირებულია მჟავა ინტრუზივების მასივებთან. უკრაინის კრისტალური მასივის ფარგლებში ძირითადად განვითარებულია რადონიანი ჟანგბადიან-აზოტიანი წყლები 1-1,5 გ/ლ მინერალიზაციით (ჟიტომირი, ბელაია ცერკოვი, ხმელნიცკი და სხვ.), რომლებიც შეიცავენ რადონს 10-დან 100 nki/l-მდე.

გარდა ამისა, საბადოები ცნობილია ბალტიის ფარზე, ბაიკალის მხარეში და საქართველოში (წყალტუბო). წყალტუბოში 500-600 მ სიღრმიდან (ქვედა ცარცის კირქვები) ამოსული დაბალი მინერალიზაციის (0,8 გ/ლ), თერმული (34°C) წყალი განტვირთვის ზონაში დალექილი მაგნეტიტიანი ქვიშების ზეგავლენით მდიდრდება რადონით 3-დან 150 მახეს ერთეულამდე (15).

**კაჟმინიანი თერმული წყლები** (აზოტიანი თერმები) ხასიათდება დაბალი მინერალიზაციით (<2 გ/ლ), ნატრიუმის, სილიციუმმჟავას მაღალი შემცველობით (50-100 მგ/ლ) და მაღალი ტუტეობით (pH>8), ასევე მაღალია ფტორის შემცველობა, ტემპერატურა მერყეობს 20-დან 100°C-მდე.

ეს წყლები გავრცელებულია კავკასიის, პამირის, ტიან-შანის, ალტაის, ტუვის, ბაიკალის, ჩუკოტკის და სხვა რაიონებში.

კავკასიაში წარმოდგენილია დაბალი მინერალიზაციის (1 გ/ლ-მდე) აზოტის თერმები, რომლებიც დაკავშირებულია სიღრმულ რღვევებთან როგორც კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე (თორღვას აბანო), ისე საქართველოს ბელტზე (კოლხეთში) და აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონაში (აბასთუმანი, თბილისი).

თორღვას აბანო მოქმედებს ქვედა იურის ფიქლებიდან ამომავალი 37-38°C ტემპერატურის წყლის მძლავრი ნაკადის ხარჯზე. კოლხეთში თერმული (90-



115<sup>0</sup>C) წყლები მიღებულია ჭაბურღილებით 1,5-3,3 კმ სიღრმიდან, სილიციუმმყავას მაღალი შემცველობით (62 მგ/ლ).

მცირე კავკასიონის ცნობილი საბადოების (თბილისი, აბასთუმანი) გარდა აზოტიანი თერმები გამოვლენილია მახინჯაურში, სულორში, ზეკარში, უდაბნოში (საირმე), ასპინძაში, დვირში, სადგერში, ახალდაბაში, მინობში, ბიისში და სხვ. მათთვის დამახასიათებელია დაბალი მინერალიზაცია (0,7-1,5 გ/ლ), მაღალი ტემპერატურა (71<sup>0</sup>C) და ტუტთანობა (pH 8-10), სილიციუმმყავას მაღალი (140 მგ/ლ-მდე) შემცველობა და სხვ.

თბილისის თერმული წყლების საბადო დაკავშირებულია პალეოცენ-ეოცენის ვულკანოგენურ-ფლიშურ ნალექებთან. საბადო შედგება ცენტრალური, ლისისა და საბურთალოს უბნებისაგან. ცენტრალურ უბანზე არაღრმა (100-200 მ), ხოლო დანარჩენ უბნებზე ღრმა (2-4 კმ) ბურღვის საშუალებით გამოვლენილია მნიშვნელოვანი რესურსები. თერმული წყალი დაბალმინერალიზებული (0,3-0,4 გ/ლ) ქლორიდულ-ჰიდროკარბონატული ნატრიუმისანი შედგენილობისაა, გოგირდწყალბადის შემცველობით (36 მგ/ლ-მდე). ეს ძირითადად აზოტიანი თერმებია. ღრმა ზონებში მინერალიზაცია მატულობს 4 გ/ლ-მდე, ხოლო ქიმიური შედგენილობა ხდება ქლორიდულ-ნატრიუმისანი, გაზური ფაზა წარმოდგენილია მეთანით.

**რკინიანი, დარიშხანიანი და პოლიმეტალური წყლები** გაზური შედგენილობის მიხედვით ძირითადად წარმოდგენილია აზოტიანი და ნახშირორჟანგიანი ტიპებით.

აზოტიან რკინიან მინისქვეშა წყლებს შორის გამოყოფენ: 1) სულფიდური საბადოების ჟანგვის ზონის წყლებს, რომლებიც ფორმირდებიან მადნის მჟავე წყლებით ქანებიდან რკინის გამოტანის შედეგად და 2) ფხვიერი მეოთხეული ნალექების და გამოფიტვის ზონის მინისქვეშა წყლებს.

პირველ შემთხვევაში წყლები ხასიათდება სულფატური შედგენილობით, მჟავა (pH<3,5) რეაქციით, ლითონების (სპილენძის, თუთიის, ალუმინის და სხვ.) გაზრდილი შემცველობით და მაღალი მინერალიზაციით (1-3, ზოგჯერ 80-მდე გ/ლ). მჟავა სულფატური წყლების საბადოებია დეგტიარსკოე – ურალში, რონჩენკო და ლევიკო – იტალიაში. საქართველოში ცნობილია მადნეულის კოლჩედანური საბადო, ბაშკაცარას წყარო მდ. ბზიფის სათავეებში და სხვ., თუმცა მათი სამკურნალოდ გამოყენების პრაქტიკა არ არსებობს (22).

მეორე ჯგუფის წყლებისათვის დამახასიათებელია საკმაოდ რთული იონური შედგენილობა: ძირითადად სულფატური და ჰიდროკარბონატული, 0,3-0,7 გ/ლ მინერალიზაციით, რკინის მაღალი შემცველობით (70 მგ/ლ). ცნობილი საბადოებია „მარციალური“ (კარელია) და „პოლიოსტროვი“ (სანკტ-პეტერბურგი).

დარიშხანიანი (As>0,7 გ/ლ) მინერალური წყლებიდან ყველაზე გავრცელებულია ნახშირორჟანგიანი წყლები, რომლებიც იყოფა: 1) ავადხარის – ჰიდროკარბონატული ნატრიუმისანი-კალციუმისანი და დარიშხანის 1-დან 40 მგ/ლ-მდე შემცველობის; 2) ოქსინის (დარიდარი, ჯერმუკი) – სულფატურ-ჰიდროკარბონატული ნატრიუმისანი და დარიშხანის 1 მგ/ლ-მდე შემცველობის; 3) ვარძიის –

## *ირაკლი მიქაძე*

ჰიდროკარბონატულ-ქლორიდული ნატრიუმის და დარიშხანის 1-დან 40 მგ/ლ-მდე შემცველობის; 4) დვინის – ქლორიდული ნატრიუმის და დარიშხანის 1 მგ/ლ-მდე შემცველობის (ჰიდროგეოლოგიის საფუძვლები, ტ. V, 1983).

დარიშხანიან ნახშირმჟავა-თერმული წყლების საბადოებიდან დიდი რესურსებით გამოირჩევა ნალაჩევსკის (კამჩატკა) საბადო. ასევე ცნობილია პარადფიურდე (უნგრეთი), ლიბენშტეინი (გერმანია) და პოლჩინი (პოლონეთი). საქართველოში დარიშხანის გაზრდილი შემცველობა აღინიშნება ურავის (რაჭა), ფშავ-ხევსურეთის ნახშირმჟავა წყლებში, ასევე ზუბის (ლეჩხუმი) საბადოში.

**ორგანული ნივთიერებებით მდიდარი სამკურნალო წყლები** საკმაოდ იშვიათია. ამ წყლებისათვის დამახასიათებელია დაბალი მინერალიზაცია (<0,8 გ/ლ) და ჰიდროკარბონატული მაგნიუმ-კალციუმის შედგენილობა. ამ ტიპის საბადოების წარმომადგენელია ტრუსკავეცის (კარპატები) მინერალური წყარო – ნაფტუსია 1. ამ წყაროსათვის დამახასიათებელია მიკროელემენტებისა და ორგანული ნივთიერებების მნიშვნელოვანი შემცველობა, მათ შორის (მგ/ლ): ჰუმუსის მჟავები – 4,2; ბიტუმები – 25,5; ფენოლები – 2,17; ცხიმოვანი მჟავები – 0,02; ორგანული ნახშირბადი – 30,0 და ა.შ. (ჰიდროგეოლოგიის საფუძვლები, ტ. V. 1983).

### **10.4.2. საქართველოს მინერალური წყლების დარაიონება**

საქართველოს ტერიტორიაზე გამოიყოფა შემდეგი ოლქები, რომელთა ფარგლებში აღწერილია ნახშირორჟანგიანი, გოგირდწყალბადიანი, აზოტიანი, მეთანიანი და აზოტოვან-მეთანიანი შედგენილობის მინერალური წყლები (ნახ. 24):

#### **1. კავკასიონის სამხრეთი ფერდის ნაოჭა ზონის წყალწნევიანი სისტემების ჰიდროგეოლოგიური ოლქი.**

ამ ოლქის მინერალური წყლები მიეკუთვნება ნახშირორჟანგა ტიპის წყლებს, რომლებიც ნაოჭა-მთიან სისტემებში დაკავშირებულია იურული და ცარცული ასაკის ფლიშურ ნალექებთან. მინერალური წყლების გამოსავლები ძირითადად თავმოყრილია ტექტონიკური რღვევებისა და ანტიკლინების ღერძული ზონების გასწვრივ.

**1.1. ფშავის არაგვისა და არღუნის ზემო წელის მინერალური წყაროები** ქიმიური შედგენილობის მიხედვით უმეტესწილად მიეკუთვნება ქლორიდულ-ჰიდროკარბონატულ ჯგუფს.

ამ ტერიტორიაზე გამოიყოფა მინერალური წყაროების განტვირთვის 3 ზოლი: ხახაბი-ლებაისკარის, ჩანჩახი-ხახმატისა და ბოლოლაურთა-ლიკოკი-გუდანის.

**1.2. საქართველოს სამხედრო გზის რაიონის მინერალური წყლები** წარმოდგენილია მდ. თერგის ხეობის მინერალური წყაროებით ყაზბეგსა და კობს შორის, ბაიდარას მინერალური წყაროების ჯგუფით, კასარის ხეობისა და თრუსოს ველის მინერალური წყაროებითა და მდ. თეთრი არაგვის აუზის მინერალური წყაროებით.



## 2. საქართველოს ბელტის არტეზიული აუზების ჰიდროგეოლოგიური ოლქის მინერალური წყლები.

საქართველოს ბელტის დასავლეთ ნაწილში გამოიყოფა მინერალური წყლების 2 მძლავრი ჰორიზონტი: ზედა და ქვედაცარცული, რომლებიც გაყოფილია აპტ-ალბის ასაკის მერგელოვან-კარბონატული ქანებით. ორივე ჰორიზონტი გახსნილია სოხუმის საბადოს ფარგლებში, მდ. ბესლეთის ხეობაში, სადაც ცნობილია გოგირდწყალბადიანი, მცირე დებიტის წყაროს რამდენიმე გამოსავალი ეოცენის ასაკის კირქვებიდან. აგრეთვე, მენჯის მინერალური წყალი, რომელიც გამოიყენება გულ-სისხლძარღვთა და ნერვული სისტემების, მარილების დაგროვების, გინეკოლოგიური და კანის დაავადებების სამკურნალოდ. აქ ფუნქციონირებდა სანატორიუმი და პანსიონატი.

კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ ნაწილში ქვედაცარცული ასაკის ნალექები შეიცავს ქლორიდულ ნატრიუმთან წყლებს 3-დან 96 გ/ლ მინერალიზაციით, ხოლო ტემპერატურა ჭაბურღილის პირზე შეადგენს 100°C -ს (ოხურეის ჭაბურღილი). ჭაბურღილების დებიტები მერყეობს 0,6-დან 120-150 ლ/წმ-მდე, ხოლო წნევები – 10-დან 15 ატმოსფერომდე.

წყალტუბოს აუზში ქვედაცარცულ ნალექებთან დაკავშირებულია რადონიანი, დაბალმინერალიზებული, სულფატურ-ჰიდროკარბონატულ-ქლორიდული კალციუმ-მაგნიუმ-ნატრიუმის თერმული წყლები.

წყალტუბოს მინერალური წყლების აღმავალი წყაროები დაკავშირებულია ნეოკომის ასაკის კირქვებსა და დოლომიტებთან. მინერალური წყლები ამოდის 500-600 მეტრი სიღრმიდან, გაივლის ალუვიურ-პროლუვიურ მაგნეტიტურ ქვიშებში და განიტვირთება გრიფონების სახით, რომელთა დებიტები მერყეობს ერთეულიდან რამდენიმე ათეულ ლიტრამდე წამში. წყალტუბოს მინერალური წყაროების ჯამური დებიტი შეადგენს 250 ლ/წმ-ში, რომელიც მნიშვნელოვნად მერყეობს წლის განმავლობაში და დამოკიდებულია ატმოსფერულ ნალექებზე ჰორიზონტის როგორც კვების, ასევე განტვირთვის არეში.

წყალტუბოს მინერალური წყალი დაბალმინერალიზებული (0,8 გ/ლ), რადონული თერმული წყალია, რომლის შედგენილობაში თითქმის თანაბარი ადგილი უჭირავთ ქლორ-, სულფატ- და ჰიდროკარბონატის იონებს, კათიონებიდან – კალციუმს 50%, ხოლო მაგნიუმსა და ნატრიუმს უჭირავთ თანაბარი რაოდენობები.

წყალტუბოს მინერალური წყლის გაზურ ფაზაში უპირატესობა აქვს აზოტს (96-97%). ამ მინერალური წყლის დამახასიათებელი თვისება რადიოაქტიურობაა, რომელიც მერყეობს 3-დან 150 მახეს ერთეულამდე, ხოლო ტემპერატურა შეადგენს 34-34,8°C-ს.

წყალტუბოს თერმომინერალური წყალი გამოიყენება გულ-სისხლძარღვთა, რევმატულ, ნერვულ, ნივთიერებათა ცვლის, კანისა და გინეკოლოგიურ დაავადებათა მკურნალობის მიზნით.

**3. აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის წყალწვევიანი სისტემების ჰიდროგეოლოგიური ოლქის მინერალური წყლები.**

ამ ოლქის ცენტრალურ ნაწილში გავრცელებულია ნახშირორჟანგიანი, ჰიდროკარბონატული კალციუმ-ნატრიუმიანი და ნატრიუმ-კალციუმიანი (საირმე, წალვერი და სხვ.), ჰიდროკარბონატული ნატრიუმიანი (ბორჯომი, ნაბელდავი) და ჰიდროკარბონატულ-ქლორიდული ნატრიუმიანი წყლები (მაჭარწყალი, გუჯარეთი და სხვ.).

საირმის მინერალური წყაროები მიეკუთვნებიან ნახშირორჟანგა, დაბალმინერალიზებული, ჰიდროკარბონატული, ნატრიუმ-კალციუმიანი ტიპის წყლებს და ძირითადად გამოიყენება შარდგამომყოფი სისტემის მკურნალობის მიზნით.

ჭაბურღილების საშუალებით მიღებულია 10 გ/ლ მინერალიზაციის ბორჯომის ტიპის და საირმის ტიპის წყლები.

**ბორჯომის საბადო** მდებარეობს მდ. მტკვრის ხეობის შუა წელში, სოფ. ლიკანის, ვაშლოვანისა და ყვიბისის მიდამოებში, 800 მეტრ სიმაღლეზე ზღვის დონიდან. ბორჯომის მინერალური წყლების ბუნებრივი გამოსავლები – ეკატერინესა (1) და ევგენის (2) სახელწოდებით – დაკავშირებულია ბორჯომის ანტიკლინის ღერძულ ნაწილთან, რომელიც აგებულია პალეოცენ-ქვედაეოცენური ასაკის ფლიშური ნალექებით. ამ ნალექებს ეწოდა ბორჯომის ფლიში, იგი იკვეთება მდინარეების – მტკვრის, ბორჯომულასა და გუჯარეთისწყლის ხეობებით. საბადო წარმოდგენილია 3 უბნით: ლიკანის, ცენტრალური და ყვიბისის.

1892-1894 წლებში შესრულდა ამ წყაროების საკაპტაჟო სამუშაოები, რის გამოც 1 წყაროს დებიტი შეადგენდა 0,08 ლ/წმ-ს, ხოლო 2 – 0,23 ლ/წმ-ს.

ბორჯომის საბადოს დეტალური ჰიდროგეოლოგიური შესწავლა დაიწყო 1927 წელს, რომელიც დღესაც გრძელდება.

1936 წლებში ჩატარებული სამუშაოების შედეგად გამოვლენილ იქნა 3 უბანი: გუჯარეთისწყლის, მტკვრისა და ლიკანის, სადაც მინერალური, თერმული (40°C-მდე) წყლები მიიღება 18-დან 1500 მ-ის ინტერვალში (ცენტრალურ უბანზე – 9-200 მ-დან 670-1200 მ-მდე; ლიკანის უბანზე – 1135-1400 მ და ვაშლოვან-ყვიბისის უბანზე – 730-1500 მ).

ბორჯომის წყლის შემცველი კომპლექსი ჭაბურღილების საშუალებით მთლიანად არ არის გადაკვეთილი და არ არის გახსნილი მის ქვევით მდებარე ალბ-სენომანის ვულკანოგენური ქანები.

2005 წელს დამტკიცდა საქართველოს ეროვნული სტანდარტი „სსტ 20:2005 – წყალი ნატურალური მინერალური ბორჯომი“. აღნიშნული სტანდარტის მიხედვით ბორჯომის მინერალური წყალი მიეკუთვნება ნახშირორჟანგიან ჰიდროკარბონატულ ნატრიუმიან წყლებს, საერთო მინერალიზაციით 5,0-7,5 გ/ლ. PH – 6,7-7,3. მაკროკომპონენტების შემცველობა შეადგენს (მგ/ლ): Ca – 20-150, Mg – 20-150, K – 14-45, Na – 1000-2000, HCO<sub>3</sub> – 3500-5000, ქლორიდები – 250-500, სულფატები < 10. გარდა ამისა, ბორჯომის წყალი შეიცავს მიკროკომპონენტებს: CO<sub>2</sub>, Fe<sup>2+</sup>, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, HBO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, J, Br და სხვ.

## ირაკლი მიქაძე

გაზურ შედგენილობაში CO<sub>2</sub>-ს უკავია 92-98%, ჩრდილო-აღმოსავლეთით მისი რაოდენობა მცირდება და იზრდება CH<sub>4</sub>-ის შემცველობა, რომელიც ვაშლოვანი-ყვიბისის უბანზე აღწევს 40-50%-ს.

ბორჯომის მინერალური წყლის ტემპერატურა მერყეობს 18-დან (18 ჭაბურღილი) 40°C-მდე (25 ჭაბურღილი).

თავდაპირველად ჭაბურღილები იძლეოდა 5,8 ლ/წმ დებიტს. შემდგომში ჭაბურღილებში დებიტებმა დაიწყო კლება და 1954 წლისათვის შეადგინა 1,6 ლ/წმ. 1954 წლიდან ჩატარებულმა სამუშაოებმა კარდინალურად შეცვალა წარმოდგენები ბორჯომის საბადოზე. დადგინდა, რომ ბორჯომის წყალი ამოდის ზედაცარცული ასაკის კარბონატული ქანებიდან.

1960-1961 წლებში ბორჯომის წყლის დიდი რესურსები გამოვლენილ იქნა ბათხევის სინკლინის ფარგლებში, ვაშლოვანი-ყვიბისის უბანზე, სადაც თვითდენით მიღებულ იქნა 4320 მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში რაოდენობის ბორჯომის მინერალური წყალი.

ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს საექსპლუატაციო მარაგები დამტკიცებულ იქნა ოთხჯერ: 1963, 1968, 1983 წლებში (სსრკ მარაგების სახელმწიფო კომისიის მიერ) და 2006 წელს (საქართველოს წიაღისეულის მარაგების სახელმწიფო უწყებათშორისო კომისიის მიერ).

1963 და 1968 წლებში მარაგების შეფასება მოხდა ჰიდროდინამიკური მეთოდით, რომელიც გულისხმობს ფორმულების გამოყენებას არასტაბილური ექსპლუატაციის პირობებში. ამის შედეგად ბორჯომის მინერალური წყლის საექსპლუატაციო მარაგები შეფასდა გადამეტებით.

1983 და 2006 წლებში მარაგები შეფასებულ იქნა ჰიდრავლიკური მეთოდით, რომელიც დაფუძნებული იყო რეჟიმული დაკვირვებების მონაცემებზე.

1968 წელს ბორჯომის მინერალური წყლის საექსპლუატაციო მარაგები შეფასდა შემდეგი კატეგორიებით: A – 297 მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში (ცენტრალური უბანი), 77 მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში (ლიკანის უბანი); B – 466 მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში (ვაშლოვანი-ყვიბისის უბანი); C<sub>2</sub> – 860 მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში (ვაშლოვანი-ყვიბისის უბანი).

1983 წელს გადათვლილი და დამტკიცებულ იქნა ბორჯომის საბადოს საექსპლუატაციო მარაგები, რის მიხედვითაც მონესრიგდა საბადოს ჭაბურღილების საექსპლუატაციო რეჟიმი. დამტკიცებულ იქნა შემდეგი სამრეწველო მარაგები:

A – 77 მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში (ლიკანის უბანი, ჭაბ. 54) – ექსპლუატაციის შეუზღუდავი პერიოდით;

B – 425 მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში (ვაშლოვანი-ყვიბისის უბანი, ჭაბ. 23,37,38) – 1983-1990 წლებში და 240 მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში – 2007 წლამდე.

2006 წელს ბორჯომის საბადოს საექსპლუატაციო მარაგები გადამტკიცებულ იქნა სამივე უბნისათვის (ოქმი 39):

ცენტრალური უბანი: A კატეგორია – 185 მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში (ჭაბ. 1, 21, 21ა, 41პ, 59, 101ა), რომელიც განსაზღვრულია ჩამოსხმისათვის და ბალნეოლოგიური მიზნით 25 წლის ვადით.

ვაშლოვანი-ყვიბისის უბანი: B კატეგორია – 245 მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში და C<sub>1</sub> კატეგორია – 58 მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში (ჭაბ. 25ა, 37,37ა), რომელიც განსაზღვრულია ჩამოსხმისათვის 25 წლის ვადით.

ლიკანის უბანი: A კატეგორია – 73 მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში (ჭაბ. 54), რომელიც განსაზღვრულია ჩამოსხმისათვის და უვადოდ ბალნეოლოგიური მიზნით.

ბორჯომის მინერალური წყლის საექსპლუატაციო მარაგები განახლებადია და ნორმალური ექსპლუატაციის პირობებში მას გამოლევის საფრთხე არ ემუქრება (1).

საბადოს დამტკიცებული მარაგები საშუალებას იძლევა ჩამოსხმას 350-400 მლნ ბოთლი წელიწადში.

ბორჯომის საბადოს ფარგლებში მიღებულია, აგრეთვე, ესენტუკის ტიპის (ჭაბურღილი 17), რკინიანი – ნალვერის ტიპის და სუბთერმული, აზოტიანი, ჰიდროსულფიდური, დაბალი მინერალიზაციის წყლები, რომლებიც გამოვლენილ იქნა ბორჯომის ანტიკლინის ჩრდილო ფრთაზე.

ბორჯომის მინერალური წყალი განთქმულია მისი სამკურნალო თვისებებით: კუჭ-ნაწლავის, ღვიძლის, ნაღვლის სადინარების, ნივთიერებათა ცვლის, შარდგამომყოფი სისტემის, გულ-სისხლძარღვთა, სუნთქვის ორგანოებისა და ნერვული დაავადებების მკურნალობისათვის.

ბორჯომში ფუნქციონირებდა 5 სანატორიუმი, პანსიონატი და ბალნეოლოგიურ-ფიზიოთერაპიული სამკურნალო დაწესებულება.

**ნაბელავის საბადო** მდებარეობს მდ. გუბაზოულის ხეობაში, ზღვის დონიდან 450 მეტრზე.

ბუნებრივ გამოსავალს წარმოადგენს წყარო 1 (მჟავე წყალი), გაყვანილია ჭაბურღილი 2.

მინერალური წყალი არის ბორჯომის ტიპის, ნახშირორჟანგიანი, ჰიდროკარბონატული ნატრიუმიანი. წყაროს მინერალიზაცია შეადგენს 2 გ/ლ-ს, ჭაბურღილის – 8 გ/ლ-ს, ტემპერატურა – 19°C. წყაროს წყლის დებიტია 0,02-0,03 ლ/წმ, ჭაბურღილის – 0,7-0,8 ლ/წმ.

ნაბელავის მინერალური წყალი გამოიყენება კუჭ-ნაწლავის, ღვიძლის, ნაღვლის ბუშტისა და შარდგამომყოფი სისტემის მკურნალობის დროს.

საბადოზე ფუნქციონირებს სამკურნალო დაწესებულებები და 2 ჩამოსასხმელი ქარხანა.

აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის პერიფერიულ ნაწილში გვხვდება სხვადასხვა გაზური შედგენილობის სულფატური, ქლორიდული და შერეული შედგენილობის წყლები.

**თბილისის თერმომინერალური წყლების** ბუნებრივი გამოსავლები დაკავშირებულია აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის აღმოსავლეთ პერიფერიასთან – მდ. მტკვრის მარჯვენა ნაპირზე, ბოტანიკური ბაღის ქვევით და თაბორის ანტიკლინის ჩრდილოეთ ფრთასთან, რომელიც აგებულია შუა ეოცენის ასაკის ლოდბრექჩიებითა და ტუფოგენური წყებით.

## ირაკლი მიქაძე

წყაროების ბუნებრივ გამოსავლებთან ჭაბურღილების საშუალებით მიღებული იქნა 0,3-0,4 გ/ლ მინერალიზაციისა და 32-47°C ტემპერატურის ქლორიდულ-ჰიდროკარბონატული ნატრიუმის ნაყალი. ამ წყლების გაზური შედგენილობა აზოტურ-მეთანიანია.

თბილისის თერმები გამოიყენება გულ-სისხლძარღვთა, ნერვული სისტემის, გინეკოლოგიური, კანის, მარილების დაგროვებისა და სხვ. დაავადებების დროს. მათ ბაზაზე ფუნქციონირებს ბალნეოლოგიური კურორტი და ცნობილი თბილისის (ორთაჭალის) აბანოები.

**4. ართვინ-სომხითის ბელტის გრუნტის წყლების ჰიდროგეოლოგიური ოლქის მინერალურ წყლებს** მიეკუთვნება ვარძია-ნაქალაქევის ნახშირორჟანგიანი, ჰიდროკარბონატულ-ქლორიდული ნატრიუმის და ბოლნისის რაიონის ნახშირორჟანგიანი ჰიდროკარბონატულ-სულფატური მაგნიუმის წყლები.

**ვარძიის ნახშირორჟანგიანი მინერალური წყლების** საბადო მდებარეობს მდ. მტკვრის ხეობის ზემო წელში, ართვინ-სომხითის ბელტის ჩრდილო-დასავლეთ პერიფერიაზე, აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის საზღვარზე. მინერალიზაცია – 1,6 გ/ლ, ჰიდროკარბონატულ-ქლორიდული ნატრიუმის შედგენილობის.

ვარძიის კლდეში გამოკვეთილ ქალაქთან გაბურღულ იქნა 500 მეტრამდე სიღრმის ჭაბურღილები. ერთ-ერთმა მათგანმა გადაკვეთა 3 წყალშემცველი ჰორიზონტი. წყლების მინერალიზაცია იზრდებოდა სიღრმესთან ერთად; მესამე ჰორიზონტი 270-290 მ სიღრმეში წარმოადგენს შუა ეოცენის ვულკანოგენურ ქანებს, საიდანაც მიღებულ იქნა ჰიდროკარბონატულ-ქლორიდული ნატრიუმის, 14 გ/ლ მინერალიზაციის ნაყალი.

ამ უბნიდან ჩრდილოეთით სოფ. ნაქალაქევის მიდამოებში, მდ. მტკვრის მარჯვენა ნაპირზე, თბილი (T-24°C), ნახშირორჟანგიანი, ჰიდროკარბონატულ-ქლორიდული ნატრიუმის, 12,6 გ/ლ მინერალიზაციის წყაროთა ჯგუფთან 150 და 340 მ სიღრმის ჭაბურღილებიდან მიღებულ იქნა თერმული (41°C), ნახშირორჟანგიანი მინერალური წყლის (რომელიც მიეკუთვნება ესენტუკი 17 ტიპს) ძლიერი შადრევანი (ჯამური დებიტი – 22 ლ/წმ).

## 10.5. სამრეწველო მინისქვემა წყლები

სამრეწველო წყლები ეწოდება ისეთ ბუნებრივ წყლებს, რომლებშიც ქიმიურ ელემენტთა კონცენტრაცია იმდენად დიდია, რომ შესაძლებელია მათი მოპოვება და გადამუშავება.

ამჟამად მინისქვემა წყლებიდან იოდის, ბრომის, კალიუმის, სოდის, მაგნიუმის, ლითიუმის, რუბიდიუმის, ცეზიუმის და სხვა ელემენტების სამრეწველო მიზნით მოპოვება წარმოებს მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში.

მინისქვემა წყლების სამრეწველო ღირებულება შეფარდებითია, მას განსაზღვრავს მრავალი ფაქტორი, კერძოდ, ამ წყლების განლაგების სიღრმე არ უნდა აღემატებოდეს 2-4 კმ-ს, დინამიკური დონე – 200-600 მ-ს, ჭაბურღილის დებიტი არ უნდა იყოს 200-500 მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეზე ნაკლები, ხოლო წყლიდან ამოსა-



ლები ელემენტებისა და ნაერთების კონცენტრაცია – მინიმალურ დასაშვებ ნორმაზე ნაკლები.

სამრეწველო მინისქვეშა წყლების სისტემატიზაცია ჰიდროგეოლოგიური სტრუქტურების მიხედვით შემდეგია:

1) ბაქნების, კიდური ჩალუნვების, მთათაშუა ღრმულებში – ფენებრივი აუზების მარილწყლები;

2) ჰიდროგეოლოგიური მასივების, ტექტონიკური რღვევების და რიფტული ზონების ნაპრალო წყლები;

3) ვულკანური ოლქების თერმული წყლები.

გარდა მინისქვეშა წყლებისა, სამრეწველო მნიშვნელობა შეიძლება ჰქონდეთ ზედაპირულ (ზღვის და ტბის) და ტექნოგენურ წყლებს (ნავთობისა და მარილის წარმოების, შახტის, გეოთერმული ენერგეტიკის, გეოტექნოლოგიური საწარმოს, სამტკნარებლის და ა.შ.).

სამრეწველო მინისქვეშა წყლები ძირითადად გავრცელებულია ბაქნების ფენებრივ აუზებში, მთისნინა ჩალუნვებში და მთათაშუა ღრმულებში, სადაც ძირითადად გვხვდება ქლორიდული მინერალიზებული წყლები და მარილწყლები.

არტეზიული აუზების მინისქვეშა წყლების ტიპური სამრეწველო კომპონენტებია: ბრომი, იოდი, სტრონციუმი, რუბიდიუმი, ცეზიუმი, ბორი, კალიუმი, მაგნიუმი.

საქართველოში სამრეწველო მინისქვეშა წყლები ფართოდ არის გავრცელებული: კავკასიონის მთავარი ქედის სამხრეთ ფერდზე და მცირე კავკასიონის დანაოჭებულ რაიონებში: ნახშირმჟავა წყლებში – ბორისა და ლითიუმის გაზრდილი შემცველობით, მეთანიან წყლებში – იოდის, ბრომისა და ბორის გაზრდილი შემცველობით; საქართველოს ბელტზე – ბორის, ბრომის და იოდის შემცველობა, ხოლო კოლხეთის დაძირულ ზონაში – ზედა იურის მარილიან წყებაში – ბრომისა და ლითიუმის გაზრდილი შემცველობა.

გარდა ამისა, კოლხეთის არტეზიული აუზისა და აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის აზოტიანი თერმები მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავენ ფტორსა და გერმანიუმს.

მინისქვეშა წყლებიდან სასარგებლო ელემენტებისა და მარილების მოპოვებას ჯერჯერობით არ ექცევა ჯეროვანი ყურადღება, თუმცა ცნობილია, რომ სუფრის მარილს მინისქვეშა წყლებიდან მოიპოვებდნენ დიდი ხნის წინ.

იოდი და ბრომი არ ქმნიან მყარ ნიაღისეულს, ისინი კონცენტრირდებიან წყალში. სსრკ-ში 1980-იან წლებში მთელი იოდის მოპოვების 70% მოდიოდა მინისქვეშა წყლებზე. მათ აგრეთვე მოიპოვებენ ზღვის წყლიდან და მარილწყლებიდან (სერლსის ტბა აშშ-ში). ჰიდრომინერალური ნედლეულის დიდ მარაგებს შეიცავს მკვდარი ზღვა, რომლის მინერალიზაცია მატულობს სიღრმეში 273-დან 315 გ/ლ-მდე.

ამჟამად აშშ-ში, იტალიაში, გერმანიაში, ისრაელსა და იაპონიაში და სხვა ქვეყნებში მინისქვეშა წყლებიდან იოდისა და ბრომის გარდა იღებენ კალიუმს,

## ირაკლი მიქაძე

ბორს, სტრონციუმს, მაგნიუმს, იშვიათ ტუტე ლითონებს (ლითიუმს, რუბიდიუმს, ცეზიუმს), ვოლფრამს, ტყვიას და სხვა (ბ. ზაუტაშვილი, 1997).

### 10.6. თერმული მინისქვემა წყლები

თბოენერგეტიკული ენოდება წყლებს, რომელთა ტემპერატურა  $35^{\circ}\text{C}$ -ზე მეტია, ზოგჯერ ამ მიზნით გამოიყენებენ  $20-35^{\circ}\text{C}$  წყლებსაც.

თერმული წყლები ენერგეტიკის არატრადიციული, განახლებადი და ეკოლოგიურად სუფთა სახეობაა. მათ გამოიყენებენ ელექტროენერგიის მისაღებად ( $100-180^{\circ}\text{C}$ ), ბინებისა და სამრეწველო ობიექტების გასათბობად, ცხელი წყლით მომარაგებაში ( $70-100^{\circ}\text{C}$ ), აგრეთვე სასათბურე, მეცხოველეობის და სხვა მეურნეობებში, სანარმოო ტექნოლოგიურ პროცესებში ( $70^{\circ}\text{C}$ -მდე).

არსებობს გეოლოგიურ სტრუქტურებში ზედაპირული წყლების ჩატუმბვისა და შემდგომ თერმული წყლების მიღების, ცხელი წყლებით ცივი წყლების გათბობის და ა.შ სქემები.

თერმოენერგეტიკა განვითარებულია მრავალ ქვეყანაში: აშშ-ში, ფილიპინებზე, ისლანდიაში, ახალ ზელანდიაში, იტალიაში, ინდონეზიაში, იაპონიაში, უნგრეთში და სხვ.

აშშ-ში თბოენერგეტიკული სადგურების სიმძლავრე 1300 მგვტ-ს აღწევს. თერმული წყლები გათბობის მიზნით გამოიყენება მთელ რიგ ქალაქებში: მახაჩკალაში, გროზნოში, ტაშკენტში, თბილისში, ალმა-ათაში და სხვ.

ჰიდროთერმული რესურსები ფორმირდება 2 გზით: რეგიონული სითბური ველის პირობებში (არტეზიული აუზების ფენებრივი წყლები) და 2) ანომალურ გეოთერმულ პირობებში (ნაოჭა ოლქების ნაპრაღური და ნაპრაღურ-ძარღვული წყლები). მათგან სითბური პოტენციალით გამოირჩევა მეორე ჯგუფის რეგიონები. მათ მიეკუთვნება კამჩატკა, კურილის კუნძულები, ასევე, კავკასია, ტიან-შანი, პამირი, ყირიმი და სხვ.

დაბალი და საშუალო ტემპერატურის ( $35-70^{\circ}\text{C}$ ) წყლები დაკავშირებულია არტეზიული აუზების ქვედა ნაწილებთან (რუსეთის ბაქანი, დასავლეთ ციმბირის ფილაქანი), სადაც ცნობილია ომსკის, ტომსკის, მახაჩკალას და სხვა დიდი საბადოები.

საქართველოს ტერიტორიაზე ცნობილია 1300 ლ/წმ ჯამური დებიტის თერმული წყლები, რომლებიც ტემპერატურის მიხედვით შემდეგნაირად ნაწილდება: 1)  $20-50^{\circ}\text{C}$  – 848 ლ/წმ, 2)  $50-100^{\circ}\text{C}$  – 324 ლ/წმ, 3)  $100^{\circ}\text{C}$ -ზე მეტი – 128 ლ/წმ. ამ წყლების ნახევარი მტკნარია ( $<1$  გ/ლ).

თბოენერგეტიკული წყლების საბადოები ენოდება მინისქვემა ჰიდროსფეროს თერმული წყლების საბალანსო-ჰიდროდინამიკურ ელემენტს, რომლის სითბური პოტენციალი, შედგენილობა, ხარისხი და მარაგები აკმაყოფილებენ თანამედროვე ტექნიკურ-ეკონომიკურ მოთხოვნებს.

გამოყოფენ თერმული წყლების 3 ძირითადი ტიპის საბადოებს: 1) ბაქნური ტიპის მსხვილი არტეზიული აუზების ფენებრივ წყლებს; 2) ნაოჭა ოლქების და მთათაშუა ღრმულების მცირე არტეზიული აუზების ფენებრივ და ფენებრივ-ნაპრაღურ წყლებს და 3) ნაოჭა ოლქების ნაპრაღურ და ნაპრაღურ-ძარღვულ წყლებს.

პირველი ტიპის საბადოებისათვის დამახასიათებელია დიდი გავრცელება და დიდი ბუნებრივი რესურსები, მაგრამ მცირე საექსპლუატაციო მარაგები. მეორე ტიპის საბადოები ხასიათდება შედარებით პატარა ზომებით, მაგრამ დიდი საექსპლუატაციო მარაგებით. მესამე ტიპის საბადოებისათვის დამახასიათებელია მცირე მინერალიზაცია, მაღალი ტემპერატურები, მცირე ბუნებრივი რესურსები და შედარებით დიდი საექსპლუატაციო მარაგები. მეორე და მესამე ტიპის საბადოებისათვის დამახასიათებელი დიდი საექსპლუატაციო მარაგები აიხსნება მათი უშუალო კავშირით ვულკანურ კერებთან.

ყველაზე ეკონომიურია დაბალი მინერალიზაციის წყლები, რომლებიც არ შეიცავენ აგრესიულ კომპონენტებს (გოგირდწყალბადს, ნახშირორჟანგს, მეთანს და სხვ.) და პირდაპირ შეიძლება იქნეს გამოყენებული. მინერალიზებული და აგრესიული წყლები მოითხოვენ შუალედურ გარდაქმნას, რაც ტექნიკურ პრობლემებთან და ხარჯებთანაა დაკავშირებული.

თერმული წყლების საბადოებისათვის საჭიროა გამოითვალოს მათი ტექნოგენერგეტიკული სიმძლავრე. ამასთან დაკავშირებით საექსპლუატაციო მარაგებს გამოსახვენ სხვადასხვა ფორმით: დებიტს – მ<sup>3</sup>დღე-ღამეში და საექსპლუატაციო პერიოდში წყლის მასას – ათას მ<sup>3</sup>-ში ან თბოენერგეტიკულ ერთეულებში (გიგაჯოული, მეგავატი, პირობითი საწვავი ტონებში).

კავკასიის ტერიტორიის ამგები ქანების გეოლოგიურ ჭრილში გეოთერმული თვალსაზრისით გამოიყოფა სხვადასხვა ფენები: პირველი, თბოგამტარი პლიოცენ-მიოცენური ასაკისა და მაიკოპის თბოგანმხოლოებელი ფენები; მეორე, ეოცენურ-პალეოცენური და უფრო ძველი ასაკის თბოგამტარი ფენა.

წიაღის თბურ რეჟიმზე ძირითად გავლენას ახდენს მაიკოპის თბოგანმხოლოებელი და მეორე თბოგამტარი ფენები. ეს უკანასკნელი, მაღალი თბოგამტარობის გამო, ხელს უწყობს სითბოს სწრაფ გადაცემას მაიკოპის ასაკის ქანების საგებთან, რომელთა თბოგამტარობა რამდენჯერმე ნაკლებია.

მაიკოპის თიხური ქანები, ერთი მხრივ, აგროვებს მიღებულ სითბოს, ხოლო მეორე მხრივ, ამ ქანების მაღალი რადიოაქტიული თვისებების გამო, თვითონაც ხელს უწყობს მის გაზრდას. მაღალი ტემპერატურები დამახასიათებელია დიდი სიმძლავრის თიხური ქანებისათვის და პირიქით, ტემპერატურა მცირდება, თუ მეზოკაინოზოური და უფრო ძველი ქანების ჭრილში ჭარბობს ქვიშური მასალა.

წიაღის დაბალი ტემპერატურები დამახასიათებელია იმ რაიონებისათვის, სადაც მეზოკაინოზოური ასაკის ქანები არ არიან წარმოდგენილი თბოგანმხოლოებელი ფენებით და ამის გამო იქმნება დედამიწის ზედაპირზე სიღრმული სითბოს გადაცემის კარგი პირობები. ასეთ რაიონებს ეწოდება გახსნილი, ხოლო რაიონებს, სადაც ჭრილში არსებობს თბოგანმხოლოებელი ფენები – დახურული.

## ირაკლი მიქაძე

კავკასიონის რეგიონში, გეოთერმული თვალსაზრისით, გახსნილად ითვლება ის ტერიტორიები, სადაც გეოლოგიურ ჭრილში არ არის წარმოდგენილი ნეოგენისა და მაიკოპის ასაკის ნალექები, ხოლო დღის ზედაპირზე შიშვლდება ეოცენ-პალეოცენური და უფრო ძველი ქანები. ამ ტერიტორიებს მიეკუთვნება სტავროპოლის ამაღლების, საქართველოსა და შავიზღვისპირეთის გარკვეული რაიონები და მინერალური წყლების შვერილი.

გეოთერმული თვალსაზრისით დახურულ რაიონებში, სხვადასხვა სიღრმეზე, გამოყოფილია განსხვავებული გეოთერმული პირობების მქონე ქვერაიონები, მაგალითად, სტავროპოლის თაღური ამაღლება 1000 მეტრ სიღრმემდე გამოირჩევა მაღალი ტემპერატურებით (70-90°C). აქ 1000-1200 მეტრის ინტერვალით წარმოდგენილია მაიკოპის თიხები, რომელთა დაბალი თბოგამტარობის გამო, სიღრმესთან ერთად სწრაფად მატულობს ტემპერატურაც.

თერგისა და სუნჟენის ქედების აღმოსავლეთ დაბოლოებაზე მაღალი ტემპერატურები აღინიშნება 3000 მეტრი სიღრმემდე, რაც განპირობებულია სარმატიისა და მაიკოპის თიხებით და სუნჟენის სინკლინიდან გადმოსული მაღალტემპერატურული წყლებით.

დასავლეთ ყუბანის, აღმოსავლეთ ყუბანისა და თერგ-ყუმის ღრმულებისათვის, სუნჟენისა და პეტროპავლოვსკის სინკლინებისათვის 2500-3500 მეტრ სიღრმემდე დამახასიათებელია დაბალი ტემპერატურები, ხოლო დიდ სიღრმეებზე – მაღალი ტემპერატურები. ეს რაიონები გამოირჩევა ნეოგენის ასაკის ნალექების დიდი სიმძლავრეებით, რომელთა ჭრილშიც სიღრმესთან ერთად იზრდება ქანების ტემპერატურებიც, განსაკუთრებით, 2500-3500 მეტრ სიღრმეში, სადაც დალექილია მაიკოპის თიხები.

იმერკავკასიაში ყველაზე მაღალი ტემპერატურები (120°C-ზე მეტი) დადგენილია ყუმისპირეთში, მაღალი (90°C) – ეისკო-ბერეზანსკის, ტიხორეცკო-კროპოტინსკის რაიონებში, ადიღეს შვერილზე, სტავროპოლის ამაღლებაში, ყუმისპირა ოლქში, თერგისა და სუნჟენის ქედების აღმოსავლეთ დაბოლოებაში და განჯის ოლქში.

წიაღის დაბალი ტემპერატურებია დაფიქსირებული (32-47°C – 1000 მ და 60°C – 2000 მ სიღრმეში) აზერბაიჯანის ტერიტორიის მტკვრისპირა დაბლობზე და აფშერონის ნახევარკუნძულზე, მაგრამ იზრდება იგი საქართველოს ტერიტორიაზე მეზოკაინოზოურ ნალექებში, სადაც გეოთერმული ბიჯი შეადგენს 60 მ/°C-ს, თუმცა გეოლოგიური ჭრილის ცალკეული ინტერვალები (ოლიგოცენისა და ალბ-აპტის ასაკის) მიეკუთვნება თბოიზოლაციურს. მაგალითად, საქართველოს მთათაშუა ღრმულებისათვის, 1000 მეტრ სიღრმეზე ტემპერატურა მერყეობს 31-დან 81°C-მდე.

უნდა აღინიშნოს, რომ დედამიწის წიაღის ტემპერატურულ პირობებზე, გეოლოგიური ჭრილის ლითოლოგიურ-სტრატოგრაფიული ნიშნების გარდა, მნიშვნელოვანი გავლენა აქვს ტექტონიკურ, ჰიდროგეოლოგიურ და სხვა ფაქტორებს.

**საქართველო** მდიდარია თერმული წყლებით, სადაც ცნობილია 44 თერმული წყლის საბადო ბუნებრივი წყაროებისა და ჭაბურღილების სახით (ნახ. 24).

თერმული წყაროებიდან აღსანიშნავია:

1. ქ. თბილისის გოგირდწყალბადის შემცველი წყაროები, რომლებმაც სათავე დაუდეს ქ. თბილისის დაარსებას: თერმული წყლების ტემპერატურა მერყეობს 38-დან 70°C-მდე, მინერალიზაცია – 0,19-0,26 გ/ლ, შედგენილობა – სულფატურ-ქლორიდულ-კარბონატული.

2. კურორტ წყალტუბოს 4 სამკურნალო წყარო, რომელთა ტემპერატურა მერყეობს 31-35°C შორის, მინერალიზაცია – 0,8 გ/ლ, სულფატურ-ჰიდროკარბონატული კალციუმ-მაგნიუმ-ნატრიუმისანი შედგენილობის;

3. ადიგენის რაიონის სოფ. აბასთუმნის 48°C ტემპერატურის სამკურნალო წყარო, დებიტი – 1040 მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში, მინერალიზაცია – 0,6 გ/ლ, ქლორიდულ-სულფატური ნატრიუმ-კალციუმისანი შედგენილობის;

4. ახმეტის რაიონის სოფ. თორღვას-აბანოს 35°C ტემპერატურის წყარო, დებიტი – 800 მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში, მინერალიზაცია – 0,53 გ/ლ, ჰიდროკარბონატულ-ქლორიდული ნატრიუმისანი-კალციუმისანი შედგენილობის.

საქართველოში დიდი მოცულობის ბურღვითი სამუშაოები იქნა ჩატარებული თერმული წყლების მიღების თვალსაზრისით პერსპექტიულ უბნებზე. შედეგებიც მნიშვნელოვანია: დაძიებულ იქნა თერმული წყლის საბადოები, რომელთაგან ყველაზე გამორჩეულია თბილისის, ზუგდიდის, ოჩამჩირისა და ხობის.

თბილისის საბადოზე აღსანიშნავია ლისის უბანი, სადაც ჭაბურღილები მდებარეობს ლისის ტბის მიდამოებსა და ვეძისში. ამ უბნის დამახასიათებელ ტექტონიკურ ერთეულს წარმოადგენს ლისის ანტიკლინი, რომლის სიგრძეა 20 კმ, სიგანე – 4 კმ. ანტიკლინის თალი აგებულია ზედა ეოცენის ასაკის ნალექებით, ბირთვი – შუაეოცენის, პალეოცენისა და ზედაცარცული ასაკის ნალექებით, ხოლო ფრთებზე გაშიშვლებულია მაიკოპის სერიის ნალექები.

2-დან 10 ლ/წმ დებიტის, 60-70°C და 0,34 გ/ლ მინერალიზაციის თერმული წყლები მიღებულია შუა და ზედა ეოცენის ასაკის ტუფოქვიშაქვებიდან, არგილიტებიდან და ქვიშაქვებიდან, რომლებიც განლაგებულია 1800-2000 მ სიღრმეში.

თბილისის საბადოსათვის დამახასიათებელია გოგირდწყალბადის შემცველობა, რომელიც აჭარბებს 10 მგ/ლ. თბილისის თერმული წყლების მაღალი (70°C-დე) ტემპერატურები მკვლევრების მიერ (ი. ბუაჩიძე, გ. ბუაჩიძე, 1975) ახსნილია თბილისის რაიონში არსებული გეოთერმული ანომალიით, რომელსაც ახასიათებს გეოთერმული ველის მაღალი დაძაბულობა.

ქვევით მოყვანილია საქართველოში ჭაბურღილების საშუალებით მიღებული თერმული წყლების ჩამონათვალი ტემპერატურების მიხედვით:

I. ყველაზე მაღალი ტემპერატურის (>100°C) თერმული წყლები მიღებულია ოჩამჩირისა და ხობის რაიონებში, სადაც გაყვანილია 17 ჭაბურღილი, მათ შორის, 16 – ოჩამჩირის რაიონში: კინდლი (15-T-108°C, 7-T-107°C, 11-T-106°C, 12-T-104°C, 8-T-103°C, 2-T-100°C), ცაგერა (7-T-105°C), მოქვა (15-T-105°C, 17-T-103°C),

### *ირაკლი მიქაძე*

მდ. ცხენისწყლის ხეობა (18-T-105<sup>0</sup>C), ოხურეი (3-T-104<sup>0</sup>C და 4-T-102<sup>0</sup>C), არადუ (8-T-103<sup>0</sup>C), ცქრიში (16-T-101<sup>0</sup>C), კვიტოული (11-T-101<sup>0</sup>C), ჩეჩლია (19-T-100<sup>0</sup>C) და 1 – ხობის რაიონის სოფ. ზანაში (4-T-101<sup>0</sup>C).

II. მაღალტემპერატურული (80-100<sup>0</sup>C) თერმული წყლები მიღებულია ოჩამჩირის, ხობის, ზუგდიდის, სენაკისა და ქარელის რაიონებში, სადაც გაბურღულ იქნა 23 ჭაბურღილი, მათ შორის – 12 ზუგდიდის, 5 ოჩამჩირის, 3 ხობის, 2 სენაკისა და 1 ქარელის რაიონებში:

1) ზუგდიდის რაიონის სოფ. ცაიშში (10-T-98<sup>0</sup>C, 18-T-95<sup>0</sup>C, 17-T-94<sup>0</sup>C, 1-T-85<sup>0</sup>C, 8-T-84<sup>0</sup>C, 14-T-80<sup>0</sup>C), სოფ. ჭითანყარში (21-T-88<sup>0</sup>C, 9-T-86<sup>0</sup>C 12-T-85<sup>0</sup>C, 2-T-84<sup>0</sup>C), ქ. ზუგდიდში (5-T-84<sup>0</sup>C, 3-T-84<sup>0</sup>C);

2) ოჩამჩირის რაიონის სოფ. კინდღში (1-T-98<sup>0</sup>C, 2-T-97<sup>0</sup>C, 6-T-92<sup>0</sup>C), სოფ. დრანდაში (1-T-93<sup>0</sup>C), სოფ. არაკიჩში (3-T-83<sup>0</sup>C);

3) ხობის რაიონის სოფ. ხორგაში (21-T-98<sup>0</sup>C), სოფ. ზენში (3-T-80<sup>0</sup>C) და ქ. ხობში (1-T-82<sup>0</sup>C);

4) სენაკის რაიონის სოფ. ნოქალაქევში (1-T-80<sup>0</sup>C, 2-T-82<sup>0</sup>C);

5) ქარელის რაიონის სოფ. აგარაში (3-T-82<sup>0</sup>C).

III. 60-80<sup>0</sup>C ტემპერატურიანი თერმული წყლები მიღებულ იქნა 23 ჭაბურღილში, მათ შორის – 5 თბილისში, 5 ხობის, 3 ზუგდიდის, 3 ვანის, 2 სენაკის, 1 გალის, 1 ოჩამჩირის, 1 ხაშურის, 1 ასპინძის და 1 სამტრედიის რაიონებში:

1) ქ. თბილისში: ვაშლიჯვარში (6 – T-70<sup>0</sup>C), იპოდრომთან (4-T-68<sup>0</sup>C), საბურთალოზე (1-T-65<sup>0</sup>C) და ლისის ტბასთან (5-T-60<sup>0</sup>C, 7-T-60<sup>0</sup>C);

2) ხობის რაიონის სოფ. ქვალონში (1-T-78<sup>0</sup>C), სოფ. ბიაში (2-T-65<sup>0</sup>C), სოფ. ჯაფშაკარში (5-T-64<sup>0</sup>C), სოფ. თორსაში (4-T-63<sup>0</sup>C) და სოფ. ოქროს სანმისში (3-T-63<sup>0</sup>C);

3) ზუგდიდის რაიონის სოფ. ცაიშში (1-კ, 1-ს და 4-კ, რომელთა T-78<sup>0</sup>C);

4) ვანის რაიონის სოფ. სალხინოში (2-T-60<sup>0</sup>C), სოფ. ჭყვიშში (7-T-60<sup>0</sup>C) და ქ. ვანში (1-T-60<sup>0</sup>C);

5) სენაკის რაიონის სოფ. ისულაში (2-T-75<sup>0</sup>C) და სოფ. თეკლათში (31-T-65<sup>0</sup>C);

6) გალის რაიონის სოფ. რეჩხში (1-T-77<sup>0</sup>C);

7) ოჩამჩირის რაიონის სოფ. ახალდაბაში (10-T-75<sup>0</sup>C);

8) ხაშურის რაიონის სოფ. იმერლიანთ კარში (6-T-65<sup>0</sup>C);

9) ასპინძის რაიონის სოფ. თმოგვში (75-T-62<sup>0</sup>C);

10) ქ. სამტრედიიაში (1-T-61<sup>0</sup>C).

IV. 50-60<sup>0</sup>C ტემპერატურიანი თერმული წყლები მიღებულ იქნა 10 ჭაბურღილში, მათ შორის – 3 ასპინძის, 2 სენაკის, 2 ვანის, 1 ქარელის რაიონებში და 2 ქ. თბილისში:

1) ასპინძის რაიონის სოფ. ვარძიაში (1-T-58<sup>0</sup>C, 43-T-52<sup>0</sup>C) და სოფ. ნაქალაქევში (1-T-58<sup>0</sup>C);

2) სენაკის რაიონის კურორტ მენჯში (2-T-58<sup>0</sup>C) და სოფ. სახარბედოში (1-T-57<sup>0</sup>C);

3) ვანის რაიონის სოფ. მთისძირში (6-T-55<sup>0</sup>C) და სოფ. ციხესულოში (5-T-52<sup>0</sup>C);

4) ქარელის რაიონის სოფ. ახალსოფელში (6-T-55<sup>0</sup>C);

5) ქ. თბილისში – ლისის ტბაზე (1-T-57<sup>0</sup>C და 8-T-56<sup>0</sup>C).

V. 40-50<sup>0</sup>C ტემპერატურიანი თერმული წყლები მიღებულ იქნა 17 ჭაბურღილში, მათ შორის – 3 ბორჯომის, 2 ქარელის, 2 ხაშურის, 2 ასპინძის, 1 საგარეჯოს, 1 თერჯოლის, 1 ვანის, 1 სოხუმის რაიონებში, 2 ქ. გაგრაში და 2 ქ. თბილისში:

1) ბორჯომის რაიონის სოფ. ვაშლოვანში (25-T-41<sup>0</sup>C, 25ე-T-41<sup>0</sup>C) და ახალდაბაში (2-T-42<sup>0</sup>C);

2) ქარელის რაიონის სოფ. ზემო ხვედურეთში (20-T-49<sup>0</sup>C) და სოფ. ღვლევი (7-T-45<sup>0</sup>C);

3) ხაშურის რაიონის სოფ. მიწობში (8-T-45<sup>0</sup>C) და წროში (7-T-45<sup>0</sup>C);

4) ასპინძის რაიონის სოფ. ვარძიაში (22-T-45<sup>0</sup>C), ქ. ასპინძაში (8-T-42<sup>0</sup>C);

5) საგარეჯოს რაიონის სოფ. უჯარმაში (16-T-42<sup>0</sup>C), თერჯოლის რაიონის სოფ. ქვედა სიმონეთში (16-T-42<sup>0</sup>C), ვანის რაიონის სოფ. ამაღლებაში (45-T-41<sup>0</sup>C), სოხუმის რაიონის მდ. ბესლეთის ხეობაში (8კ-T-41<sup>0</sup>C);

6) ქ. გაგრაში – კურ. „ახალი გაგრა“ (1-T-43<sup>0</sup>C და 2-T-42<sup>0</sup>C);

7) ქ. თბილისში – ცენტრალური უბანი (8-T-48<sup>0</sup>C და 30-T-42<sup>0</sup>C).

VI. 30-40<sup>0</sup>C ტემპერატურიანი თერმული წყლები მიღებულ იქნა 40 ჭაბურღილში, მათ შორის – 26 ბორჯომის, 2 ასპინძის, 2 ლაგოდეხის, 2 ტყვარჩელის, 1 სოხუმის, 1 ხაშურის, 1 გალის, 1 სიღნაღის რაიონებში, 3 ქ. თბილისში და 1 ქ. გაგრაში:

1) ბორჯომის რაიონის მდ. ყვიბისწყლის ხეობაში (47-T-39<sup>0</sup>C, 37-T-36<sup>0</sup>C), ს. ყვიბისში (38-T-38<sup>0</sup>C, 70-T-37<sup>0</sup>C, 38ე-T-36<sup>0</sup>C), მდ. გუჯარეთისწყლის ხეობაში (4ა-T-38<sup>0</sup>C), კურორტ ლიკანში (1ა-T-36<sup>0</sup>C, 1კ-T-35<sup>0</sup>C, 2-T-39<sup>0</sup>C, 59-T-38<sup>0</sup>C, 5-T-38<sup>0</sup>C, 61-T-38<sup>0</sup>C, 8-T-33<sup>0</sup>C და 26-T-33<sup>0</sup>C), სოფ. ციხისჯვარში (19-T-32<sup>0</sup>C), სოფ. ახალდაბაში (55-T-38<sup>0</sup>C, 77-T-36<sup>0</sup>C, 16-T-33<sup>0</sup>C), სოფ. სადგერში (10-T-32<sup>0</sup>C), ქ. ბორჯომში (41პ-T-37<sup>0</sup>C, 101-T-36<sup>0</sup>C, 5-T-35<sup>0</sup>C, 1ვ-T-36<sup>0</sup>C, 41ა-T-34<sup>0</sup>C, 4-T-33<sup>0</sup>C, 1-T-30<sup>0</sup>C);

2) ასპინძის რაიონის სოფ. ნაქალაქევში (157-T-38<sup>0</sup>C და 100-T-34<sup>0</sup>C);

3) ლაგოდეხის რაიონის სოფ. ჰერეთისკარში (13-T-37<sup>0</sup>C და 5-T-34<sup>0</sup>C);

4) ტყვარჩელის რაიონის მდ. ღალიძგას ხეობაში (1-T-38<sup>0</sup>C და 4-T-35<sup>0</sup>C);

5) სოხუმის რაიონის მდ. ბესლეთის ხეობაში (4კ-T-39<sup>0</sup>C);

## ირაკლი მიქაძე

- 6) ხაშურის რაიონის სოფ. მინობში (2-T-39<sup>0</sup>C);
- 7) გალის რაიონის სოფ. საბერიოში (5-T-34<sup>0</sup>C);
- 8) სიღნაღის რაიონის ქ. წნორში (14-T-37<sup>0</sup>C);
- 9) ქ. თბილისის ცენტრალური უბანში (27-T-38<sup>0</sup>C, 28-T-38<sup>0</sup>C, 37-T-37<sup>0</sup>C);
- 10) ქ. გაგრაში (1-T-38<sup>0</sup>C).

გარდა ზემოჩამოთვლილი ჭაბურღილებისა, მსოფლიოში სახელგანთქმულ წყალტუბოს სამკურნალო, თერმული და მინერალური წყაროების ბუნებრივ გამოსავლებთან გაყვანილ იქნა 60 მცირე სიღრმისა (10 მ) და 15 შედარებით ღრმა (50-215 მ) ჭაბურღილი, რომლებიდანაც მიღებულ იქნა 20 ათასი მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში დებიტისა და 31-35<sup>0</sup>C ტემპერატურის სამკურნალო, მინერალური წყალი.

სითბური ნაკადის სიდიდის კავშირი გეოტექტონიკურ აგებულებასთან კარგად ვლინდება თბილისის რაიონში, სადაც სითბურ ნაკადს ახასიათებს ნაოჭა სისტემისა და ბელტის ფარგლებში შუალედური სიდიდე – 50 mWm<sup>-2</sup>.

სითბური ნაკადის დაბალი მნიშვნელობები საქართველოს ტერიტორიაზე დაფიქსირებულია მძლავრი მეოთხეული ნალექების დაგროვების რაიონებში და განაპირა ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში, სადაც ადგილი აქვს მიწისქვეშა ცივი ნაკადების ინტენსიურ დაღმავალ მოძრაობას.

სითბური ანომალიების ჩამოყალიბებაში დიდ როლს ასრულებს ნეოტექტონიკური და რაიონის ჰიდროგეოლოგიური პირობები.

საქართველოს ტერიტორიაზე თერმული წყლების მიღების თვალსაზრისით პერსპექტიულია პალეოცენ-შუაეოცენური ასაკის ვულკანოგენურ-დანალექი ქანებისა და ქვედაცარცული ასაკის კარბონატული წყების წყალშემცველი კომპლექსები. ეს უკანასკნელი ხასიათდება დიდი წყალშემცველობითა და გავრცელებით (10 ათასი კმ<sup>2</sup>), რომელთანაც დაკავშირებულია წყალტუბოს, ნაქალაქევის, ცაიშის, ქვალონის, სოხუმის, გაგრის და სხვ. თერმული წყლები.

საქართველოში თერმული წყლები, ძირითადად, გამოიყენება ბალნეოლოგიური მიზნით (კურორტები: წყალტუბო, თბილისი, მენჯი, ცაიში, ნუნისი, ტყვარჩელი, ნაქალაქევი, სულორი და სხვ.). უკანასკნელ ხანს საყოფაცხოვრებო მიზნით გამოიყენებულ იქნა ქ. თბილისის საბურთალოს უბნისა და ზუგდიდის თერმული წყლები, მაგრამ ეს მხოლოდ ზღვაში წვეთია, რადგან ასათვისებელია მრავალი საბადო, სადაც თერმული წყლები იღვრება გამოყენების გარეშე.

ამჟამად ექსპლუატაციაში მყოფი თბილისის ჭაბურღილების თერმული წყლები, 4000 მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში დებიტით, გამოყენების შემდეგ იღვრება, რაც იწვევს საბადოს თანდათანობით დაცლას და აუარესებს ქალაქის ეკოლოგიურ პირობებს. მსოფლიოში ცნობილი ტექნოლოგიური სქემით შესაძლებელია დაინერგოს სითბომოხსნილი წყლის ჩატუმბვა უკან, წყალშემცველ ფენში, რის შედეგადაც შეიქმნება მიწისქვეშა, ხელოვნური, გეოთერმული ცირკულაციური სისტემა. ამ გზით 5-6-ჯერ გაიზრდება თერმული წყლების მოპოვება, თერმული სიმძლავრეები და გამოირიცხება საბადოს რესურსების შემცირების საშიშროება.



ქ. თბილისის თბომეურნეობის სისტემაში ამ გზით შესაძლებელია დავზოგოთ 50 ათას ტონამდე პირობითი სანვავი, საგრძნობლად გავზარდოთ ცხელი წყლის მომხმარებელთა რაოდენობა და შევამციროთ ატმოსფეროში CO<sub>2</sub>-ის ემისია 240 ათასი ტონით.

თერმული წყლების გამოყენება ქ. თბილისის მიდამოებში შესაძლებელია მნიშვნელოვნად გაიზარდოს შემდეგი სქემით: ჩატარდეს საძიებო-ბურღვითი სამუშაოები დიდიდან ვარკეთილამდე, სადაც აიგება 20-მდე გეოთერმული ცირკულაციური სისტემა. მათ მიერ გამომუშავებული ჯამური სითბოს რაოდენობა მიაღწევს 5-6 მილიონამდე გ/კალორიას წელიწადში, რის გამოც დაიზოგება 1 მილიონამდე ტონა პირობითი სანვავი. ამ გზით მიღებული სითბური ენერგია პრაქტიკულად ულევია, 6-7-ჯერ იაფია ტრადიციულად გამომუშავებულ სითბოზე, დააკმაყოფილებს ქალაქის ცხელი წყლით მომარაგებას და 30-40%-ით დაფარავს ქალაქის გათბობის მოთხოვნილებას.

ასევე ეფექტური იქნება გეოთერმული ენერჯის გამოყენება დასავლეთ საქართველოშიც, სადაც გამოვლენილ იქნა 20-მდე ახალი საბადო, მათგან ყველაზე მძლავრია ზუგდიდის საბადო. დღეს ზუგდიდის უბანზე არსებული 25 ჭაბურღილი ჯამურად იძლევა 30 ათას მ<sup>3</sup>/დღე-ღამეში 80-100<sup>0</sup>C-ის თერმულ წყალს. ამ საბადოზე მცირე დანახარჯებით შესაძლებელია თერმული წყლის ეფექტური გამოყენება, რის გამოც ყოველწლიურად დაიზოგება 15 მილიონი აშშ დოლარი.

დასავლეთ საქართველოში დღეს არსებულ ჭაბურღილების ბაზაზე გეოთერმული ცირკულაციური სისტემების მოწყობის შემთხვევაში მთლიანად დაკმაყოფილება სოხუმის, ოჩამჩირის, ზუგდიდის, ხობის, წყალტუბოსა და ფოთის უმეტესი ნაწილის მოთხოვნილებები სითბოზე და ცხელი წყლით მომარაგებაზე.

გეოთერმული ენერგეტიკის განვითარების თვალსაზრისით პერსპექტიული რეგიონებია სამხრეთ საქართველო, აგრეთვე ხობის, სენაკის, გუდაუთის, გარდაბნის რაიონები და ალაზნის დეპრესია, სადაც მოსალოდნელია წყალორთქლის ნარევის მიღება, რომლის ბაზაზეც შესაძლებელი იქნება გეოთერმული ელექტროსადგურების აგება (ი. ბუაჩიძე, 1975).

## 10.7. რეკრეაციული და ბალნეოლოგიური რესურსები

რეკრეაცია არის ადამიანის ფიზიკური, ინტელექტუალური და ემოციური ძალების აღდგენა დროის გარკვეულ პერიოდში.

რეკრეაციული სისტემები კომპლექსური მოვლენაა, რომელიც უშუალო კავშირშია ბუნებათსარგებლობასთან და გარემოსა და მისი რესურსების დაცვასთან. რეკრეაცია მოითხოვს მიწის ფონდის მზარდ წილს, რაც ზრდის რეკრეაციის მოთხოვნებსა და მისი შედეგების გათვალისწინების მნიშვნელობას ტერიტორიების ბუნებრივი პოტენციალისა და ქვეყნების ეკონომიკურ-გეოგრაფიული დახასიათების შეფასებისას.

## ირაკლი მიქაძე

ტერიტორიის რეკრეაციულ გამოყენებასთან შერწყმულია ბუნებრივი კომპლექსებისა და რესურსების იმ თვისების გამოყენება, რომელთაც გააჩნიათ სამკურნალო-გამაჯანსაღებელი მნიშვნელობა.

ბალნეოლოგია შეისწავლის მინერალური წყლების წარმოშობას, მათ ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებს, სამკურნალო-პროფილაქტიკური მიზნით გამოყენების მეთოდებს, სამედიცინო ჩვენებებსა და უკუჩვენებებს.

ტერიტორიები, რომლებიც მდიდარია მზის რადიაციის გაზრდილი ხანგრძლივობით, შედარებით სუფთა ატმოსფეროთი და მასში ჟანგბადის მაღალი შემცველობით, სამკურნალო მინერალური წყლებით, სამკურნალო ტალახით და ა.შ., ამ ბუნებრივი თავისებურებების გამო განიხილება როგორც ბალნეოლოგიური რაიონები. მათი ფართო გამოყენება რეკრეაციასთან ერთად დიდ როლს ასრულებს რიგი ტერიტორიებისა და ქვეყნების ეკონომიკურ განვითარებაში.

ბალნეოთერაპია არის მინერალური წყლისა და ტალახის აბაზანებით მკურნალობა. ადამიანის ორგანიზმზე მოქმედებს წყლის ტემპერატურა, ქიმიური შედგენილობა, ჰიდროსტატიკური წნევა, ხოლო ნერვულ რეცეპტორებზე – მინერალურ წყალში არსებული აირები ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NO}_2$ ), რადიაქტიური ნივთიერება (რადონი), რომლებიც ხვდებიან სისხლში კანიდან, ლორწოვანი გარსებიდან და სასუნთქი გზებიდან.

საქართველოში ბალნეოლოგიური კურორტებიდან ცნობილია: წყალტუბო, ბორჯომი, ჯავა, მენჯი, საირმე, ნაბეღლავი, თბილისის ბალნეოლოგიური კურორტი, ასევე ახტალის სამკურნალო ტალახი ქ. გურჯაანში.

სამკურნალო ტალახები უმეტეს შემთხვევაში მუქი რუხი ან მურა ფერის, პლასტიკური, კოლოიდური ნივთიერებაა, რომელიც თიხის, მინერალური წყლისა და გაზის ნარევია. მაღალი კოლოიდურობა განსაზღვრავს ტალახის მომატებულ ჰიდროფილობას, ხოლო თბური კონვექციის უნარის არარსებობა – მაღალ თბოტევადობასა და კარგ თბოკონცენტრაციის უნარს.

სამკურნალო ტალახებით მკურნალობა – პელოთერაპია („პელოს“ – თიხა, ტალახი და „თერაპეია“ – მკურნალობა) ცნობილია უხსოვარი დროიდან. სამკურნალო ტალახების წარმოშობა დაკავშირებულია რთულ გეოლოგიურ, ბიოლოგიურ და ქიმიურ პროცესებთან.

მიკროფლორის საშუალებით მიმდინარე ბიოქიმიური პროცესების შედეგად ხდება ტალახის გარდაქმნა და მათში ბიოგენური კომპონენტების – ნახშირბადის ნაერთების, აზოტის, გოგირდის, რკინის, ფოსფორისა და სხვა ელემენტების წარმოქმნა. ზოგ ამ კომპონენტს, მაგალითად, გოგირდწყალბადს ახასიათებს თერაპიული ეფექტი.

სამკურნალო ტალახებს თბური ეფექტის გარდა ახასიათებს ქიმიური ზემოქმედების უნარი. ამ მიზნით გამოიყენება ძლიერ მინერალიზებული წყალსატევების ლამიანი ნალექები (ლამიანი, სულფიდური ტალახები), მტკნარი წყლის წყალსატევების ლამიანი ნალექები და ძლიერ დაშლილი, მინერალიზებული და მტკნარი ტორფი.

სამკურნალო თვისებები ახასიათებს, აგრეთვე, ტალახის ვულკანებს (ვულკანოიდებს), რომლებიც ფართოდაა გავრცელებული კავკასიაში, სახელდობრ, აზერბაიჯანში, ტამანის ნახევარკუნძულზე და საქართველოს აღმოსავლეთ ნაწილში.

იმიერკავკასიაში აღსანიშნავია ტამბუკანის ტალახის ტბა – დიდი ტამბუკანი, რომელიც მდებარეობს პიატიგორსკთან ახლოს. ეს ტალახები შეიცავს ძვირფას და აქტიურ მიკროელემენტებს, მათ შორის რკინას, თუთიას, სტრონციუმს, ლითიუმს, კალციუმის და მაგნიუმის მარილებსა და რიგ ორგანულ ნაერთებს. მისი საუკეთესო თვისებაა სტერილურობა, რის გამოც გამოიყენება ღია ქრილობის შესახორცებლად. ტამბუკანის სამკურნალო ტალახები წარმატებით გამოიყენებოდა კავკასიის მინერალური წყლების კურორტებზე და სხვა ქალაქებში.

ტამბუკანის ტალახის წარმოქმნა და ტბების შევსების ბუნებრივი პროცესი მიმდინარეობს დღესაც. ტამბუკანის ტბასთან ახლოს არსებობს სხვა ტბა, რომლის სახელწოდებაც პატარა ან მშრალი ტამბუკანი, რომელიც გარკვეული დროის განმავლობაში ივსება წვიმის წყლით, ამ პერიოდებში ტბაში მიმდინარეობს იგივე ორგანული პროცესები, როგორც დიდ ტამბუკანის ტბაში.

ტალახიანი ტბები ცნობილია: ანაპის რაიონის სოფ. თემრიუკთან – ჩუმბურკის ტბა, რომელიც შეიცავს გოგირდისა და იოდის შენაერთებს (ამ ტბის ტალახებს ახასიათებს რადიოაქტიურობა და სამკურნალო თვისებებით არ ჩამოუვარდება ტამბუკანის ტბის ტალახებს) და მანჩიტან – სადგურ ვაგნეროვთან, სადაც ცნობილია ტალახის ტბა – კრესტოვოე.

დაღესტანში ცნობილია მახაჩყალის, მიატლის, ტალგისა და კაიაკენტის, აზერბაიჯანში – ტასაზის, ბეიუკ-შერისა და სხვ., სომხეთში – ანკავიანის სამკურნალო ტალახები.

საქართველოში ცნობილია მრავალი ტალახის ვულკანი, სახელდობრ, მირზანის რაიონში არსებული კრატერები, გურჯაანის რაიონულ ცენტრში – ახტალის სამკურნალო ტალახების საბადო და სხვ.

გურჯაანის ახტალის საბადო 10 ათასი მ<sup>2</sup> ფართობის ქვაბულია, სადაც აღნუსხულია 9 ტალახის „კრატერი“, რომლებიც მიეკუთვნებიან მიოპლიოცენის ასაკის (ალაზნის სერია) ნალექებს.

ტალახი წარმოიქმნება თიხის გამორეცხვითა და შემღვრევით, რომელზეც აქტიურად მოქმედებს წყალი და გაზი.

ტალახის თხევადი ნაწილის მინერალიზაციაა 15-18 გ/ლ, ქიმიური შედგენილობა – ქლორიდული ნატრიუმიანი. გაზური ფრაქცია ძირითადად შედგება მეთანისაგან (88-92%), მცირე რაოდენობით – აზოტისა და ნახშირორჟანგისაგან. ტალახის კრისტალური ჩონჩხი შედგება სილიკატური მასისაგან, მარცვლების ზომა არ აღემატება 0,25 მმ-ს, კოლოიდების შემცველობა ტალახის მასაში – 20%-მდე, რადიოაქტიურობა უტოლდება 2,5 მახეს ერთეულს.

ტალახის ამოფრქვევა ხდება პულსაციურად, დებიტი ცვალებადია და აღწევს 0,2 ლ/წმ. ტალახის მასის ტემპერატურა კრატერში უტოლდება 18-20°C-ს.

ახტალის სამკურნალო ტალახების ბაზაზე ფუნქციონირებს სანატორიუმი, სადაც მკურნალობენ რევმატულ, გინეკოლოგიურ და სხვა დაავადებებს.

### **10.8. მინისქვეშა წყლების რესურსების დაცვა**

მრეწველობის განვითარებამ და ადამიანების დიდ ქალაქებში თავმოყრამ გამოიწვია გარემოს დიდი მასშტაბებით დაბინძურება. ეს პროცესი განსაკუთრებით შეეხო ჰიდროსფეროს, რომლის ერთ-ერთი შემადგენელი ნაწილია მინისქვეშა წყლები. პრობლემაა როგორც მათი დაცვა გამოლევისაგან, ასევე დაბინძურებისაგან. აუცილებელია მინისქვეშა წყლების, როგორც ბუნებრივი რესურსის, რაციონალური და მიზნობრივი გამოყენება.

ამჟამად მრავალ ქვეყანაში, მინისქვეშა წყლების ინტენსიური გამოყენების გამო, შეიმჩნევა მათი დონეების დაწევა და ბუნებრივი რეჟიმის დარღვევა და გამოლევა.

მინისქვეშა წყლების დონეების დაწევამ შეიძლება გამოიწვიოს მთელი რიგი უარყოფითი პროცესები: სუფოზიური და კარსტული მოვლენების გააქტიურება, გრუნტების დაჯდომა, საინჟინრო ნაგებობათა დეფორმაცია და სხვ.

გარდა ამისა, მოსალოდნელია მინისქვეშა წყლების ხარისხობრივი მაჩვენებლების გაუარესება, რადგან შესაძლებელია არასწორი ექსპლუატაციის პირობებში მოხდეს არაკონდიციური წყლების შერევა, მინერალური წყლების საბადოს შემთხვევაში – სამკურნალო მნიშვნელობის კომპონენტების შემცირება და საექსპლუატაციო პარამეტრების გაუარესება.

მინისქვეშა წყლების დაბინძურება დაკავშირებულია ადამიანის სამეურნეო საქმიანობასთან – სამრეწველო, კომუნალურ და სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენებთან. მინისქვეშა წყლების დაბინძურების ხარისხის კონტროლი ხორციელდება დამაბინძურებელი კომპონენტების რაოდენობის განსაზღვრის საშუალებით, რომლის მნიშვნელობა უნდა იყოს „ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებზე“ ნაკლები ან, უკიდურეს შემთხვევაში, მისი ტოლი. სამწუხაროდ, ეს მაჩვენებელი მნიშვნელოვნად ირღვევა დიდი ქალაქების და სამრეწველო საწარმოების ფარგლებში.

მინისქვეშა წყლები გარკვეულწილად უფრო დაცულია დაბინძურებისაგან, მაგრამ ეს ძირითადად შეეხება არტეზიულ და ნაპრაღურ წყლებს. გრუნტის წყლები და კარსტული წყლები საკმაოდ ადვილად ბინძურდება ატმოსფეროდან და ზედაპირული წყლებისაგან. გრუნტის წყლები ასევე ბინძურდება ნავთობის საწარმოებიდან მათი ტრანსპორტირებისა და გადამუშავების შედეგად.

წყლის რესურსების ბუნებრივი დაბინძურება მიმდინარეობს ლოკალურ უბნებზე და ბუნებრივი წონასწორობის დარღვევის გარეშე. სულ სხვა მნიშვნელობას იძენს წყლის რესურსების დაბინძურება, რომლებიც გამოწვეულია ანთროპოგენური ფაქტორებით.

წყლების დაბინძურების მრავალი ფაქტორიდან გამოვარჩევთ შემდეგს: ბიოლოგიურს (მიკროორგანიზმები და ორგანული ნივთიერებები, რომელთაც ახასი-

ათებთ გაფუების უნარი), ქიმიურს (ყველანაირი ტოქსიკური და წყლის შედგენილობაზე ზემოქმედების უნარის მქონე ნივთიერებები) და ფიზიკურს (გათბობა, რადიოაქტიურობა).

**ბიოლოგიური დაბინძურება** იწვევს წყლის ძლიერ მონამვლას. წყლების მიკრობიოლოგიური დაბინძურების გამო გავრცელდა ისეთი დაავადებები, როგორცაა ინფექციური ჰეპატიტი, ქოლერა, ტიფი, დიზენტერია და ნაწლავური ინფექციები. აქედან გამომდინარე, მდინარეებისა წყალსატევების გამოყენება გაუნმენდავი ჩამდინარე წყლების ჩასაშვებად იწვევს სხვადასხვა ინფექციური დაავადებების გამომწვევი მიკრობების გამრავლებას.

გარდა ქალაქების ჩამდინარე წყლებისა, წყალსატევების ინტენსიური ბიოლოგიური დაბინძურება გამოწვეულია სამრეწველო საწარმოებიდან: ხორცკომბინატებიდან, რძის, შაქრის, ყველის და სხვა ქარხნებიდან.

ორგანული ნივთიერებებით წყლის დაბინძურების ძლიერი წყაროა ცელულოზა-ქაღალდის მრეწველობის საწარმოები. მაგალითად, საშუალო სიმძლავრის ცელულოზა-ქაღალდის კომბინატი იმავე ხარისხით აბინძურებს მიწისქვეშა წყალს, როგორც ქალაქი ნახევარმილიონიანი მოსახლეობით.

ორგანული ნივთიერებებით გამოწვეულ დაბინძურების ხარისხს აფასებენ ბაქტერიების მიერ 5 დღე-ღამის განმავლობაში ბიოქიმიური გზით გამოყენებული ჟანგბადის რაოდენობით. ამ გზით განისაზღვრება, თუ რა რაოდენობის ჟანგბადია საჭირო მიკროორგანიზმ-დესტრუქტორებისათვის 1 ლიტრ დაბინძურებულ წყალში არსებული არამდგრადი ორგანული ნივთიერებების სრული მინერალიზაციისათვის.

გამდინარე წყლებში ნარჩენების მოხვედრის შემთხვევაში სრულად ირღვევა ეკოსისტემები. ამასთან წყლის დინების მიმართულებით წარმოიქმნება 4 ზონა:

- 1) დეგრადაციის, სადაც ხდება მდინარის წყლების შერევა ნარჩენებთან;
- 2) აქტიური გახრწნის, სადაც ხდება აერობული და შემდეგ ანაერობული სოკოებისა და ბაქტერიების გამრავლება, რომლებიც არღვევენ ორგანულ ნივთიერებებს; თუ დაიხარჯება მთელი ჟანგბადი, ეს ზონა იქნება მთლიანად დასნეობვებული და მათში წარმოიქმნება აღდგენილი შენაერთები;
- 3) აღდგენის, სადაც თანდათან ხდება წყლის განმენდა და მისი საწყისი მდგომარეობის აღდგენა;
- 4) სუფთა წყლის ზონა.

ე.ი. წყლის ნაკადში მიმდინარეობს თვითგანმენდის პროცესი – გახსნილი და შეტივარებული ორგანული ნივთიერებები გადადიან არაორგანულ ნივთიერებაში.

ტბების, ჭაობების, ტბორებისა და სხვა დამდგარი წყლებისათვის დამახასიათებელია ზედაპირის შედარებით დიდი ფართობი და წყლების მოძრაობის მცირე სიჩქარეები. ამის გამო, წყალცვლის და მისი ჟანგბადით გამდიდრების პროცესი ნელა მიმდინარეობს. სამაგიეროდ ინტენსიურად მიმდინარეობს **ევტრიფიკაციის პროცესი**, რომელიც წარმოადგენს ტბების გამდიდრებას მინერალური მარილებით და ბიომასით.

## *ირაკლი მიქაძე*

წყლის რესურსების დაბინძურების ერთ-ერთი სახეა ადამიანის სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო საქმიანობა. საკმარისია წარმოვიდგინოთ, რომ დედამიწაზე წლის განმავლობაში გამოიყოფა ადამიანის 2,5 კმ<sup>3</sup> შარდი და 300 მლნ ტონა ფეკალური მასა, რომელთა რაოდენობაც მოსახლეობის ზრდასთან ერთად განუხრელად იზრდება. მათგან ნახევარზე მეტი გაუნმენდავი სახით საკანალიზაციო სისტემების საშუალებით ჩაედინება წყალსატევებში.

გარდა ამისა, ბევრად დიდი რაოდენობით ჩაედინება წყალსატევებში კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო და სამეურნეო ნარჩენები, რომლებიც გარკვეულწილად შეიცავენ ინფექციურ ბაქტერიებს. არანაკლებ საშიშია წარმოებასთან დაკავშირებული ნარჩენების წყალსატევებში მოხვედრა.

მინისქვეშა წყლების ხარისხი განპირობებულია როგორც ბუნებრივი, ასევე ანთროპოგენური ფაქტორებით. გაცილებით დიდი გავლენა აქვს ანთროპოგენურ ზემოქმედებას, რომელიც განპირობებულია მრეწველობის, ენერგეტიკის, სოფლის მეურნეობის, ტრანსპორტისა და კომუნალური მეურნეობის ინტენსიური განვითარებით. ამასთან ძირითადი დამაჭუჭყიანებელი წყაროებია სამრეწველო და სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები და დასვრის დიფუზიური წყაროები (მინერალური სასუქები, შხამქიმიკატები, კვამლი და სხვ.).

ნივთიერებები, რომლებიც აბინძურებენ წყალსატევებს, მინერალური, ორგანული და ბაქტერიოლოგიური წარმოშობისაა. მინერალურია: ქვიშა, თიხა, მარილის, მჟავების, ტუტეების, მინერალური ზეთების ხსნარები და ემულსიები. ორგანული შეიძლება იყოს მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის. არჩევნ მსუბუქმჟავა შენაერთებს (სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო, კვებისა და სხვა) და მძიმედმჟავა ხსნარებს (ქიმიური მრეწველობის).

ბაქტერიოლოგიურ დაბინძურებას იწვევს საფუარის, ობის სოკოების და ბაქტერიების სხვადასხვა მიკროორგანიზმები, მათ შორის დამავადებელნიც, რომლებიც არიან მხოლოდ ცხოველური წარმოშობის.

განსაკუთრებით მავნე ზეგავლენა აქვს გარემოზე ტოქსიკურ ნივთიერებებსა და კანცეროგენებს (ფიქალქიმიური და სხვა მრეწველობის ნარჩენები), რომლებიც ხელს უწყობენ სიმსივნეების წარმოშობას ცოცხალ ორგანიზმებში.

**ქიმიური დაბინძურება** მინისქვეშა წყლების დაბინძურების სახეობათა შორის ყველაზე გავრცელებული და ძნელად მოსაცილებელია. ქიმიური დაბინძურების სიდიდე განისაზღვრება ზღვრულად დასაშვები ნორმებით.

მინისქვეშა წყლების ქიმიური დაბინძურება ძირითადად დაკავშირებულია მრეწველობის, სოფლის მეურნეობის, საყოფაცხოვრებო და კანალიზაციის თხევად, გაზურ და მყარ ნარჩენებთან.

სამრეწველო ნარჩენების შემადგენელი ელემენტები და მათი შენაერთებია: რკინა, თუთია, ქრომი და სხვა მძიმე ლითონები, სულფატები, ქლორიდები, ციანიდები; ხოლო იმ შემთხვევაში, თუ საქმე გვაქვს რადიაქტიულ დაბინძურებასთან – ურანი, რადიუმი, სტრონციუმი და სხვ. ქიმიური მრეწველობის და ნავთობ-გადამამუშავებელი საწარმოების ნარჩენებია: ფენოლები, ალდეჰიდები, ცხიმოვანი მჟავები, აზოტის ნაერთები და სხვ.

სათანადო განმენდის არარსებობის შემთხვევაში წყალსატევები ყველაზე მეტად ბინძურდება: ნავთობგადამამუშავებელი, ქიმიური, ცელულოზა-ქაღალდის, მეტალურგიული, საფეიქრო და სხვა დარგების საწარმოების მიერ. მნიშვნელოვანი ზიანი შეუძლია მიაყენოს ბუნებრივსა და ხელოვნურ წყალსატევებს თბო- და ატომური ელექტროსადგურებიდან ჩამდინარე თბილმა წყლებმა, რადგან ამ მიზეზით ირღვევა წყალსატევების თერმული, ჰიდროქიმიური და ჰიდრობიოლოგიური რეჟიმები.

სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოებთან დაკავშირებული ნარჩენებია: ამიაკი, ფოსფორი, მაგნიუმი, სულფატები, ქლორიდები და სხვ. აქ შეიძლება ცალკე გამოიყოს მცენარეთა დაცვის მიზნით გამოყენებული ქიმიური ნივთიერებების ნარჩენები: დარიშხანი, ფტორი, სპილენძი, თუთია და სხვ.

საყოფაცხოვრებო ნარჩენები მრავალმხრივია. გარდა ბაქტერიოლოგიური დაბინძურებისა, ადგილი აქვს აზოტის ნაერთების, ქლორიდებისა და სხვა ნარჩენების გადასვლას მიწისქვეშა წყლებში (ფ. ბოჩევერი, 1979).

**სითბური დაბინძურება** ძირითადად დამახასიათებელია ქალაქის და სამრეწველო საწარმოების მიმდებარე ტერიტორიებისათვის, სადაც ხდება მაღალტემპერატურული თხევადი ნარჩენების მიწისქვეშ ჩაჟონვა. გრუნტის წყლების ტემპერატურის მომატება შეიძლება გამოიწვიოს საყოფაცხოვრებო ნარჩენების თვითაღებად ან მათმა ქიმიურად დაშლამ, ტყის ხანძრებმა და ა.შ.

სითბური დაბინძურების გავლენა უფრო ძლიერია წყლის გარემოზე. მდინარეებისა და ზღვის წყლების გათბობა გამოწვეულია ელექტროსადგურების კონდენსატორების გაგრილების გამო, როდესაც სისტემა მუშაობს ჩაუკეტავი ციკლით. მაგალითად, მონტროს (საფრანგეთი) თბოელექტროსადგური, რომლის სიმძლავრეა 750 მეგავატი, მუშაობს ქვანახშირის საწვავზე. იგი მოიხმარს მდ. სენის წყალს 28 მ<sup>3</sup>/წმ რაოდენობით, მაშინ როცა მდინარის მინიმალური ხარჯი შეადგენს 30 მ<sup>3</sup>/წმ-ს. ეს კი ნიშნავს, რომ მდინარის მცირე ხარჯის პერიოდში თითქმის მთელი მდინარე მიედინება კონდენსატორების გავლით.

გასული საუკუნის 60-იან წლებში აშშ-ში კონდენსატორების გასაგრილებლად გამოიყენებოდა 300x10<sup>9</sup> მ<sup>3</sup>/წელიწადში მოცულობის მდინარის წყალი, დიდ ბრიტანეთში – 18x10<sup>9</sup> მ<sup>3</sup>/წელიწადში, რომელთაგან 60% მოდიოდა ხმელეთის წყალზე.

განვითარებულ ქვეყნებში წყლის ნაკადების ტემპერატურის მომატებამ შეადგინა 6-9°C. წყლის ტემპერატურის მომატება იწვევს მასში გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობის შემცირებას. დადგენილია, რომ 20°C-ზე ჟანგბადი მცირდება 2%-ით.

გარდა ამისა, წყლის ტემპერატურის მომატების გამო, მასში არსებული ორგანიზმების მხრიდან იზრდება მოთხოვნილება ჟანგბადის მოხმარებაზე. წყლების თბური დაბინძურების გამო მცირდება აზოტისა და ნახშირორჟანგა გაზის შემცველობა. ეკოსისტემაში ამგვარი ჩარევა იწვევს თევზების გარკვეული სახე-

## ირაკლი მიქაძე

ობების დალუპვას და ფიტოპლანქტონსა და ზოოპლანქტონზე მკვეთრ უარყოფით ზემოქმედებას.

ორგანიზმებისათვის განსაკუთრებით საშიშია რადიოაქტიური ნარჩენები. მათი ჩაშვება წყალსატევებში დაუშვებელია. რადიოაქტიურ ნარჩენებს ათავსებენ სპეციალურ კონტეინერებში და მარხავენ მათთვის გამოყოფილ ადგილებში.

დედამინის ზედაპირი სხვადასხვა სახის გამოსხივების წყაროა, სახელდობრ, გამა-სხივებს შეიცავს სხვადასხვა ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტები: ურანი, რადიუმი, აქტინიუმი და სხვ. მათ გარდა წყალი და ნიადაგი შეიცავს 2 რადიოაქტიურ ელემენტს –  $K^{40}$  და  $C^{14}$ , რომლებიც ადვილად აღწევენ ცოცხალ ორგანიზმებში, ხოლო ატმოსფერო შეიცავს ინერტულ გაზს – რადონს, რომელიც წარმოადგენს რადიუმის დაშლის პროდუქტს.

დედამინაზე არსებული ორგანიზმები ბუნებრივ პირობებში იმყოფება რადიოაქტიური გამოსხივების გავლენის ქვეშ, რომლის ინტენსივობა მცირეა. ამასთან მაიონიზირებელი რადიაცია პოტენციური საშიშროებაა, განსაკუთრებით ბოლო ხანებში, როდესაც გაიზარდა ატომური ენერჯის გამოყენების არეალი როგორც სამხედრო, ასევე მშვიდობიანი მიზნებისათვის.

გამოსხივების დიდი დოზები იწვევს ორგანიზმების დალუპვას. ცოცხალი ორგანიზმების მგრძობელობა გამოსხივების მიმართ მით მეტია, რაც უფრო მაღალია მათი განვითარების დონე და რაც რთულია ორგანიზმის აგებულება. ორგანიზმების ასაკთან ერთად იზრდება გამოსხივების მიმართ წინააღმდეგობის განწევის უნარიც.

რადიოაქტიური ნაერთები, რომლებიც გაიფრქვევიან ატმოსფეროში, შემდგომში ხვდებიან ნიადაგში, მიწისქვეშა წყალში და ბიომასაში. ნიადაგში დაგროვების საუკეთესო პირობები გააჩნია ორ ძალზე მნიშვნელოვან რადიოაქტიურ ელემენტს – სტრონციუმ-90-სა და ცეზიუმ-137-ს.

ადამიანის საკვები დაბინძურებულია სხვადასხვა ხარისხით. ძლიერ ბინძურდება მეცხოველეობის პროდუქტები, რადგან  $^{90}\text{Sr}$  გროვდება რძეში, ხოლო  $^{137}\text{Cs}$  – რძესა და ხორცში.

ატომური მრეწველობა რადიოაქტიური დაბინძურების წყაროა, რომელსაც გააჩნია 3 ეტაპი:

1. ნედლეულის მოპოვებისა და გამდიდრების.
2. ნედლეულის რეაქტორებში გამოყენების.
3. ატომური სანვავის დანადგარების საშუალებით გადამუშავების პროცესი.

ამ ეტაპებიდან ყველაზე ინტენსიური დაბინძურება ხდება ბოლო ორ სტადიაზე. რეაქტორების მუშაობის პროცესში ხშირია 2 სახის დაბინძურება: ნორმალური მუშაობის პროცესში და ავარიის დროს.

ყველაზე საშიშია გაგრილების პირველადი ჯაჭვის რღვევა, რასაც შეუძლია გამოიწვიოს გულარის ნაწილობრივი გაღობა. აქ არ შეგვიძლია არ გავიხსენოთ ჩერნობილის ატომური ელექტროსადგურის ავარია, რომლის შედეგადაც დაბინძურდა ატმოსფერო, ნიადაგი და წყალი მთელი ევროპის მასშტაბით. დაბინძურების ტალღამ მოაღწია საქართველოშიც, კერძოდ გალის რაიონში, სადაც რადიო-



აქტიური დაბინძურების დონემ მკვეთრად აიწია როგორც ნიადაგში, ასევე ზედაპირულ და გრუნტის წყლებშიც.

კრიპტონ-85-ის გარდა, რომელიც ქიმიურად ინერტულია, ჰიდროსფეროში ხვდება რადიოაქტიური ნარჩენების უმეტესობა, რომელთაც გამოაფრქვევს ატომური მრეწველობა. შედეგად ბინძურდება როგორც წყალმცენარეები, ასევე ფაუნაც.

ამგვარად, ადამიანის ორგანიზმში ხვდება რადიოაქტიური ნარჩენები, რომელთა გავლენისაგან არავინ არ არის დაზღვეული.

მინისქვეშა წყლების დაცვა დაბინძურებისაგან აქტუალურია სასმელ-სამეურნეო და მინერალური წყლების საბადოებისათვის.

საბადოების ექსპლუატაციის პერიოდში მინისქვეშა წყლების დაცვა ხორციელდება სანიტარული დაცვის ზონებით, რომელიც გათვალისწინებულია ამ საბადოების ათვისების ლიცენზიების გაცემის დროს.

არჩევნ სანიტარული დაცვის 2 ზონას: I – მკაცრი და II – შეზღუდული რეჟიმის. I ზონის დანიშნულებაა უშუალოდ წყალამლები უბნის მკაცრი სანიტარული რეჟიმი. მისი ზომები არ არის დამოკიდებული ჰიდროგეოლოგიურ პირობებზე და ძირითადად განისაზღვრება წყალამლების ნაგებობის ზომებით. II ზონა უშუალოდ ეკვრის პირველს და იკავებს უფრო დიდ ტერიტორიას, ხოლო თუ ხდება მარაგების ხელოვნური შევსება, მაშინ მასში შედის საინფილტრაციო მოედნებიც. II ზონის დანიშნულებაა თავიდან იქნეს აცილებული დაბინძურების კერების გაჩენა იმ უბნებში, სადაც წყალშემცველ ჰორიზონტში შეიძლება მოხვდეს დაბინძურებული წყალი.

სანიტარული დაცვის ფორმა და ზომები დამოკიდებულია შემდეგ ფაქტორებზე:

- 1) მინისქვეშა წყლების დამაბინძურებელ გარემოებათა ხასიათსა და საშიშროებებზე;
- 2) წყალშემცველი ჰორიზონტის ჰიდროგეოლოგიურ პირობებზე;
- 3) წყალამლების ტიპზე და მის რეჟიმზე.

ამრიგად, მინისქვეშა წყლების დაცვა აქტუალური სოციალურ-ეკონომიკური პრობლემაა, მასზეა დამოკიდებული მოსახლეობის ფიზიკური მდგომარეობა, ჯანმრთელობა და შრომისუნარიანობა. მიუხედავად ამისა, ჯერ კიდევ ადგილობრივი და სამეურნეო ორგანიზაციები არ აქცევენ სათანადო ყურადღებას დაბინძურების საკითხებს, რასაც შეიძლება მოჰყვეს გაუთვალისწინებელი შედეგები. ამ საქმეში თავისი სიტყვა უნდა თქვან სანიტარული დაცვისა და ექსპერტიზის ორგანოებმა. სანიტარული პირობების დამრღვევთა მიმართ საჭიროა გატარდეს კანონით გათვალისწინებული საჯარიმო და ადმინისტრაციული ღონისძიებები.

## ლიტერატურა

1. ლ. ბაღდავაძე, ზ. კიკვაძე, თ. კოროშინაძე, ბ. მიგინეიშვილი, ვ. შარაშენიძე, დ. ჩხაიძე. ბორჯომის მინერალური წყლის საბადოს საექსპლუატაციო მარაგების და რეჟიმის თანამედროვე მდგომარეობა. ჰიდროგეოლოგიის და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტის შრ. კრებული, ტ. XVI, 2007.
2. Биндеман Н.Н. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. Госгеолтехиздат. Москва, 1963.
3. Боचेвер Ф.Н. и др. Защита подземных вод от загрязнения. М., Недра, 1979.
4. Буачидзе Г.И. Тепловое поле и газовый состав подземных вод Грузии. Докт. дисс. Тбилиси. ТГУ, 1975.
5. Буачидзе Г.И., Микадзе И.П. Новая схема гидрогеолого-мелиоративного районирования. Журнал «Гидротехника и Водное хозяйство», №12. Москва, 2004.
6. Буачидзе И.М. Гидрогеологическое районирование. М. Недра, 1970.
7. Буачидзе И.М., Чихелидзе С.С. Термальные воды Грузии. Сб. «Проблемы геотермии и практического использования тепла земли», т. 8. Изд.АН СССР, 1961.
8. Буачидзе И.М. Зональность распространения подземных вод в горно-складчатых областях на примере Грузии. Тр. НИЛ гидр. и инж.-геол. проблем. Тб. 1962, №1.
9. Буачидзе И.М. Некоторые закономерности распространения подземных вод в горноскладчатых областях. Тр. НИЛ гидрогеологических и инженерно-геологических проблем, №2, Тбилиси, 1963.
10. Буачидзе И.М. Инженерно-геологическая характеристика территории Грузии и некоторые проблемы технической мелиорации грунтов. Мат. IV Всесоюз. сов. по закреп. и уплот. грунтов, Тбилиси, 1964.
11. გ. ბუაჩიძე, ბ. ზაუტაშვილი, ბ. მხეიძე. საქართველოს ჰიდროგეოლოგიური დარაიონების საკითხისათვის. ჰიდროგეოლოგიის და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტი. მეცნიერება, 2003.
12. ვარაზაშვილი ლ., ზვიადაძე უ. სარწყავი მასივების მელიორაციული ჰიდროგეოლოგია. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 1999.
13. Владимирова А.Г. Мелиоративная гидрогеология. Госгеолтехиздат, М., 1960.
14. Владимирова Л.А. Водный баланс Большого Кавказа. Изд. «Мецниереба», Тбилиси, 1970.
15. Всеволожский В.А. Основы гидрогеологии. МГУ, 1991.
16. Гидрогеология СССР, т.Х. Грузинская ССР, М., Недра, 1970.
17. Гидрогеология СССР, сводный том. Вып. 1. Москва, 1976.

18. Горшков И.Ф. Основы гидрогеологических расчетов. Л. Гидрометеиздат, 1979.
19. Джanelidze Ч.П. Микадзе И.П. Свидетельства среднеюрмской трансгрессии в верхнеплейстоценовых отложениях Колхидской низменности. Сообщ. АН ГССР, 77, №2, 1975.
20. Девис С. Гидрогеология. М., Мир, 1970.
21. Зауташвили. Б.З. и др. Колхидская низменность. Природные условия и социально-экономические аспекты. Гидрометеиздат, Ленинград, 1989.
22. ზაუტაშვილი ბ., მხეიძე ბ., ხარატიშვილი ლ. რეგიონალური ჰიდროგეოლოგია. საქ. ტექნ. უნივერსიტეტის გამომც., თბილისი, 2003.
23. ბ. ზაუტაშვილი. ზოგადი ჰიდროგეოლოგია. თსუ, 1997.
24. Звиададзе У. И. Гидрогеологические условия орошения Ширакской равнины (Вост. Грузия), Сообщ. АН ГССР, 83, 12, 1978.
25. Климентов П.П. Общая гидрогеология, М, Недра, 1977.
26. Микадзе И.П. К вопросу о роли подземных вод в переувлажнении почв Колхиды. «Гидротехника и мелиорация», №4, 1976.
27. Микадзе И.П. Гидрогеолого-мелиоративное районирование центральной части Колхидской низменности. Сб. тр. ВСЕГИНГЕО, XIX, М., 1977.
28. მიქაძე ი. ნავთობი და გაზი. კავკასია. „ცოტნე“, 2002.
29. მიქაძე ი. კოლხეთის დაბლობის მეოთხეული ნალექების გრუნტის წყლების რეჟიმი. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტის კრებული, XIV, თბილისი, 2003.
30. მიქაძე ი. კოლხეთის დაბლობის მეოთხეული ნალექების გრუნტის წყლებისა და წნევიანი წყლების ურთიერთკავშირი. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტის კრებული, XIV, თბილისი, 2003.
31. ბუაჩიძე გ., მიქაძე ი. ჰიდროგეოლოგიურ-მელიორაციული დარაიონება. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდროგეოლოგიის და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტის კრებული, XIV, თბილისი, 2003.
32. მიქაძე ი. კოლხეთის დაბლობის ცენტრალური ნაწილის მეოთხეული ნალექების წნევიანი წყლების გრუნტის წყლებში გადადინების რაოდენობრივი შეფასება ჰიდროდინამიკური რუკის მიხედვით. ჟურ. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №7-9, თბილისი, 2003.
33. მიქაძე ი. კოლხეთის დაბლობის ცენტრალური ნაწილის მეოთხეული ნალექების წნევიანი წყლების გრუნტის წყლებში გადადინების რაოდენობრივი შეფასება წყალგამტარობის რუკის მიხედვით. ჟურ. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №10-12, თბილისი, 2003.
34. მიქაძე ი. კოლხეთის დაბლობის ცენტრალური ნაწილის მეოთხეული ნალექების წნევიანი წყლების გრუნტის წყლებში გადადინების რაოდენობრივი შე-

## ირაკლი მიქაძე

ფასება რეჟიმული დაკვირვებების მიხედვით. ჟურ. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“ №1-3, თბილისი, 2004.

35. მიქაძე ი. მდინარეების ხრამისა და დებედის სარწყავი მასივების ჰიდროგეოლოგია. ჟურ. „მეცნიერება და ტექნოლოგიები“, №4-6, თბილისი, 2004.

36. მიქაძე ი. შიდა ქართლის სარწყავი მასივების ჰიდროგეოლოგია. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის კრებული, №2(452), თბილისი, 2004.

37. მიქაძე ი. დიდი შირაქის ველის ჰიდროგეოლოგიურ-მელიორაციული პირობები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის კრებული, №2(452), თბილისი, 2004.

38. მიქაძე ი. კოლხეთის ჭაობების მიწისქვეშა კვების რაოდენობრივი შეფასება. სტუ, 2004.

39. Микадзе И. П., Иосебидзе Дж. Г. Микадзе З. И. Орошение и осушение – значительный фактор влияния на окружающую среду. Горный журнал. №1(14), 2005.

40. მიქაძე ი., მიქაძე ზ., გუგუშვილი თ. მესხეთის ქვეოლქის ახალციხის მთიანეთისა და ახალციხის ქვაბურის სარწყავი მასივების ჰიდროგეოლოგიურ-მელიორაციული დარაიონება. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტის კრებული, XV, თბილისი, 2005.

41. მიქაძე ი. გარემოს დაცვის პრობლემები და საერთაშორისო კონვენციები. საქ. ხარისხის მართვის უნივერსიტეტის სამეც. შრ. კრებული, მეცნიერება, თბილისი, 2006.

42. ჯანელიძე ზ., მიქაძე ი. ქობულეთის ზღვისპირა ვაკის პალეოგეოგრაფია და წყლით საზრდოობის პირობები. ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტის შრ. კრებული, ტ. XVI, თბილისი, 2007.

43. ჯანელიძე ზ., მიქაძე ი. ნაბადას ჭაობის განვითარების ისტორია და წყლით საზრდოობის პირობები. ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, ტ. XVI, თბილისი, 2007.

44. ი. მიქაძე. ეკოლოგია. I გამოცემა. საქ. ხარ. მართ. უნივ., თბილისი, 2005.

45. ი. მიქაძე. ეკოლოგია. III გამოცემა. საქ. ხარ. მართ. უნივ., თბილისი, 2007.

46. მიქაძე ი. ადამიანი და ეკოლოგია – პრობლემები და პერსპექტივები. „ორნატი“. თსაუ-ს გამომც., თბილისი, 2009.

47. Овчинников А.М. Общая гидрогеология, М. Госгеолтехиздат, 1955.

48. Пиннекер Е.В. Проблемы региональной гидрогеологии. М. Наука, 1977.

49. Саваренский Ф.П. Гидрогеология. М. Л. ОНТИ. 1935.

50. Харатишвили Л. А. К вопросу формирования напорных вод четвертичных отложений Колхидской низменности. Тр. КИМС, вып. VI (8), 1,4,1961.

51. Pyngenoldus I.C. Water resources and regional land-use plan. Journal of the Sanitary Engineering Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, v. 96, №6, 1970.

52. Khan M.I., Don Kirkhana. Spacing of drainage wells in a layered aquifer – “Water Resour. Res.”. v.7, №1, 1971.

53. Gillespie Morris S. Runoff goes underground. "Soil Conserv.", №3, 1972.
54. I. Mikadze. Total Water Balance of Quaternary Sediments Surface and Underground Waters of Central Part of Kolkheti Lowland. Bulletin of the Georgian Academy of Sciences, v. 169, №2, Tbilisi, 2004.
55. I. Mikadze. Total Water Balance of Sediments Surface and Underground Waters of Central Part of Kolkheti Lowland. Bulletin of the Georgian Academy of Sciences, v. 169, №2, March-April, 2004, pp. 321-323.
56. I. Mikadze. Hydrogeological Principles of Division into Districts of Irrigated and Drained Massifs of Georgia. Bulletin of the Georgian Academy of Sciences, v. 170, №3, November-December, 2004, pp. 544-546.
57. I. P. Mikadze, Ch.P. Dzhanlidze. Stratigraphic and Chronological Records of the Middle Wurm (Middle Wisconsinan) Sea Transgression in Sediments of the Black Sea Coast, Georgia. ISSN 0869-5938, Stratigraphy and Geological Correlation, 2006, Vol. 14, №1. pp.102-103. © MAIK "Nauka/Interperiodica".
58. I. Mikadze. Influence of Irrigation and Drainage on the Environment. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, v. 173, №3, May-June, 2006, p. 530-532.
59. Z. Ch. Dzhanlidze, I.P. Mikadze. Stratigraphy and Water Supply Conditions of the Kobuleti Peat Bog. Stratigraphy and Geological Correlation. Vol. 15, №4, pp. 437-439. 2007.



**საინჟინრო გეოლოგია**





## შესავალი

### საინჟინრო გეოლოგიის საბანი, ამოცანები და მეთოდები

საინჟინრო გეოლოგია არის მეცნიერება სხვადასხვა ტიპისა და დანიშნულების ობიექტთა მშენებლობისა და ტერიტორიის სამეურნეო გამოყენების გეოლოგიური პირობების შესახებ.

საინჟინრო გეოლოგია მოიცავს შემდეგ ძირითად ნაწილებს:

– **საინჟინრო პეტროლოგია**, ანუ **გრუნტმცოდნეობა**, სწავლობს ქანების სხვადასხვა გენეტიკური და პეტროგრაფიული ტიპების შედგენილობას, აგებულებას, ფიზიკურ-მექანიკურ და ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებს.

საინჟინრო პეტროლოგიის ძირითადი ამოცანაა ქანების თვისებათა შესწავლა, ე.ი. ყველა იმ პროცესისა, რომელიც განაპირობებს მათ ფიზიკურ მდგომარეობას და თვისებებს ნარმოშობისა და დედამიწის ქერქში შემდგომი არსებობის პერიოდში.

გრუნტმცოდნეობის ჩამოყალიბება-განვითარებაში დიდი წვლილი მიუძღვით მეცნიერებს: მ. ფილატოვს, თ. სავარენსკის, ვ. პრიკლონსკის, ე. სერგეევს, ვ. ლომთაძეს და სხვ.

ქანი და გრუნტი ურთიერთშესატყვისი ტერმინებია და მათ თანაბარი მნიშვნელობით იყენებენ საინჟინრო გეოლოგიაში. საინჟინრო-სამშენებლო საქმეში ნებისმიერ ქანს, რომელიც გაიკვეთება სამთო გამონამუშევრებით და გამოიყენება სამშენებლო მასალად ან იმყოფება საინჟინრო ღონისძიებათა და ნაგებობათა ზეგავლენის სფეროში, უწოდებენ გრუნტს.

გრუნტი ყოველი ქანის პირობითი გამოყენებითი სახელწოდებაა. საინჟინრო გეოლოგიის დარგს ხშირად უწოდებენ გრუნტმცოდნეობას. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ეს ტერმინი არ არის გეოლოგიური, იგი არ ასახავს ქანების შესწავლისადმი არც გეოლოგიურ, არც პეტროგრაფიულ მიდგომას და არ შეესატყვისება საგნის თანამედროვე შინაარსს. ამიტომ საინჟინრო გეოლოგიის მიმართულებას, რომელიც ახდენს სპეციალიზებულ პეტროგრაფიულ შესწავლას, უფრო სწორი იქნება ვუწოდოთ საინჟინრო პეტროლოგია.

– **საინჟინრო გეოდინამიკა** სწავლობს როგორც ბუნებრივ, ასევე საინჟინრო ნაგებობებით გამოწვეულ გეოლოგიურ პროცესებს ამა თუ იმ ადგილის მდგრადობაზე შესაძლო გავლენის შესაფასებლად, იკვლევს მშენებლობის პირობებს ნაგებობათა მდგრადობაზე და შეიმუშავებს დამცავ საინჟინრო ღონისძიებებს.

– **სპეციალური საინჟინრო გეოლოგია** სწავლობს სამრეწველო, სამოქალაქო, საგზაო, ჰიდროტექნიკურ, მინისქვეშა და სხვა ობიექტთა მშენებლობის მიმდინარეობას სხვადასხვა გეოლოგიურ პირობებში, შეიმუშავებს საინჟინრო-

## *ირაკლი მიქაძე*

გეოლოგიური კვლევის მეთოდებს და სამშენებლო მოედნების საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების გასაუმჯობესებელ სპეციალურ ღონისძიებებს.

– **რეგიონული საინჟინრო გეოლოგია** არსებული მასალების განზოგადებისა და სპეციალური კვლევების საფუძველზე სწავლობს ცალკეული რეგიონების საინჟინრო-გეოლოგიურ პირობებს.

საინჟინრო გეოლოგიის კონკრეტული გამოყენებითი ამოცანებია:

– იმ ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური შესწავლა, რომლებიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სხვადასხვა ნაგებობათა ბუნებრივ საფუძველად, გარემოდ და საშენ მასალად;

– იმ გავლენის შეფასება, რომელსაც ქანების გენეზისი ახდენს მათ ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე და მათ შემდგომ გარდაქმნებზე დედამიწის ქერქში;

– საინჟინრო ნაგებობებზე მოქმედი გეოლოგიური პროცესებისა და მოვლენების, აგრეთვე მათი წარმოშობისა და განვითარების ხელშემწყობი მიზეზებისა და ფაქტორების შესწავლა;

– გეოლოგიური პროცესებისა და მოვლენების კვლევის, მათი ხარისხობრივი და რიცხობრივი შეფასების მეთოდების დამუშავება;

– სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების შესწავლა სამთო წარმოებების მშენებლობის პროექტების დასასაბუთებლად;

– საბადოების დამუშავების პროცესში, მიწისქვეშა გვირაბებისა და კარიერების ფერდობების მდგრადობის უზრუნველყოფა;

– საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევის ახალი საველე მეთოდების დამუშავება და არსებულის სრულყოფა საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვის, საძიებო და საცდელი სამუშაოების, სტაციონარული დაკვირვებებისა და სხვა მეთოდების გამოყენებით;

– საინჟინრო-გეოლოგიური რუკების, ჭრილებისა და სხვა მასალების შედგენის მეთოდების დამუშავება;

– არსებული ეფექტური საინჟინრო ღონისძიებების შესწავლა და ახლის დამუშავება ნაგებობის მდგრადობის უზრუნველსაყოფად და სხვადასხვაგვარი გეოლოგიური მოვლენების მავნე გავლენისაგან მათ დასაცავად.

საინჟინრო გეოლოგია, როგორც მეცნიერება, შეისწავლის სხვადასხვა ობიექტთა მშენებლობისათვის გამოყოფილი რაიონების გეოლოგიურ პირობებს და არსებულ ნაგებობათა გავლენას ბუნებრივი გეოლოგიური პირობების ცვლილებაზე.

იმისათვის, რომ სწორად შევაფასოთ მშენებლობისათვის გამოყოფილი ტერიტორიის გეოლოგიური პირობები და გავაკეთოთ ნაგებობათა ზეგავლენით გამონვეული პირობების შეცვლის პროგნოზი, საინჟინრო გეოლოგიაში პირველ რიგში იყენებენ **გეოლოგიურ მეთოდს**, რომელიც წარმოადგენს ამ ტერიტორიის ბუნებრივ-ისტორიული განვითარების ანალიზს.

მაგრამ მხოლოდ გეოლოგიური მეთოდის გამოყენება არ არის საკმარისი. თანამედროვე მშენებლობა მოითხოვს არა მარტო თვისობრივ, არამედ რაოდენობრივ შეფასებასაც.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების პროცესში დიდ როლს ასრულებს **ექსპერიმენტული მეთოდი**, რომელიც შედგება ლაბორატორიული, საველე, საცდელი სამუშაოებისა და სტაციონალური დაკვირვებებისაგან. ე.ი. გეოლოგიური პირობების შესწავლასთან ერთად ექსპერიმენტული სამუშაოების საშუალებით ვლელობთ ქანებისა და გეოლოგიური მოვლენების რაოდენობრივ დახასიათებას.

საინჟინრო გეოლოგია სარგებლობს აგრეთვე **ანალოგიის მეთოდით**, რაც გულისხმობს დაახლოებით ერთნაირ გეოლოგიურ პირობებში მყოფ სხვადასხვა ტერიტორიებზე უკვე არსებული კვლევის მასალების გავრცელებას. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ამ შემთხვევაშიც აუცილებელია გარკვეული საველე და ექსპერიმენტული სამუშაოების ჩატარება.

ზოგ შემთხვევებში, როდესაც საქმე გვაქვს დასაპროექტებელ ნაგებობათა გრანდიოზულობასთან ან გეოლოგიური პირობების, პროცესების და მოვლენების სირთულეებთან, იყენებენ **მოდელირების მეთოდს**. ლოგიკურ, ნივთიერ მოდელს აგებენ ლაბორატორიულ ან საველე პირობებში ამა თუ იმ მასალისაგან, რომელთა გამოცდის შედეგების მიხედვით მსჯელობენ მოდელირებულ ობიექტებზე და მოვლენებზე, ლეზულობენ მათ თვისებრივ და რაოდენობრივ დახასიათებას.

რადგან ზემოთ ჩამოთვლილი მეთოდები ყოველთვის არ იძლევა გეოლოგიური პირობების და მოვლენების სრულყოფილ რაოდენობრივ შეფასებას, ამიტომ საინჟინრო გეოლოგია ფართოდ იყენებს **განგარიშებით-თეორიულ მეთოდს**, რომელიც აუცილებელია გეოლოგიური მოვლენების განვითარების რაოდენობრივი პროგნოზისათვის.

საინჟინრო გეოლოგია დაკავშირებულია ყველა გეოლოგიურ მეცნიერებასთან, ამავე დროს არსებითად განსხვავდება მათგან გეოლოგიური მოვლენების ახსნით, მათი შესწავლის მეთოდიკით და კვლევის შედეგების გამოხატვის ფორმით.

საინჟინრო გეოლოგია განსაკუთრებით მჭიდროდაა დაკავშირებული **ჰიდროგეოლოგიასა და პეტროგრაფიასთან**.

მინისქვეშა წყლები უმეტესი გეოლოგიური პროცესების და მოვლენების წარმოქმნის მიზეზი და მათი განვითარების ხელშემწყობი ფაქტორია. გარდა ამისა ამჟამად აღიარებულია, რომ ქანების ყველა თვისება დამოკიდებულია მათ მინერალურ შედგენილობაზე, სტრუქტურაზე, ტექსტურაზე და სხვა პეტროგრაფიულ თვისებებზე, რომელთა გარეშე შეუძლებელია ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების სწორი შეფასება.

ქანების გეოლოგიურ-პეტროგრაფიული და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესასწავლად არ არის საკმარისი მხოლოდ ლაბორატორიული კვლევები, არამედ აუცილებელია საველე გეოლოგიური დაკვირვებებიც. ე.ი. საინჟინრო-გეოლოგიური შესწავლა უნდა ატარებდეს სპეციალიზებულ პეტროგრაფიულ ხასიათს.

საინჟინრო გეოლოგია ასევე ფართოდ იყენებს საინჟინრო-ტექნიკურ მეცნიერებათა დასკვნებსა და მიღწევებს, პირველ რიგში, სამშენებლო მექანიკის ნაწილებს – **გრუნტების მექანიკასა და ქანების მექანიკას**. პირველი სწავლობს ფხვიერ ქვიშათიხოვან ქანებს, მეორე – მყარი ქანების ქცევას დატვირთვების ქვეშ.

### *ირაკლი მიქაძე*

გრუნტების მექანიკა და ქანების მექანიკა ქანებს განიხილავს როგორც ფიზიკურ-მექანიკურ სისტემებს, შეისწავლის ცვლილებებს, რომელნიც ამა თუ იმ სისტემაში მიმდინარეობს დაძაბულობის განაწილებით დატვირთვის შედეგად და მათ მიერ გამოწვეულ დეფორმაციებს. გარდა ამისა, მუშავდება ქანების დეფორმაციის განსაზღვრის მეთოდები მათი სიმტკიცის, მდგრადობის და იმ წნევის შეფასების თვალსაზრისით, რომელთაც განიცდის ქანები.

გრუნტების მექანიკის და ქანების მექანიკის საშუალებით ახდენენ ქანების მექანიკურ თვისებებზე გეოლოგიური პროცესების გავლენის და ამა თუ იმ ნაგებობის გეოლოგიური მოვლენების რაოდენობრივ შეფასებას კონკრეტულ გეოლოგიურ პირობებში.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ინჟინერ-გეოლოგს უნდა ჰქონდეს მიღებული ზოგადთეორიული გეოლოგიური განათლება, ამასთან ერთად იგი უნდა ფლობდეს საინჟინრო-ტექნიკური ცოდნის საფუძვლებს.

## თავი I

### საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ისტორია საქართველოში

გასული საუკუნის 20-იანი წლების ბოლოს საქართველოში ფართოდ გაიშალა ჰიდროტექნიკური, სარკინიგზო, საავტომობილო და სამრეწველო-სამოქალაქო მშენებლობა, რამაც განაპირობა საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ჩატარების აუცილებლობა.

ამ სამუშაოებს კონსულტაციებს უწევდნენ და ხელმძღვანელობდნენ: ფ. სავარენსკი (ზაჰესი), ვ. ზაკომორნი (რიონჰესი), ი. ბუაჩიძე (ანჰესი), ბ. მეფერტი (მდინარეების – მტკვრის, რიონის, ენგურის, ცხენისწყალის ჰიდროენერგეტიკული გამოყენების სქემები), ს. ლუკაშევიჩი და ვ. სტრახოვი (მდ. მტკვრის ზემო წელი).

ჰიდროტექნიკურ სამუშაოებთან დაკავშირებული იყო მაღალვოლტაჟიანი გადაცემის ხაზების საინჟინრო-გეოლოგიური გამოკვლევები, რომლებსაც ხელმძღვანელობდნენ: ა. ჯანელიძე, ი. ბუაჩიძე, პ. გამყრელიძე, გ. ჯილაური, ბ. კერესელიძე და სხვ.

გასული საუკუნის 30-იან წლებში შესწავლილ იქნა ხრამჰესი-1 (გ. ჯილაური, გ. ნუღეისკერი, ი. ბუაჩიძე, ბ. კერესელიძე, კ. დემანია), ჩითახევჰესის (გ. ჯილაური, ა. დევდარიანი) და ბჟუჟაჰესის (გ. გაგლოვეი) მშენებლობის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები.

სარკინიგზო და საავტომობილო გზების მშენებლობისათვის შესრულდა საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოები „კავკაზპროტრანსის“ და „გზაპროექტის“ მიერ, რომლებსაც ხელმძღვანელობდნენ: ი. ნაცვლიშვილი, გ. ერისთავი, ა. მენთეშაშვილი, ვ. ბლაგოვეშჩენსკი, შ. სიგუა, ნ. ფანჯავიძე, მ. ზალდასტანიშვილი, დ. დობროვოლსკი და სხვ.

საქართველოს მასშტაბით მელიორაციული სამუშაოების დასაბუთებისათვის 1930-1940 წლებში საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოები შესრულებულ იქნა ს. ელერდაშვილის და მ. ლაჭავას მიერ.

1926 წელს, ქ. თბილისის სამშენებლო სამუშაოების დაგეგმვის პროცესში, ა. ჯანელიძის ხელმძღვანელობით, შესწავლილ იქნა ქალაქის ტერიტორიაზე არსებული მენყრები. შემდგომში საინჟინრო-გეოლოგიურ სამუშაოებს ქალაქის ფარგლებში აწარმოებდნენ შემდეგი ორგანიზაციები: „თბილპროექტი“ (გ. ჯაფარიძე, ვ. გორსკი), „ტნისგეი“ (ი. გრძელიშვილი, ა. საფარიანი) და „საქგეოლოგია“ (პ. ქვარცხავა, ი. ბუაჩიძე). საქართველოს დანარჩენ ქალაქებში და რაიონებში საინჟინრო-გეოლოგიურ სამუშაოებს აწარმოებდა „გიპროგორსტროი“ (კ. გაბუნია) და „საქსახპროექტი“ (ს. ჩიჩუა, ვ. ნაცვლიშვილი).

## *ირაკლი მიქაძე*

მეორე მსოფლიო ომის შემდგომ პერიოდში მსხვილი ობიექტების: ხრამჭესი – II, დარიალჭესის, ლაჯანურჭესის, ნამახვანჭესის, შაორჭესის, ტყიბულჭესის, ჟინვალჭესის და ენგურჭესის მშენებლობის პროცესში ფართოდ გაიშალა საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოები, რომელთაც აწარმოებდნენ „საქჰიდროპროექტი“ და „საქჰიდროენერგომშენი“. გარდა ამისა, „საქსახწყალის“ სპეციალისტების მიერ საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები შესრულდა სამგორის, მარნეულის, მუხრანის, ალაზნის და სხვა სარწყავ სისტემებზე.

მნიშვნელოვანი საინჟინრო-გეოლოგიური სამუშაოები შესრულდა სარკინიგზო და საავტომობილო გზების მშენებლობასთან დაკავშირებით შავი ზღვის სანაპიროზე, რუსთავის მეტალურგიული კომბინატის და თბილისის ახალი საცხოვრებელი მასივების მშენებლობებთან დაკავშირებით.

1951-1952 წლებში საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები ჩატარდა თბილისის მეტროპოლიტენის გაყვანასთან დაკავშირებით (გ. ჯაფარიძე, შ. ჩუბინიძე, კონსულტანტები ი. ბუაჩიძე და პ. გამყრელიძე).

1952-1959 წლებში მიმდინარეობდა საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები თბილისის წყალსაცავის კაშხლის დეფორმაციასთან დაკავშირებით (ი. ბუაჩიძე, ს. ხლებნიკოვი, ე. ჯავახიშვილი, გ. ჭოხონელიძე). 1958 წელს გამოიკვლიეს ახალციხის მურა ნახშირის საბადოს სამთო გამონამუშევრების დეფორმაციის მიზეზები (დ. ჩხეიძე).

1960 წელს ი. ბუაჩიძემ დაასრულა სამუშაოები, რომლებიც დაკავშირებული იყო საქართველოს საინჟინრო-გეოლოგიური დარაიონების საკითხთან, რის საფუძველზეც შედგენილ იქნა საქართველოს საინჟინრო-გეოლოგიური რუკა.

1962-1967 წლებში გ. არეშიძის, ე. ჯავახიშვილის, გ. ჭოხონელიძის, კ. ჯანჯღავას, გ. გველესიანის და გ. პეტრიაშვილის მიერ შესწავლილ იქნა ძირულის მასივის სამხრეთი ნაწილის რეგიონალური საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები და შავი ზღვის სანაპიროს მენყრული სხეულები.

1963 წელს ი. ბუაჩიძის, გ. ჯილაურის, ს. კერესელიძის და ვ. ჭუმბურიძის მიერ შესწავლილ იქნა ენგურჭესის მიმდებარე ტერიტორიის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები, რის შედეგად მშენებლებს მიეცათ რეკომენდაციები ცარცული ასაკის კირქვებში არსებული ნაპრალებისა და კარსტული ფორმების გამაგრების ღონისძიებების შესახებ. ეს რეკომენდაციები წარმატებით იქნა გამოყენებული ენგურჭესის თაღოვანი კაშხლის საძირკვლის, სადერივაციო გვირაბის მშენებლობის და წყალსატევის ნაპირების გამაგრების პროცესში.

1964 წლიდან, ი. ბუაჩიძის ხელმძღვანელობით, მიმდინარეობდა შავი ზღვის სანაპირო ზოლისა და შელფის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების შესწავლა სანაპირო ზოლის გამაგრებისა და საკურორტო-სამეურნეო ათვისების მიზნით. მიღებული შედეგები წარმატებით იქნა გამოყენებული შავი ზღვის სანაპიროს გამაგრების გენერალური სქემის შედგენის დროს.

## თავი II

### ქანების შესწავლისა და კლასიფიკაციის პრინციპები

**პეტროგრაფია**, დედამიწის ქერქის აგებულებისა და სასარგებლო წიაღისეულის გავრცელებაში კანონზომიერებათა დადგენის მიზნით, განიხილავს ქანების წარმოქმნის პროცესებს, მათი განლაგების პირობებს, შედგენილობას, შინაგან აგებულებასა და სხვა ნიშნებს.

სამშენებლო საქმის პრაქტიკული ამოცანები ასევე მოითხოვს ქანების შესწავლას მათი სიმტკიცის, დეფორმირებადობის, მდგრადობისა და წყალშეღწევადობის გამოსაკვლევად.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევებით სწავლობენ ქანების შედგენილობის, აღნაგობის და თვისებათა იმ თავისებურებებს, რომლებიც განსაზღვრავენ მათ სიმტკიცეს, დეფორმირებადობას, მდგრადობას და წყალშეღწევადობას. აუცილებელია აგრეთვე ხელოვნური ფაქტორების გათვალისწინება, რომლებიც წარმოიქმნება სხვადასხვა ნაგებობების მშენებლობისას მინისქვეშა გამონამუშევრებით ქანების გახსნის დროს. ამ დროს გასათვალისწინებელია ზედაპირული და მინისქვეშა წყლების გავლენა, ქანების ტენიანობის და ტემპერატურული რეჟიმის ცვალებადობა და ა.შ.

საინჟინრო-გეოლოგიური შესწავლის დროს არსებობს განსაზღვრული მიმართულებები, რომლებიც მოითხოვენ:

1) ქანების მთელი ჭრილის დეტალურ შესწავლას ნაგებობის ქვეშ აქტიური ზონის ან მისი გავლენის სფეროში;

2) ჭრილში ქანების ყველა სახესხვაობის გამოყოფას, რომლებიც არსებითად განსხვავდება თავისი პეტროგრაფიული ნიშნებით და სამშენებლო თვისებებით, განსაკუთრებით სამშენებლო თვალსაზრისით ქანების სუსტი სახესხვაობების გამოყოფას;

3) ქანების არა მარტო პეტროგრაფიულ ნიშან-თვისებათა, არამედ მათი ფიზიკური მდგომარეობისა და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესწავლას;

4) ქანების შესწავლას მათი განლაგების, აგებულების, ტენიანობის და განყოფილების ბუნებრივ პირობებში და ა.შ.; იმ შემთხვევაში, თუ ქანები გამოიყენება საშენ მასალად, მათი გამოკვლევა შეიძლება დაშლილ მდგომარეობაშიც;

5) ნაგებობის გავლენით ქანების შედგენილობის, მდგომარეობისა და თვისებების ცვალებადობის აღრიცხვას და გამოკვლევას და ამ ცვალებადობის პროგნოზს;

## *ირაკლი მიქაძე*

6) ქანების თვისებების კვლევისას ახალი სპეციალური ლაბორატორიული და საველე მეთოდების ფართოდ გამოყენებას.

7) საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესების: მდინარის ეროზიული მოქმედება, ზღვის აბრაზია, ქანების გამოფიტვა, სელი, მენყერი, ზვავი, კარსტი, სუფოზია, თანამედროვე ტექტონიკური მოვლენები და სხვათა შესწავლას, რომლებიც საინჟინრო გეოდინამიკის ძირითადი ამოცანაა.

კვლევის წინასწარ სტადიაზე ქანების თვისებები ხასიათდება განზოგადებული საშუალო მაჩვენებლებით. ამ სტადიაში მათი საინჟინრო-გეოლოგიური შესწავლა უმთავრესად მიმდინარეობს საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვისას და მისი თანმხლები უმნიშვნელო საძიებო და ლაბორატორიული სამუშაოების პროცესში.

დეტალური კვლევის სტადიაში სამშენებლო მოედნის შერჩევისას ან ცალკეულ ნაგებობათა ფარგლებში ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური შესწავლა გულისხმობს ნალექების და ფენების (სტრატოფიკაცია) თანამიმდევრობის საბოლოო დადგენას, ქანის ყოველი სახესხვაობის განლაგების პირობების გამოკვლევას, მათი პეტროგრაფიული თავისებურებების და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების დეტალურ შესწავლას.

ქანების კლასიფიკაცია ეყრდნობა მათ გენეზისს, შედგენილობას და აღნაგობას. სპეციალური კლასიფიკაციებიდან ყველაზე უფრო გავრცელებულია (იხ. ცხრილი II-1):

1) **კლასიფიკაცია ფერდობზე ქანების მდგრადობის მიხედვით.** ასეთი მდგრადობის საზომად მიღებულია ბუნებრივი ფერდის ზედაპირის დახრის უდიდესი კუთხე, რომლის დროსაც ქანები ჯერ კიდევ მდგრად მდგომარეობაშია; ეს კლასიფიკაცია გამოიყენება საშუალო სიმაღლის ყრილის, ნათხარის, ჯებირებისა და მიწის სხვა ნაგებობების დაგეგმვისა და მშენებლობის დროს.

2) **კლასიფიკაცია ქანების ზიდვის უნარის მიხედვით.** იგი განისაზღვრება მათი უდიდესი დატვირთით, რომელიც არ გამოიწვევს ნაგებობათა საშიშ დეფორმაციას, დაჯდომას, დარღვევას; ეს კლასიფიკაცია გამოიყენება ნაგებობათა საძირკვლების დაპროექტებისა და მშენებლობის დროს.

3) **კლასიფიკაცია ქანების დამუშავების ხერხისა და სიძნელის მიხედვით.** ამ სამშენებლო კლასიფიკაციაში ქანები კატეგორიებად იყოფა იმის მიხედვით, თუ რა იარაღით შეიძლება მათი დამუშავება: ნიჩბით, ძალაყინის გამოყენებით, დასარტყმელი ხელსაწყოებით, ასაფეთქებელი სამუშაოების გამოყენებით და ა.შ. ქანების კატეგორია განსაზღვრავს 1 მ<sup>3</sup> მიწის სამუშაოთა ღირებულებას.

4) **კლასიფიკაცია ქანის სიმაგრის მიხედვით,** რომელიც ხასიათდება მრღვევი ძალებისადმი წინააღმდეგობის უნარით (მ. პროტოდიაკონოვის კლასიფიკაცია) და გამოიყენება სამთო საქმეში.

5) **კლასიფიკაცია წყალშელწევადობის ან წყალშთანთქმის ხარისხის მიხედვით.** წყალშელწევადობის მაჩვენებელია ფილტრაციის კოეფიციენტი და კუთრი წყალშთანთქმა. პირველი ახასიათებს წყლის მოძრაობის სიჩქარეს ქანში, რომლის დაწნევის გრადიენტი 1-ის ტოლია, მეორეში იგულისხმება ჭაბურღი-



ლით გახსნილი ქანების მიერ შთანთქმული წყლის ხარჯი (ლ/წმ) 1 მ დაწნევის პირობებში 1 მ საცდელ ინტერვალზე. ფილტრაციის კოეფიციენტი არის ქანის აბსოლუტური მახასიათებელი, კუთრი წყალშთანთქმა – ფარდობითი ანუ შედარებითი.

ცხრილი II-1

ქანების სპეციალური კლასიფიკაცია

ქანების უნარის მიხედვით	ქანების მდგრადობის და დამუშავების პირობები	გამოყენების პირობები
ფერდობებზე ქანების მდგრადობა	ბუნებრივი ფერდის ზედაპირის დახრა უდიდესი კუთხით, რომლის დროსაც ქანები ჯერ კიდევ მდგრად მდგომარეობაში არიან	საშუალო სიმაღლის ყრილის, ნათხარის, ჯებირებისა და მიწის სხვა ობიექტების დაგეგმვისა და მშენებლობის დროს
ზიდვის უნარი	უდიდესი დატვირთვა, რომელიც არ გამოიწვევს ნაგებობათა საშიშ დეფორმაციას, დაჯდომას და დარღვევას	ობიექტთა საძირკვლების დაპროექტებისა და მშენებლობის დროს
დამუშავების ხერხი და სიძნელეები	დამუშავების იარაღის შერჩევა: ნიჩბით, ძალაყინით, აფეთქებით და ა.შ.	სხვადასხვა სახის მიწის სამუშაოების დროს
სიმაგრე (მ. პროტოდიაკონოვის კლასიფიკაცია)	მრღვევი ძალებისადმი წინააღმდეგობის უნარი	საინჟინრო პრაქტიკაში და სამთო საქმეში

ზოგადი კლასიფიკაციებიდან ყველაზე უფრო ცნობილია ვ. მასლოვის, ე. სერგევის და თ. სავარენსკის კლასიფიკაციები.

**ვ. მასლოვის** კლასიფიკაციაში ძირითად მაჩვენებლად აღებულია ქანების მექანიკური სიმტკიცე და წყალმედვეობა, რის მიხედვითაც გამოიყოფა ქანების 5 კლასი: კლდოვანი, ნახევარკლდოვანი, ფხვიერი, თიხოვანი და ძლიერ კუმშვადი; თითოეული მათგანი იყოფა ჯგუფებად (ჰიდრომედევი და არაჰიდრომედევი); ამ კლასიფიკაციაში გათვალისწინებულია ქანების სამშენებლო შეფასებისათვის მნიშვნელოვანი თვისება, მაგრამ არასრულადაა ასახული ქანების გენეტიკური და პეტროგრაფიული ნიშნები და მათი თვისებების დამახასიათებელი რაოდენობრივი მაჩვენებლები.

ქანების ზოგადი კლასიფიკაცია ე. სერგეევის მიხედვით

კლასები	ჯგუფები	ქვეჯგუფები
ხისტკავშირიანი ქანები	მაგმური მეტამორფული დანალექი შეცემენტებული ქიმიურად და ბიოქიმიურად დანალექი	სილრმული (ინტრუზიული) ამოფრქვეული (ეფუზიური) რეგიონალურ-მეტამორფული კონტაქტურ-მეტამორფული მსხვილმონატეხოვანი შეცემენტებული წვრილმარცვლოვანი შეცემენტებული თიხოვანი და მტვრისებური გამაგრებული, კაჟიანი, რკინოვანი, კარბონატული, სულფატური, ჰალოიდური
ქანები ხისტი კავშირების გარეშე	თიხოვანი და მტვრისებური მონატეხოვანი შეუცემენტებელი	თიხოვანი, ლიოსიანი (ალევერიტული) მსხვილმონატეხოვანი, ქვიშოვანი
ნიადაგები	ნიადაგები	ზონალური, ინტრაზონალური
ხელოვნური გრუნტები	ხელოვნური გრუნტები	კულტურული ფენები, ნატანი, ნაყარი, ხელოვნურად გაუმჯობესებული, ხელოვნურად გაუარესებული

**ე. სერგეევის** კლასიფიკაციაში გამოყოფილია კლასები, ჯგუფები და ქვეჯგუფები; პირველი 2 კლასი გამოყოფილია იმისდა მიხედვით, არის თუ არა ქანებში სტრუქტურული კავშირები, მე-3 და მე-4 კლასში შედიან ნიადაგები და ხელოვნური გრუნტები, ე.ი. განსაკუთრებული გენეტიკური წარმონაქმნები.

ყველაზე სრულყოფილია **თ. სავარენსკის და ვ. ლომთაძის** კლასიფიკაცია, რომელიც ეყრდნობა ქანების გენეტიკურ და პეტროგრაფიულ თავისებურებებს და მათი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების აღრიცხვას.

ქანების ზოგადი კლასიფიკაცია  
(თ. სავარენსკის მიხედვით ვ. ლომთაძის დამატებებით)

ქანების ჯგუფები	ქანების გენეტიკური ტიპები და პეტროგრაფიული სახეები
	მაგმური მეტამორფული დანალექი

მაგმური

ქანების ჯგუფები	სიღრმულ-ინტრუზიული	ნახევრად სიღრმული და ძარღვული	ამოფრქვეულ-ეფუზიური
I. კლდოვანი	გრანიტები, სიენიტები, გრანოდიორიტები, დიორიტები, გაბროები და სხვ.	გრანიტ-პორფირი, სიენიტ-პორფირი, გრანოდიორიტ-პორფირი, დიორიტ-პორფირი, გაბრო-პორფირიტი	კვარციანი და უკვარცო პორფირი და პორფირიტი, დიაბაზი, ლიპარიტი, ტრაქიტი, დაციტი, ანდეზიტი, ბაზალტი
II. ნახევრად კლდოვანი	I ჯგუფის გამოფიტული და ძლიერნაპრალოვანი ქანები, დაქვეითებული ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლებით	I ჯგუფის გამოფიტული და ძლიერნაპრალოვანი ქანები, დაქვეითებული ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლებით	I ჯგუფის გამოფიტული და ძლიერნაპრალოვანი ქანები, დაქვეითებული ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლებით
III. ფხვიერი შეუკავშირებელი	-	-	-
IV. რბილი შეკავშირებული	-	-	-
V. განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობის და თვისებების	მზრალი ქანები, რომლებიც გალხოზისას მკვეთრად იცვლიან სიმტკიცეს, მდგრადობას და განიცდიან დეფორმაციას	მზრალი ქანები, რომლებიც გალხოზისას მკვეთრად იცვლიან სიმტკიცეს, მდგრადობას და განიცდიან დეფორმაციას	მზრალი ქანები, რომლებიც გალხოზისას მკვეთრად იცვლიან სიმტკიცეს, მდგრადობას და განიცდიან დეფორმაციას

ირაკლი მიქაძე

მეტამორფული

ქანების ჯგუფები	მასიური	ფიქლებრივი
I. კლდოვანი	მარმარილო, კვარციტი	გნეისი, კრისტალური ფიქალი
II. ნახევრად კლდოვანი	I ჯგუფის გამოფიტული და ძლიერნაპრალოვანი ქანები, დაქვეითებული ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლებით	I ჯგუფის გამოფიტული და ძლიერნაპრალოვანი ქანები, დაქვეითებული ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლებით
III. ფხვიერი შეუკავშირებელი	-	-
IV. რბილი შეკავშირებული	-	-
V. განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობის და თვისებების	მზრალი ქანები, რომლებიც გალხობისას მკვეთრად იცვლიან სიმტკიცეს, მდგრადობას და განიცდიან დეფორმაციას	მზრალი ქანები, რომლებიც გალხობისას მკვეთრად იცვლიან სიმტკიცეს, მდგრადობას და განიცდიან დეფორმაციას

დანალექი

ქანების ჯგუფები	პიროკლასტური	მონატეხოვანი	თიხოვანი	ორგანოგენული და ქიმიური
I. კლდოვანი	-	ქვიშაქვები, კონგლომერატები მტკიცე ცემენტით	-	მკვრივი და მტკიცე კირქვები და დოლომიტები
II. ნახევრად კლდოვანი	ვულკანური ტუფები, ტუფიტები და ტუფოგენური ქანები	ქვიშაქვები, კონგლომერატები და ალევროლიტები თიხოვანი ცემენტით	თიხოვანი ფიქლები, არგილიტები	კირქვები და თიხოვანი დოლომიტები, მერგელი, ცარცი, კაჟიანი ქანები
III. ფხვიერი შეუკავშირებელი	-	ქვიშები, ხრეში, კენჭნარი	-	-
IV. რბილი შეუკავშირებელი	-	-	თიხები, თიხნარები, ქვიშნარები, ლიოსისებური ქანები	-

IV. რბილი შეკავშირებული	-	მცურავი ქვიშები, ქვიშოვანი ლამები	გამარილიანებული თიხოვანი ქანები, თიხოვანი ლამები	ტორფები, ნიადაგები, ანჰიდრიდები, ქვამარილი, თაბაშირები
V. განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობის და თვისებების	-	ხელოვნური ნაყარი, ანთროპოგენური ქანები	ხელოვნური ნაყარი, ანთროპოგენური ქანები	ხელოვნური ნაყარი, ანთროპოგენური ქანები

ამ კლასიფიკაციაში გამოყოფილია ქანების 5 ჯგუფი: I – კლდოვანი, II – ნახევრად კლდოვანი, III – ფხვიერი შეუკავშირებელი, IV – რბილი შეკავშირებული და V – განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობისა და თვისებების ქანები. თითოეულ მათგანში გამოიყოფა ქანების გენეტიკური ტიპები და პეტროგრაფიული სახეები: მაგმური, მეტამორფული, დანალექი, რომლებიც თავის მხრივ ხასიათდება ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით (ვ. ლომთაძე, 1985).

### თავი III

#### ქანების პეტროგრაფიული დახასიათება

**მაგმური ქანები.** მაგმა დედამიწის ღრმა ზონებში არსებული გავარვარებული თხევად-ბლანტი მასაა, რომელსაც რთული შედგენილობა აქვს. მის შედგენილობაში ძირითად როლს სილიკატები ასრულებენ. მაგმის ტემპერატურა 1000-1300°C-ს აღწევს. მაგმური ქანები წარმოიქმნება მაგმის სხვადასხვა პირობებში გაცივების შედეგად.

დედამიწის ზედაპირზე მაგმა სწრაფად ცივდება, კარგავს აირებს და ორთქლს. ზედაპირზე გაცივებულ მაგმას – ლავა, ხოლო ქანს **ეფუზიური ანუ ამონთხეული** ეწოდება. ლითოსფეროს ღრმა ფენებში შექრისას მისი გაცივება ნელა მიმდინარეობს, მდნარ მდგომარეობაში მყოფი მინერალები ასწრებენ გამოკრისტალებას. სიღრმეში გაცივებული მაგმის შედეგად წარმოქმნილ ქანს – სიღრმის ანუ **ინტრუზიული** ეწოდება.

მაგმური ქანებისათვის დამახასიათებელია შემდეგი სახის სტრუქტურები:

1) **სრულკრისტალური ან კრისტალურ-მარცვლოვანი**, რომელიც დამახასიათებელია ინტრუზიული ქანებისათვის; არჩევენ მსხვილკრისტალურ (>5 მმ), საშუალოკრისტალურ (2-5 მმ), წვრილკრისტალურ (<2 მმ) და ფარულკრისტალურ სტრუქტურას, რომელიც მხოლოდ მიკროსკოპში ჩანს.

2) **პორფირული**, რომელიც დამახასიათებელია ეფუზიური და ძარღვული ქანებისათვის; ამ შემთხვევაში ქანის მასაში, რომელიც არ არის კრისტალური ან მეტად წვრილკრისტალურია, გაბნეულია ცალკეული მოზრდილი კრისტალები ანუ პორფირული გამონაყოფები.

3) **ფარულკრისტალური** დამახასიათებელია ეფუზიური ქანებისათვის, კრისტალები ჩანს მხოლოდ მიკროსკოპში.

4) **მინისებრი** ასევე ეფუზიური ქანებისათვისაა დამახასიათებელი. მისი შემადგენელი ნაწილი ამორფულია, რადგან სწრაფი გაცივების გამო მინერალები ვერ ასწრებენ გამოკრისტალებას.

**მაგმური ქანების ტექსტურებიდან აღსანიშნავია** (ტექსტურაში იგულისხმება ქანის გარეგნული იერი, განპირობებული შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთგანლაგების და წყობის ხასიათით):

1) **მასიური**, როდესაც ქანის შემადგენელი მინერალები განლაგებაში არავითარ ორიენტაციას და კანონზომიერებას არ ავლენენ.

2) **ზოლებრივი** წარმოიქმნება მაშინ, როდესაც ერთი ტიპის მინერალთა განლაგება გარკვეულ სიბრტყეში ხდება, რაც ქანის მონატეხში მინერალების ზოლებრივი დაჯგუფების იერს ქმნის.

3) **ფლუიდური**, დამახასიათებელია ეფუზიური ქანებისათვის. ამ შემთხვევაში მინერალების ორიენტაცია ქანის წარმომშობი დენადი მაგმის მოძრაობის გამომხატველია.

მაგმის გაცივებას თან ახლავს მოცულობის შემცირება და უწვრილესი ნაპრალების წარმოქმნა. თუ ნაპრალები ხშირია, ამ შემთხვევაში ქანის სიმტკიცე მცირდება.

**მაგმური ქანების წოლის ფორმები.** ქანებისაგან აგებული გეოლოგიური სხეულების სივრცობრივ მდებარეობას ლითოსფეროში წოლის ფორმა ეწოდება.

მაგმა ლითოსფეროს ქვედა ფენებში შემოჭრისას არღვევს ქანების მთლიანობას, ნაწილობრივ ალღობს მათ, იკავებს გარკვეულ სივრცეს და წარმოქმნის დიდი ზომის უსწორმასწორო მოყვანილობის სხეულს, რომელსაც **ბათოლითი** ეწოდება.

სიღრმითი ქანების წოლის ფორმაა **ლაკოლითი**. იგი წარმოიქმნება შემდეგნაირად – მაგმა შემოიჭრება ლითოსფეროს შრეებში, ასწევს მათ და გუმბათისებრ ამადლებას წარმოქმნის. ლაკოლითს სოკოსმაგვარი ფორმა აქვს, მისი ქვედა და ზედა ნაწილები ქანების შრეებრიობის თანხვედენილია.

**შტოკები** მცირე განზომილების ბათოლითებია.

**ძარღვი** წარმოიქმნება სიღრმის ქანებში არსებულ ნაპრალებში მაგმის შემოჭრისა და მათი ამოვსებისას.

**დაიკები** დედამიწის ზედაპირზე ამოსული ძარღვის შვერილებია, ვერტიკალური ან დახრილი კედლების სახით.

**აპოფიზები** ძარღვების ან სხვა მაგმური სხეულების მცირე ზომის განტოტებანია.

უფრო მარტივი წოლის ფორმებით ხასიათდება ზედაპირული ქანები. ლავის ამონთხევა შეიძლება მოხდეს ნაპრალთა სისტემის ან ცალკეული ვულკანური ყელის საშუალებით. თუ ლავა თანაბრად ამონთხევა ნაპრალებიდან, ის ჩვეულებრივ დიდ ფართობებს ფარავს მცირე სისქის შრის სახით, რომელსაც **განფენი** ეწოდება.

თუ ლავა ფერდობის ან ხეობის გასწვრივ მოძრაობს, მაშინ ის საბოლოოდ გაცივებისას ინარჩუნებს მოძრაობის გარეგნულ იერს და მას **ნაკადს** უწოდებენ.

ვულკანი ამოაფრქვევს დიდი რაოდენობით ორთქლს, გაზებს, წვრილ ფხვიერ მასალას, რომელსაც **ვულკანურ ფერფლს** უწოდებენ, ხოლო მსხვილ მასალას – **ბომბებს, ლაპილებს და ქვებს**.

თუ ლავა ბლანტია, იგი ვერ ასწრებს გაშლას, ცივდება ამომყვანი ყელის ბოლოს კრატერთან და წარმოქმნის **ვულკანურ კონუსს ან გუმბათს**.

სიღრმული (ინტრუზიული) ქანების წარმომადგენლებია: გრანიტი, სიენიტი, დიორიტი, გაბრო, პერიდოდიტი და სხვ.

**გრანიტი** სრულკრისტალური სტრუქტურის მქონე მჟავა ქანია. იგი აგებულია ძირითადად კალიუმის მინდვრის შპატის, მჟავა პლაგიოკლაზისა და კვარცისაგან. გრანიტს მაღალი ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები აქვს და მას ფართოდ იყენებენ როგორც სამშენებლო მასალას.

## *ირაკლი მიქაძე*

**სიენტი** ტუტე შედგენილობის საშუალო მჟავიანობის ქანია, იგი გრანიტისაგან განსხვავდება იმით, რომ მასში კვარცი არ არის. მისი სიმაგრე გრანიტზე ნაკლებია, მაგრამ უფრო უძლებს გამოფიტვას.

**დიორიტი** საშუალო შედგენილობის ქანია, ხასიათდება მასიური მარცვლოვანი სტრუქტურით, მისი მთავარი შემადგენელია პლაგიოკლაზი.

**გაბრო** ფუქე ქანია, მისი მთავარი შემადგენელი ნაწილი პლაგიოკლაზი და ზოგჯერ ოლივინია. გვხვდება შტოკებისა და დაიკების სახით. მისი დამუშავება საკმაოდ ძნელია, მაგრამ გამოიყენებენ მრეწველობაში, განსაკუთრებით ჰიდროტექნიკურ მშენებლობაში, ასევე გამოიყენება როგორც დეკორატიული ქვა.

გრანიტების ეფუზიური ანალოგებია **კვარციანი პორფირები და ლიპარიტები. პორფირიტები და ანდეზიტები** დიორიტების ეფუზიური ანალოგებია.

ზოგჯერ ამონთხევის დროს ანდეზიტური ლავები გაზების მნიშვნელოვან რაოდენობას გამოყოფენ, რაც მათში ფორებს და სიცარიელებს წარმოშობს. შედეგად მიიღება ე.წ. **ტუფური ლავები**. ეს ლავები მსუბუქია და ადვილად მუშავდება; ფართოდაა გავრცელებული სომხეთში.

გაბროს ეფუზიური ანალოგებია **დიაბაზები და ბაზალტები**. მათთვის დამახასიათებელია თანაბარმარცვლოვანი და ზოგჯერ პორფირული სტრუქტურა. ბაზალტის მსხვილკრისტალურ, მუქი ფერის სახესხვაობას **დოლერიტს** უწოდებენ.

მაგმური ქანების ჯგუფს მიეკუთვნება აგრეთვე **ობსიდიანი ანუ ვულკანური მინა** – კომპაქტური ტექსტურის ქანი, რომელიც ქიმიური შედგენილობით კვარციანი პორფირებისა და ლიპარიტების მსგავსია; **პემზა** – ნვრილფორიანი ვულკანური მინაა; **ვულკანური ტუფი** – ვულკანური ფერფლის გამყარების პროდუქტია; **ტუფური ლავა** – ზედაპირზე ამოსული თხევად მაგმაში ფხვიერი მასალის შერევის შედეგად წარმოქმნილი ქანია.

**დანალექი ქანები** წარმოიქმნება მიწის ქერქის ზედაპირულ ზონაში, როგორც წყლის აუზებში, ასევე ხმელეთზე უკვე არსებული ქანების დაშლითა და ნაშალი მასალის დალექვის შედეგად.

წარმოშობის პირობების მიხედვით დანალექი ქანები იყოფა 3 ჯგუფად:

1. **მექანიკურად დანალექი ქანები**, რომელთაც **კლასტურ ქანებსაც** უწოდებენ, წარმოიქმნება დაშლილი მასალის ან ადგილზევე დალექვის ან სხვა ადგილებზე გადატანის (ქარის, წყლის, მყინვარის და ა.შ.) და შემდგომი დალექვის შედეგად.

2. **ქიმიურად დანალექი ქანები** წარმოიქმნება გამოფიტული ქანების შედგენილობაში მყოფი მინერალების გახსნისა და წყლის აუზებში მათი ქიმიური გზით დალექვის შედეგად.

3. **ორგანოგენული ქანები** ილექება მცენარეული ან ცხოველური ორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგად, აგრეთვე ამ ორგანიზმების კვდომისა და ფსკერზე დაგროვების გზით.

დანალექი ქანები უმეტესწილად საინჟინრო ნაგებობათა საფუძველია, გარდა ამისა, ხშირად გამოიყენება როგორც სამშენებლო მასალა.



დანალექ ქანებს ახასიათებს შრეებრიობა, ფორიანობა, შედგენილობისა და თვისებების დამოკიდებულება კლიმატურ პირობებზე, წარმოქმნის ადგილსა და დროზე, აგრეთვე ქანებში ცოცხალი ორგანიზმების ნაშთების შემცველობა.

დანალექი ქანების ნოლის ფორმები ერთგვაროვანია, ძირითადია **ფენა ანუ შრე**. შრისათვის დამახასიათებელია სახურავი და საგები; თუ შრე გამოისოლება, მას **ლინზა** ეწოდება. რამდენიმე შრის ერთობლიობას **დასტას**, ხოლო სხვადასხვა სიმძლავრის შრეების კომპლექსს, ასაკობრივად და შედგენილობით მსგავსს, **წყებას** უწოდებენ.

**მექანიკური ანუ ნამტვრევი ქანები**. ამ ქანებისათვის არსებითია ნატეხის ზომა, მისი დამუშავების ხარისხი და ცემენტის ხასიათი. ეს ნიშან-თვისებები განსაზღვრავს ნამტვრევი ქანების ისეთ მნიშვნელოვან საინჟინრო-გეოლოგიურ მაჩვენებლებს, როგორცაა **ფორიანობა, სიმტკიცე, წყალგამტარობა** და სხვ.

ნამტვრევ ქანებს შემადგენელი ნატეხების ზომების მიხედვით ყოფენ 4 ჯგუფად:

- 1) *მსხვილნამტვრევი, ანუ ფსეფიტური ქანები* (კონგლომერატი, ბრექჩია და სხვ.);
- 2) *საშუალონამტვრევი, ანუ ფსამიტური ქანები* (ქვიშაქვები);
- 3) *წვრილნამტვრევი, ანუ ალევრიტული ქანები* (ალევროლიტი, ლიოსი და სხვ.);
- 4) *წმინდანამტვრევი ქანები* (თიხები).

ნამტვრევი ქანებიდან ფართოდაა გავრცელებული **ქვიშაქვები**. ცემენტის მიხედვით არჩევენ კაჟიან, რკინიან, კირქვიან, თიხიან და ა.შ. ქვიშაქვებს.

**ლიოსი** – მტვრისებრი ნაწილაკებისაგან შედგენილი სუსტად შეცემენტებული ქანია, მისი მთავარი შემადგენელია თიხოვანი მინერალი კაოლინიტი, კვარცის დაკუთხული მარცვლები და კალციუმის კარბონატი. მისთვის დამახასიათებელია მაღალი ფორიანობა, მშრალ მდგომარეობაში მდგრადია, განყლიანების შემთხვევაში მისი აღნაგობა ირღვევა და სწრაფ დეფორმაციას განიცდის – ჯდება, ჩნდება ნაპრალები და მასზე აგებული ნაგებობა მწყობრიდან გამოდის.

**თიხები** – წვრილმარცვლოვანი ქანია, მის შედგენილობაში შედის კაოლინიტის და მონტმორილონიტის ჯგუფის თიხოვანი მინერალები. თიხები მშრალ მდგომარეობაში მკვრივია, ხოლო დასველებისას ხდება პლასტიკური, რის გამოც ადვილად იცვლის ფორმას. თიხა ხასიათდება მაღალი ფორიანობით, მათი ზომები იმდენად მცირეა, რომ მათში წყალი თითქმის ვერ აღწევს, ამიტომ იგი პრაქტიკულად წყალგაუმტარ ქანად ითვლება. ზოგ მათგანს ახასიათებს წყლის შთანთქმის უნარი, რის გამოც ისინი მოცულობაში მატულობენ – **იჯირჯეებიან (ფუფდებიან)**. მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებით პლასტიკური თიხები მკვრივდება და მათი სიმტკიცე მკვეთრად მატულობს, ეს თვისება მათ უმნიშვნელოვანეს სამშენებლო ნედლეულად აქცევს.

**ქიმიური დანალექი ქანები**. ქიმიური ნალექების წარმოქმნა დაკავშირებულია თანამედროვე ან ძველ დახშულ ზღვიურ აუზებთან. ზღვის წყლის მაღალი კონცენტრაციის პირობებში მასში გახსნილი ნივთიერებები გამოილექება.

## **ირაკლი მიქაძე**

წარმოშობის მიხედვით დანალექი ქანების ყველაზე გავრცელებული სახეს-ხვაობებია: **კარბონატული, სულფატური და ქლორიდული.**

კარბონატული ქანებია: **კირქვა, დოლომიტი.** სულფატურის წარმომადგენლებია **ანჰიდრიტი და თაბაშირი**, ხოლო ქლორიდული ქანების – **ჰალიტი ანუ ქვამარილი და სილვინი ანუ ქლორიანი კალიუმი.** ამ ჯგუფს მიეკუთვნება ბოქსიტებიც.

სუბტროპიკული და ტროპიკული ჰავის პირობებში თიხამინის შემცველი მაგმური და სხვა ქანების გარდაქმნის პროდუქტია **ლატერიტები, ანუ წითელი მიწები.** ლატერიტებში გამორეცხილია ტუტე, ტუტემინა ლითონები და კაჟმინა. ისინი მდიდარია რკინისა და ალუმინის ჟანგებით; ლატერიტებს იყენებენ ალუმინის მისაღებად.

**ორგანოგენული დანალექი ქანები.** მათ წარმოქმნაში მონაწილეობენ ცხოველური ან მცენარეული ორგანიზმები. ზღვაში მცხოვრები ორგანიზმების უმეტესობას აქვს ჩონჩხი, რომლის ამგები მასალა ზღვის წყალში გახსნილი ნახშირ-მჟავა კალციუმი და კაჟმინაა. ორგანიზმთა სიკვდილის შემდეგ ჩონჩხი და ნიჟარები ფსკერზე ილექება და განიცდის გარდაქმნას – გადაკრისტალებას, გამკვრივებას და ა.შ., საბოლოოდ მიიღება ქანი.

ორგანული ქანები 2 ჯგუფად იყოფა: **ზოოგენური** – ცხოველური ორგანიზმების მონაწილეობით მიღებული ქანები (კირქვა, დოლომიტი) და **ფიტოგენური** – წარმოქმნილი მცენარეული ორგანიზმების ხარჯზე (დიატომიტი, ქვანახშირი, ტორფი).

არსებობს შერეული წარმოშობის ქანებიც, მათში მასალის ნაწილი მექანიკური, ხოლო ნაწილი – ორგანული ან ქიმიური წარმოშობისაა (**მერგელი**). მას შუალედური ადგილი უკავია თიხასა და კირქვას შორის.

**მეტამორფული ქანები.** მეტამორფიზმი არის მაგმური ან დანალექი ქანების მაღალი ტემპერატურის და წნევის პირობებში გარდაქმნა მიწის ქერქის სიღრმეში მიმდინარე პროცესების ზეგავლენით. ამ დროს ადგილი აქვს ქანის პირველადი აღნაგობის, მისი ქიმიური და მინერალური შედგენილობის შეცვლას.

მეტამორფიზმი სხვადასხვა სახისაა. **კონტაქტური მეტამორფიზმი** ეწოდება ქანების (უმეტესად დანალექი ქანების) შეცვლას შეხების ზოლის გასწვრივ მაღალტემპერატურული მაგმის შემოჭრისას. დიდ სიღრმეზე ქანების ჩაძირვისას მეტამორფიზმის გავლენას განიცდის ფართო გავრცელების მქონე ქანების მძლავრი წყებები. ასეთი მეტამორფიზმი **რეგიონული მეტამორფიზმის** სახელითაა ცნობილი.

ტექსტურით მეტამორფული ქანები თვალსაჩინოდ განსხვავდება სხვა ქანებისაგან. ყველაზე გავრცელებულია **ფიქლებრივი ტექსტურა.** გარდა ამისა, მათთვის დამახასიათებელია **ზოლებრივი, გნეისური, წვრილნაოჭა, ბოჭკოსმაგვარი და მასიური ტექსტურები.**

წნევის გავლენით თიხა გადაიქცევა **თიხაფიქლად** თიხოვანი ქანის გამკვრივებისას ფორიანობის შემცირების ხარჯზე მინერალური შედგენილობის შეუცვლელად. წნევისა და ტემპერატურის შემდგომი გაზრდა იწვევს თიხაფიქლების

აღნაგობისა და შედგენილობის არსებით ცვლილებას (*ფილიტები, ანუ თიხაქარსიანი ფიქლები*).

შემდგომი სტადიაა **კრისტალური ფიქლების** წარმოქმნა. როგორც დანალექი, ასევე მაგმური ქანების მეტამორფიზმის საბოლოო სტადიად ითვლება **გნეისი**. დანალექი ქანების, კერძოდ თიხაფიქლების მეტამორფიზმის შედეგად წარმოიშობა **პარაგნეისი**, ხოლო მაგმური ქანის – **ორთოგნეისი**.

**მარმარილო** კირქვებისა და დოლომიტების მეტამორფიზმის პროდუქტია. იგი კრისტალურ-მარცვლოვანი, მასიური ტექსტურის მქონე ქანია, რომელიც შედგება კალციტის ან დოლომიტისაგან.

**კვარციტი** შედგება კვარცის მარცვლებისაგან, რომლებიც მისივე ცემენტით არის შეკავშირებული. იგი ძალიან მკვრივი, მარცვლოვანი ან მონოლითური აღნაგობის ქანია. **კვარციტი** ეწოდება აგრეთვე კაჟის ცემენტის მქონე წვრილმარცვლოვან კვარციან ქვიშაქვებს.

## თავი IV

### ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები

ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები ენოდება ისეთ მახასიათებლებს, რომლებიც განსაზღვრავენ მის ფიზიკურ მდგომარეობას, წყალთან დამოკიდებულებას, მდგრადობას, სიმტკიცისა და დეფორმაციის ცვლილების კანონზომიერებას. არჩევენ ქანების ფიზიკურ, წყლოვან და მექანიკურ თვისებებს.

**ფიზიკური თვისებები** განსაზღვრავს ქანების მდგრადობას ბუნებრივი განლაგების პირობებში, აგრეთვე ნაყარში, ჯებრებში, კაშხლებში და ა.შ. ფიზიკური თვისებები (სიმკვრივე, კუთრი და მოცულობითი წონა, ფორიანობა, ტენიანობა და ა.შ.) საშუალებას იძლევა შევადაროთ ქანების სიმტკიცისა და მდგრადობის პირობები.

**წყლოვანი თვისებები** ვლინდება ქანების წყალთან შეხებისას, ე.ი. ახასიათებს სიმტკიცისა და მდგრადობის მდგომარეობის შეცვლის უნარი – წყალთან ურთიერთობის დროს შთანთქმას და შეითვისოს ან გაფილტროს წყალი.

ქანების წყლოვანი თვისებების ცოდნა მდგრადობის და სხვა თვისებების ცვლილების, აგრეთვე სხვა რომელიმე გეოლოგიური პროცესის განვითარების პროგნოზირების საშუალებას გვაძლევს. ქანების წყლოვანი თვისებების ზოგიერთი მაჩვენებელი (ტენტივადობა, წყალშთანთქმა, წყალშედენეადობა, პლასტიკურობა, და ა.შ.) უშუალოდ გამოიყენება სხვადასხვა საინჟინრო გამოთვლებში. მაგალითად, წყლის დანაკარგები ფილტრაციისას, წყლის მოდინება სამშენებლო ქვაბულებსა და წყალსაღებებში, წყალდამწნევი დანადგარების პარამეტრები, სუფოზიური მოვლენების განვითარების შესაძლებლობები და სხვ.

**მექანიკური თვისებები** განსაზღვრავს ქანების ქცევას მათზე შინაგანი ძალების ზემოქმედების დროს. ეს თვისებები საშუალებას იძლევა უშუალოდ იქნეს შეფასებული ქანების მდგრადობა, სიმტკიცე და დეფორმაციები. ქანების მექანიკური თვისებების მონაცემები გამოიყენება სხვადასხვა საინჟინრო გამოთვლებში, როგორცაა, ნაგებობათა დაჯდომის ინტენსივობის სიდიდე დადგენა დროში, ფერდობის მდგრადობის სამთო წნეების სიდიდის განსაზღვრა საყრდენ ნაგებობაზე ან მიწისქვეშა გამონამუშევრების სამაგრზე.

კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების აგებულება შემდეგია: მინერალური ჩონჩხი და სიცარიელები, კავერნები, ნაპრალები და სხვა ღრუები, რომლებიც ნაწილობრივ ან მთლიანად შევსებულია ჰაერით, აირებით ან წყლით. ქანებში სიცარიელების საერთო მოცულობას განსაზღვრავს მისი სიმეჩხრე, ხოლო ნაწილი სიცარიელებისა, რომელსაც აქვს კაპილარული (ფორების დიამეტრი  $< 1$  მმ-ზე, ნაპრალების სიგანე  $< 0,25$  მმ-ზე) ან სუბკაპილარული ზომები (ფო-

რების დიამეტრი <0,0002 მმ-ზე, ნაპრალების სიგანე <0,0001 მმ-ზე) გვიქმნის წარმოდგენას ქანების ფორიანობის შესახებ.

ქანებში ფორიანობა განანილებულია თანაბრად, ხოლო ნაპრალებში და კავერნებში – არათანაბრად. ქანებში ფორიანობის გაზრდა იწვევს მათი სიმტკიცისა და მდგრადობის შემცირებას და ზრდის ტენშემცველობასა და დეფორმაციის უნარს.

კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების თვისებებზე დიდ გავლენას ახდენს სტრუქტურული კავშირი. მათი მდგრადობა დამოკიდებულია არა მარტო კრისტალების სიმტკიცეზე, მონატეხთა და მინერალთა სიმტკიცეზე ქანში, არამედ სტრუქტურული კავშირის სიმტკიცეზე. ეს უკანასკნელი დამოკიდებულია მინერალთა კრისტალებში უშუალოდ მოქმედ ძალებზე, აგრეთვე კრისტალების, მონატეხებისა და ცემენტის მასალაზე, ე.ი. ატომთშორის ძალებზე და სხვადასხვა ფაზების კონტაქტებზე. შეკავშირების ენერგია ასეთ კონტაქტებში კლდოვან და ნახევრად კლდოვან ქანებში დიდია, მაგრამ ცვალებადია.

კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების ძირითადი ფიზიკური თვისებები, რომელსაც საინჟინრო გეოლოგია შეისწავლის, არის **კუთრი წონა, მოცულობითი წონა, ფორიანობა**, ხოლო ნახევრად კლდოვანი ქანებისათვის – **ტენიანობა**. ფიზიკური თვისებების მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ მათ სიმტკიცეზე და მდგრადობაზე, ასევე გეოლოგიური პროცესებით გამოწვეულ ცვლილებებზე.

**კუთრი და მოცულობითი წონა.** ქანის კუთრი წონა ეწოდება მისი მყარი ნაწილის ერთეული მოცულობის წონას.

$$y = \frac{g}{v} \text{ (გრ/სმ}^3\text{)},$$

სადაც  $g$  ქანის მყარი ნაწილის წონაა;

$v$  – ქანის მყარი ნაწილის მოცულობა.

ქანების კუთრი წონა არ გამოხატავს უშუალოდ მათ ფიზიკურ მდგომარეობას და არ გამოიყენება საინჟინრო გამოთვლებში, მაგრამ აუცილებელია სხვა მნიშვნელოვანი თვისებების, მაგალითად, ფორიანობის გამოსავლენად.

ქანის მოცულობითი წონა ეწოდება ქანის ერთეული მოცულობის წონას ბუნებრივი აღნაგობის და ტენიანობის პირობებში და უდრის ქანის წონის და მოცულობის ფარდობას.

ქანის მოცულობითი წონის ( $y_{ა.ე.}$ ) და ჩონჩხის მოცულობითი წონის ( $y_{ჩ.}$ ) ტოლობები შემდეგია:

$$y_{ა.ე.} = \frac{g_1 + g_2}{v_1 + v_2} \quad \text{და} \quad y_{ჩ.} = \frac{g_1}{v_1 + v_2} ,$$

სადაც  $g_1$  ქანის მყარი (მინერალური) ნაწილის წონაა;

$g_2$  – ქანში არსებული ტენის წონა;

$v_1$  – მყარი ნაწილის მოცულობა;

$v_2$  – ფორების მოცულობა.

## ირაკლი მიქაძე

პრაქტიკული მიზნებისათვის ქანის კუთრი წონა დასაშვები სიზუსტით რიცხობრივად ქანის ჩონჩხის სიმკვრივის ტოლია.

ქანების ფიზიკური მდგომარეობის დასახასიათებლად მოცულობით წონას დიდი მნიშვნელობა აქვს. რაც უფრო მცირეა ქანის მოცულობითი წონა, მით უფრო ნაკლებად მკვრივია იგი, მეტია მისი ფორიანობა, ტენშემცველობა და შესაძლებელია მდგრადობაც.

ქანის მოცულობითი წონა ფართოდ გამოიყენება საინჟინრო გაანგარიშებებში, მაგალითად, ქანებში საკუთარი წონით გამონვეული დაძაბულობის განაწილების, ფერდობების მდგრადობის, მენყრების მდგრადობის, საყრდენი კედლების, სამთო წნევის სიდიდის და სხვ. გამოსათვლელად. ამის გამო, ეს მაჩვენებელი წარმოადგენს ქანების ფიზიკური თვისებების საანგარიშო პარამეტრს.

**ფორიანობა.** ფორები ეწოდება სიცარიელებს ქანებში, რომელთაც აქვთ კაპილარული და სუბკაპილარული ზომები. ფორიანობა განისაზღვრება ფორების საერთო მოცულობით ქანის ერთეულ მოცულობაში:

$$n = \frac{V_{\text{ფ}}}{V} 100\% ,$$

სადაც  $V_{\text{ფ}}$  ფორების მოცულობაა;

$V$  – ქანის მოცულობა.

ქანები იყოფა 3 ჯგუფად: 1) დაბალი ფორიანობის  $n < 5\%$ , 2) საშუალო ფორიანობის  $n = 5-20\%$  და 3) მაღალი ფორიანობის  $n > 20\%$ .

კლდოვანი ქანების უმეტესობა დაბალი ფორიანობით ხასიათდება, ნახევრად კლდოვანი – საშუალო ფორიანობით. გამონაკლისია ზოგიერთი ეფუზივი, მაგალითად, ტრაქიტები, ბაზალტები, ტუფები, ტუფიტები და ზოგი ნიჟარებიანი კირქვა, ცარცი, ოპოკები და სხვა გამოფიტული ქანები, რომელთა ფორიანობა 30-35%-ს აღჭარბებს. წვრილმარცვლოვან არაკლდოვან ქანებში, მაგალითად, ქვიშებში ფორიანობა შეადგენს 28-35%-ს, თიხებში – 60%-ს და მეტს.

ფორების მოცულობის შეფარდებას ქანის მყარი ნაწილის მოცულობასთან ეწოდება ფორიანობის კოეფიციენტი:

$$e = \frac{V}{V_{\text{მყ}}} .$$

ფორიანობასა და ფორიანობის კოეფიციენტს შორის არსებობს შემდეგი სახის დამოკიდებულება:

$$n = \frac{e}{1 + e} \quad \text{ან} \quad e = \frac{n}{100 - n}$$

ფორიანობა შეიძლება იყოს პირველადი (ქანების ფორმირების პროცესში) და მეორეული (მინის ქერქში ქანების გადაკრისტალების, გამოტუტვის, ცემენტის გახსნის დროს და ა.შ.).

ფორიანობა განისაზღვრება გაჯერების მეთოდით – გამოითვლება მთლიანად ფორების და მათში არსებული სითხის მოცულობა.

ჰიდროგეოლოგიაში და ნავთობის გეოლოგიაში ქანების კოლექტორული თვისებების და ფორებში სითხეების და გაზების მოძრაობის შესაძლებლობის შესწავლისას გამოყოფენ **ეფექტურ და არაეფექტურ ფორიანობას**.

რაც უფრო მაღალია ქანების ფორიანობა, მით ნაკლებია მათი სიმკვრივე და სიმტკიცე, უფრო ადვილად განიცდიან დეფორმაციას, დიდია ტენტივადობა, მაგრამ ნაკლებია წყალშელწევადობა. ეს უკანასკნელი განისაზღვრება არა ქანების საერთო ფორიანობით, არამედ სიცარიელების და ნაპრალების ზომებით, ე.ი. **ეფექტური ფორიანობით**.

**ტენიანობა.** ქანების ფიზიკური მდგომარეობა და თვისებები დიდად არის დამოკიდებული ტენიანობაზე, რომელიც განისაზღვრება ფორებში წყლის წონისა და მშრალი ქანის წონის შეფარდებით და გამოისახება ერთეულის ნაწილებით ან პროცენტებით. წონითი ტენიანობა ტოლია:

$$W = \frac{g_2}{g_1} = \frac{y - y_{\beta}}{y_{\beta}}$$

თუ ტენიანობა განსაზღვრულია ბუნებრივი ქანების ნიმუშებისათვის, მას **ბუნებრივი ტენიანობა** ეწოდება. კლდოვანი ქანების ბუნებრივი ტენიანობა მცირეა, ნახევრად კლდოვანი ქანების ტენიანობამ შეიძლება მიაღწიოს 15-20%-ს. რაც მეტია ტენიანობა, მით მეტია მოცულობითი წონა. იგი გავლენას ახდენს აგრეთვე მდგრადობაზე, ყინვაგამძლეობაზე, დაჯდომის სიდიდეზე, თბოტევადობასა და სხვა თვისებებზე.

ქანების ტენიანობა შეიძლება დახასიათდეს აგრეთვე მოცულობითი ტენიანობით, რომელშიც იგულისხმება ქანის ერთეულ მოცულობაში არსებული წყლის მოცულობა. რიცხობრივად მოცულობითი ტენიანობა უდრის ქანში შემავალი წყლის  $V$  მოცულობის შეფარდებას მშრალი ქანის მოცულობასთან:

$$W_{\text{მოც}} = \frac{V}{V_1 + V_2} = \frac{g_2}{y_{\beta}} \cdot \frac{g_1}{y_{\beta}} = \frac{g_2 y_{\beta}}{y_{\beta} g_1} = \frac{W y_{\beta}}{y_{\beta}}$$

ვინაიდან წყლის კუთრ წონას ჩვეულებრივ იღებენ ერთის ტოლად, ქანის მოცულობითი ტენიანობა შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით:

$$W_{\text{მოც}} = W y_{\beta}$$

მოცულობით ტენიანობას, ისევე როგორც წონითს, გამოხატავენ მთელის ნაწილებში ან პროცენტებში. თუ ქანის ფორები მთლიანად შევსებულია წყლით, მაშინ ქანში წყლის მოცულობა უდრის მისი ფორების მოცულობას:  $W_{\text{მოც}} = n$ .

თიხოვანი ქანის ტენიანობა შეესატყვისება მის სრულ ტენტივადობას, ხოლო ქვიშიანის – მათ სრულ წყალტევადობას.

თუ წონით ტენიანობას აღვნიშნავთ  $W_{\beta}$ -ით, რომელიც შეესატყვისება ქანების სრულ ტენტივადობას, მივიღებთ:  $W_{\text{მოც}} = W_{\beta} y_{\beta}$ . ქანის ერთეული მოცულობა

## ირაკლი მიქაძე

ტოლია მისი მყარი ნაწილის მოცულობას მიმატებული ფორების მოცულობა, ე.ი.  $I=m+n$ , საიდანაც  $n=I-m$ .

**ქანების წყლოვანი თვისებები.** ძირითადი წყლოვანი თვისებებია მათი წყალმედვეობა, ტენტივადობა და წყალშეღწევადობა.

**წყალმედვეობა.** კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების წყალმედვეობა ხასიათდება მათი დარბილებადობით. ნებისმიერი ქანი, მათ შორის კვარცი, დიაბაზი, ბაზალტი და სხვ. წყლით გაჯერებისას ღებება და მათი სიმტკიცე კლებულობს. დარბილებადობის კოეფიციენტს გამოსახავენ ერთეულებით. კლდოვანი წყალმედვეი ქანებისათვის კოეფიციენტი უდრის 0,7-0,8-ს. ნახევრად კლდოვანი ქანების, კირქვების, თიხოვანი ქვიშაქვების, მერგელების, არგილიტების და სხვ. დარბილებადობის კოეფიციენტი  $<0,5$ . წყლით გაჯერებისას ქანები იშლებიან ნაწილებად. ასეთი ქანების დარბილების კოეფიციენტი უტოლდება ნულს და ახასიათებს მათ, როგორც პრაქტიკულად არაწყალმედვეს.

ქანების წყალმედვეობის დამახასიათებელი ნიშანია, თავისი სიმტკიცის შენარჩუნება ტენიანობის რეჟიმის ცვალებადობისას. მრავალი ნახევრად კლდოვანი ქანი ჰაერზე გაშრობის დროს ჯდება, ანუ მისი მოცულობა მცირდება. დაჯდომა ქანში იწვევს შინაგან დაძაბულობას, რის შედეგადაც ხდება მათი დაშლა, დასკდომა, დაშრევა, აქერცვლა და სხვ.; ასეთი მოვლენები შეინიშნება თხრილებიდან, ქვაბულებიდან და ბურღილებიდან ქანების ამოღების დროს და ა.შ.

**პლასტიკურობა** დამახასიათებელია თიხებისა და თიხიანი ქანებისათვის. ტენიანობის ცვალებადობისას იცვლება მათი კონსისტენცია: ტენიანობის მომატების დროს ქანები ჯერ რბილდება, შემდეგ გადადის დენად მდგომარეობაში, ხოლო ტენიანობის შემცირების დროს პლასტიკური თიხა გადადის მყარ მდგომარეობაში.

პლასტიკურობის რიცხვი ეწოდება ქვედა ზღვარსა (რომლის ქვევით ქანი მყარია) და ზედა ზღვარს (როდესაც ქანი გადადის დენად მდგომარეობაში) შორის სხვაობას:

$$I_3 = W_{\%} - W_{\%3}$$

პლასტიკურობის რიცხვი თიხებისათვის  $>17$ , თიხნარებისათვის მერყეობს 7-17-მდე, ქვიშნარებისათვის – 1-7-მდე.

თიხიანი ქანებისათვის გამოიყენება კონსისტენციის მაჩვენებელი:

$$B = W - \frac{W_{\%3}}{I_3},$$

სადაც  $W$  ქანის ბუნებრივი ტენიანობაა.

თიხიანი ქანებისათვის დამახასიათებელია **გაჯირჯევა**, რომლის სიდიდე გამოისახება ქანის საწყისი მოცულობის ნამატიტ პროცენტებში.

**ტენტივადობა** არის ქანების მიერ წყლის გარკვეული რაოდენობის შთანთქმის და შენარჩუნების უნარი. კლდოვანი ქანები არატენტივადაა, ნახევრად კლდოვანი – ნაკლებად ტენტივადაა, ხოლო ზოგიერთი – საშუალო ტენტივადაა.



მაგალითად, ტორფი, თიხნარი, თიხა – მაღალი ტენტივადობით გამოირჩევა; მერგელი, ცარცი, ქვიშაქვა, ლიოსი სუსტად ტენტივადია, ხოლო რიყის ქვა, ხრე-ში, გრანიტი – არატენტივადი.

სრული ტენტივადობა იზომება ქანის მყარი ნაწილის მოცულობითი წონის და კუთრი წონის საშუალებით:

$$W = \frac{1}{y_{მყ}} - \frac{I}{y_{კუთ}} .$$

ტენტივადობის თვისებების გამოკვლევის შედეგად განსაზღვრავენ მათ წყალგაცემას, წყალშთანთქმას და წყალნაჯერობას.

**წყალგაცემა** არის წყლით გაჯერებული ქვიშებისა და სხვა ფხვიერი, ნატე-ხოვანი ქანების თვისება, თავისუფალი ჩამონაჟონის სახით გასცეს წყლის გარ-კვეული რაოდენობა. იგი გამოისახება გაცემული წყლის მოცულობის შეფარდე-ბით ქანის მოცულობასთან. კუთრი წყალგაცემა ტოლია წყლის იმ რაოდენობის, რომელიც ჩამოიჟონება 1 კუბური მეტრი მოცულობის ქანიდან.

**წყალშთანთქმაში** იგულისხმება ქანის თვისება შთანთქმას – შეინოვოს წყალი მისი წყალში მოთავსების დროს ჩვეულებრივ პირობებში. წყალშთანთქმა რაოდე-ნობრივად ხასიათდება შთანთქმული წყლის შეფარდებით მშრალი ქანის წონასთან.

**წყალნაჯერობა** არის ქანის უნარი, შთანთქმას წყალი ვაკუუმის ქვეშ, გაზ-რდილი წნევის ან დუღილის დროს, ე.ი. შეინოვოს წყლის მაქსიმალური რაოდე-ნობა. წყალნაჯერობის სიდიდე ყოველთვის მეტია წყალშთანთქმაზე.

წყალშთანთქმის შეფარდებას წყალნაჯერობასთან უწოდებენ **ქანის წყალ-ნაჯერობის კოეფიციენტს**. თუ წყალნაჯერობის კოეფიციენტი მეტია 0,8-ზე, ასეთი ქანები ითვლება არაყინვაგამძლე ქანებად.

**წყალშედნევადობა** ეწოდება ქანების თვისებას, გაატარონ წყალი წნევის პი-რობებში. კლდოვანი ქანები წყალშედნევადია მხოლოდ ნაპრალების გასწვრივ. ნახევრად კლდოვან ქანებში წყალი მოძრაობს როგორც ნაპრალებში, კარსტულ და სხვა სიცარიელებში, ასევე წნევის დროს მიკრონაპრალებსა და ფორებში. ქა-ნების წყალშედნევადობის სიდიდეს საზღვრავენ **ფილტრაციის კოეფიციენტით**, მის გამოსახატავად ხმარობენ 2 სხვადასხვა მნიშვნელობას: **მოცულობითს და ჩქაროსნულს**.

პირველი გვიჩვენებს წყლის რაოდენობას, რომელიც გადის დროში ქანის გა-ნივკვეთში. იგი 1-ის ტოლია  $I$  გრადიენტის დროს, რომელიც აგრეთვე 1-ს უდრის:  $K=Q/FJ$ ;

მეორე მნიშვნელობა გვიჩვენებს წყლის მოძრაობის სიჩქარეს ერთეული გრა-დიენტის დროს:  $v=KI$ .

წყალშედნევადობის შეფასებისათვის გამოიყენება წყლის საცდელი ჩასხმები და ჩატუმბვები ჭაბურღილებსა და სამთო გამონამუშევრებში.

**ქანების მექანიკური თვისებები** ვლინდება დაშლისა და დეფორმაციისადმი წინააღობის უნარში მათზე გარე ძალების ზემოქმედებისას.

## ირაკლი მიქაძე

სამშენებლო თვალსაზრისით ქანის მნიშვნელოვანი მექანიკური თვისებებია **სიმტკიცე** ანუ უნარი, წინააღმდეგობა გაუწიოს გარეშე დატვირთვას თავისი ბუნებრივი აღნაგობის დაუშლელად. ქანებს გააჩნიათ სიმტკიცის სხვადასხვა მახასიათებელი, რომელიც ზოგ ქანში მყისიერად გამოვლინდება, ზოგში კი იცვლება დროში.

ქანების სიმტკიცეზეა დამოკიდებული მათი დეფორმაციის უნარი, რომელიც შეიძლება იყოს შექცევადი და შეუქცევადი, ეს პროცესი მიმდინარეობს სწრაფად, გარკვეული დროის განმავლობაში.

კლდოვანი და ნაწილობრივ ნახევრად კლდოვანი ქანებისათვის დამახასიათებელია დრეკადი თვისებები, მათთვის მნიშვნელოვანია იმ მახასიათებლების განსაზღვრა, რომლებიც დეფორმაციისადმი დრეკად წინააღმდეგობას გამოხატავს.

ქანების დეფორმაციული თვისებების ძირითადი მაჩვენებლებია: დრეკადობის მოდული, განივი დეფორმაციის კოეფიციენტი, გვერდითი წნევის კოეფიციენტი, საერთო დეფორმაციის მოდული და კუმშვადობის კოეფიციენტი.

კლდოვანი, ნახევრად კლდოვანი, მკვრივი, შეკავშირებული თიხოვანი ქანების სიმტკიცის ძირითადი მაჩვენებლებია: დროებითი წინალობა კუმშვასა და ხლეჩაზე, ხოლო რბილი, შეკავშირებული და ფხვიერი შეუკავშირებელი ქანებისათვის ძვრის წინალობის მაჩვენებლებია: შიგა ხახუნის კუთხე და კოეფიციენტი, შეჭიდულობა და ძვრის კოეფიციენტი.

კლდოვანი, ნახევრად კლდოვანი ქანების სიმტკიცეს ადგენენ კუმშვისადმი დროებითი წინალობის სიდიდით, ასევე დროებითი წინალობის სიდიდით ახლეჩასა და გაჭიმვაზე.

ქანის სიმტკიცე ხასიათდება კუმშვისადმი დროებითი წინალობით, იგი წარმოადგენს ზღვრულ დატვირთვას, რომლის ზემოქმედების შედეგად ქანი კარგავს მონოლითურობას და ირღვევა:

$$R = \frac{P_{\text{მაქს.}}}{F},$$

სადაც  $R$  ქანის დროებითი წინალობაა კუმშვისადმი, რომელიც იზომება მეგაპასკალებში ( $1 \text{ მპა} = 10 \text{ კგ/სმ}^2$ );

$P_{\text{მაქს.}}$  დატვირთვის ის მაქსიმალური სიდიდეა კილოგრამებში, რომლის დროსაც დაიწყო ნიმუშის დაშლის პროცესი;

$F$  – ნიმუშის საწყისი განივკვეთის ფართობი,  $\text{სმ}^2$ , რომელზედაც განაწილდა დატვირთვა.

კუმშვისადმი წინალობის სიდიდე დამოკიდებულია ქანის მინერალურ შედგენილობაზე, სტრუქტურულ-ტექსტურულ თავისებურებებზე, ცალკეული ნაწილაკების ურთიერთშეცემენტების ხარისხზე, ერთგვაროვნებაზე და საწყისი მდგომარეობის შეცვლის სიდიდეზე.

კუმშვისადმი წინალობის დიდი უნარი ახასიათებს წვრილკრისტალურ და თანაბარმარცვლოვან კრისტალურ ქანებს.

**ძვრის წინალობა** სიმტკიცის მაჩვენებელია ქვიშიანი და თიხიანი ქანებისათვის, რომელიც გამოხატავს ამ ქანების დაშლისადმი წინალობის უნარს. ქანის

მთლიანობა ირღვევა, როდესაც ძვრის ძალები გადააჭარბებს წინააღმდეგობის შიგა ძალებს.

ქვიშიან და სხვა ფხვიერ, ნატეხოვან ქანებში ძვრის წინააღმდეგობის შიგა ძალებია ხახუნის ძალები, რომლებიც წარმოიქმნებიან ძვრის მომენტში ქანის შემადგენელი ნაწილაკების ურთიერთგაადადგილების დროს. თიხიან ქანებში შიგა ძალებს ემატება შეჭიდულობის ძალები, რომლებიც გამოხატავს ქანში ძვრის სიბრტყის გასწვრივ მოქმედი სტრუქტურული კავშირების სიმტკიცეს.

ხახუნისა და შეჭიდულობის ძალებს, რომლებიც წინააღმდეგობას უწევენ გრუნტზე მოქმედ ძვრის ძალებს, **ძვრისადმი წინააღმდეგობის მაჩვენებლები** ეწოდება.

ქანების დეფორმაციული თვისებები ხასიათდება შემდეგი მაჩვენებლებით:

**დრეკადობის მოდულით**, რომელიც პროპორციულობის კოეფიციენტი და დაბულობასა და მის შესაბამის ფარდობით დეფორმაციას შორის. რიცხობრივად დრეკადობის მოდული ტოლია დაბულობისა მპა-ში, რომელიც იწვევს ერთეულის ტოლ ფარდობით დეფორმაციას. იგი არის ქანის სიხისტის მახასიათებელი, ე.ი. გამოხატავს ხაზობრივი დეფორმაციისადმი ქანის დრეკადი წინააღმდეგობის უნარს.

**საერთო დეფორმაციის მოდული** ასახავს პროპორციას საერთო დეფორმაციებსა და მათ გამომწვევ დაბულობებს შორის.

ქანების დეფორმაციული თვისებების მნიშვნელოვანი მახასიათებელია **განივი დეფორმაციის კოეფიციენტი (პუასონის კოეფიციენტი)**, რომელიც გამოხატავს შეფარდებას განივ და გრძივ ფარდობით დეფორმაციებს შორის.

კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანებისათვის პუასონის კოეფიციენტი მერყეობს 0,1-დან 0,4-მდე, ქვიშებისა და ქვიშნარებისათვის 0,3-ის ტოლია, ხოლო თიხებისათვის – 0,42-ის (ვ. ლომთაძე, 1977).

**გვერდითი წნევის კოეფიციენტი.** ქანების შეკუმშვისას, იმ პირობებში, როდესაც არ არის მათი გვერდითი გაფართოების საშუალება, წარმოიქმნება გვერდითი წნევა ანუ განბჯენა. მისი შეფარდება გამომწვევ ვერტიკალურ წნევასთან გვაძლევს გვერდითი წნევის კოეფიციენტის სიდიდეს.

კლდოვანი ქანებისათვის გვერდითი წნევის კოეფიციენტი მერყეობს 0-დან 0,1-მდე, ნახევრად კლდოვანი ქანებისათვის – 0,1-0,3, ქვიშებისათვის – 0,3-0,4, თიხნარებისა და თიხებისათვის – 0,4-0,7.

**კუმშვადობის კოეფიციენტი.** კუმშვადობა – გარე ძალების ზემოქმედებით ქანის მოცულობაში შემცირების უნარია. ეს თვისება ახასიათებს თიხურ ქანებს. ამ ზემოქმედების შედეგად ქანი იტკეპნება და მკვრივდება. ამ დროს ფორიანობის შემცირების ხარჯზე იზრდება მისი მოცულობითი წონა.

ამრიგად, თიხური ქანების შეკუმშვის ხარისხი შეიძლება განისაზღვროს მათი ფორიანობით: რაც უფრო მეტია ფორები და დიდია ქანზე მოქმედი წნევა, მით უფრო მეტად მცირდება მისი ფორიანობა.

## თავი V

### კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური დახასიათება და შიფასება

**კლდოვანი ქანები** ხასიათდება მაღალი სიმტკიცით, მცირე დეფორმირებადობითა და წყალშეღწევადობით. წარმოშობის მიხედვით იყოფა **მასიურ კრისტალურ-მაგმურ, ფიქლებრივ-კრისტალურ, მეტამორფულ და მტკიცედ შეცემენტებულ დანალექ ქანებად.**

**ნახევრად კლდოვანი ქანები** შედგენილობის, აღნაგობის და ფიზიკური მდგომარეობის თავისებურებების მიხედვით ხასიათდება ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების რამდენამდე დაქვეითებული მაჩვენებლებით.

ნახევრად კლდოვანი ქანების ჯგუფს მიეკუთვნება:

- 1) მაგმური, მეტამორფული და შეცემენტებული დანალექი ქანები, რომლებშიც განვითარებულია ნაპრალები და მიმდინარეობს გამოფიტვის პროცესები;
- 2) ნატეხოვანი (კლასტური) სუსტად შეცემენტებული ქანები;
- 3) თიხოვანი ქანები მაღალი ხარისხის ლითიფიკაციით;
- 4) ორგანოგენული და ორგანოგენულ-ქიმიური ქანები;
- 5) პიროკლასტური და ეფუზიურ-დანალექი შეცემენტებული ქანები.

ტექტონიკური მოძრაობის გამო მაგმური გამდნარი ქანები შეიჭრებიან მინის ქერქში და განიცდიან გვერდითი ქანების მოძრავი მასების წნევას, რის გამოც ხდება მაგმის გამოდინება პერპენდიკულარული მიმართულებით. ე.ი. მაგმური ქანების ჩამოყალიბება მიმდინარეობს განსაკუთრებულ თერმოდინამიკურ პირობებში. ამის გამო კლდოვანი მაგმური ქანის საინჟინრო-გეოლოგიური მახასიათებელი არსებითად განსხვავდება იმ მახასიათებლებისაგან, რომლებიც მას მინის ზედაპირზე ბუნებრივი განლაგების პირობებში აქვს.

მეტამორფული ქანები წარმოიქმნება მაგმური და დანალექი ქანებისაგან სიღრმული გარდაქმნების შედეგად მაღალი ტემპერატურისა ( $850-900^{\circ}\text{C}$ ) და წნევის (10-12 ათას ატმოსფერომდე), ცხელი ხსნარების და აქროლადი კომპონენტების მოქმედებით. მეტამორფული ქანები გამოირჩევა თავისი შინაგანი აღნაგობით, ე.ი. სტრუქტურითა და ტექსტურით. ამ ქანების საერთო ნიშანია მათი სრულკრისტალური აღნაგობა და ფიქლებრიობა.

მეტამორფული ქანების განლაგების პირობები დამოკიდებულია სანყისი ქანების განლაგების პირობებზე. ამასთან, გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს მეტამორფიზმის ტიპს: რეგიონალური მეტამორფიზმის დროს წარიტაცება უზარმაზარი არეები, ამ შემთხვევაში მეტამორფული ქანები ქმნიან მსხვილ მასივებს, გარკვეულ ფორმაციებს; ლოკალური მეტამორფიზმი კი მოიცავს შემოზღუდულ უბნებს.

დანალექი წარმოშობის კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანები ფართო-დაა გავრცელებული ბაქნური ოლქის ზედა სტრუქტურულ სართულზე და ნაოჭა ოლქებში. მასალის დაგროვების პირობების მიხედვით წარმოიქმნება მათი სხვადასხვა გენეტიკური და პეტროგრაფიული ტიპები: 1) პიროკლასტური, 2) ნატეხოვანი, 3) თიხოვანი, 4) ორგანოგენული და 5) ქიმიური.

**პიროკლასტური ქანები** წარმოიქმნება ვულკანური ამოფრქვევის პროდუქტების მონანილებით, ამიტომ ნორმალურად დანალექი მასალის გვერდით მათ შედგენილობაში შედის პიროკლასტური მასალაც, აგრეთვე პელიტური და ალევრიტული (ვულკანური ფერფლი), ფსამიტური (ვულკანური სილა) და ფსემიტური (ლიაპილები – 2-25 მმ ნატეხები და ვულკანური ბომბები ლოდების ჩათვლით) მასალა.

ცხრილი V-1

პიროკლასტური ქანების კლასიფიკაციის სქემა (ვ. კარპინსკი)

დანანილების საყრდენი ნიშნები	ტუფი	ტუფიტი	ტუფიტური ქანი
პიროკლასტური მასალის რაოდენობა ქანში, %	90	90-30	30-10
პიროკლასტური და ტერიგენული ნანილების ზომები, მმ	პელიტური <0,002; ალევრიტული – 0,002-0,05; ფსამიტური – 0,05-2; ფსემიტური >2	პელიტური <0,002; ალევრიტული – 0,002-0,05; ფსამიტური – 0,05-2; ფსემიტური >2	
პიროკლასტური ნანილაკების აგრეგატული მდგომარეობა	ვიტროკლასტური კრისტალურ-კლასტური, ლითოკლასტური, შერეული	ვიტროკლასტური კრისტალურ-კლასტური, ლითოკლასტური, შერეული	
პიროკლასტური მასალის ნივთიერი შედგენილობა	ლიპრიტული, ფელზიტური, ტრაქიტული, ანდეზიტური, ბაზალტური და სხვ.	ლიპრიტული, ფელზიტური, ტრაქიტული, ანდეზიტური, ბაზალტური და სხვ.	
ნორმალური დანალექი ქანის ლითოლოგიური ტიპი	–	–	ტუფოგენური ქვიშაქვა, ალევროლიტი და სხვ.

**ირაკლი მიქაძე**

პიროკლასტური ქანების მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია მათი ცემენტი. ტუფიტებში და ტუფოგენურ ქანებში ცემენტი ყოველთვის შეიცავს ნორმალურ-დანალექ მასალებს, ტუფებში – წვრილდისპერსიულ ვულკანოგენურ მასალას. პიროკლასტური შეცემენტებული ქანები ხასიათდება სიმტკიცით და ხშირად განლაგებულია ეფუზიური და დანალექი ქანების წარმონაქმნებს შორის შუა შრეების, ლინზებისა და ფენების სახით.

**ნატეხოვანი ქანები** წარმოიქმნება მონატეხი მასალის შეცემენტებით მისი დაგროვების პროცესში ან დალექვის შემდეგ.

ნატეხოვანი ქანები იყოფა: ფსეფიტურ (კონგლომერატები, ბრექჩიები და გრაველიტები – ნატეხების ზომები: 2-200 მმ და მეტი), ფსამიტურ (ქვიშაქვები – ნატეხების ზომები: 0,05-2 მმ) და ალევრიტულ (ალევროლიტები – ნატეხების ზომები: 0,002-0,05 მმ) სახეობებად (იხ. ცხრილი V-2).

**თიხოვანი ქანები** მიეკუთვნება ნახევრად კლდოვან ქანებს. ამ ჯგუფში შედის მაღალი ხარისხის ლითიფიკაციის სახესხვაობები – არგილიტები და ზოგიერთი თიხოვანი ფიქალი. ეს ქანები ფართოდაა გავრცელებული მთიან ნაოჭაოლქებში და ბაქნებზე.

**არგილიტები** თიხოვანი ქანებია, რომლებიც მნიშვნელოვანი გრავიტაციული დატვირთვის ან ტექნიკური წნევების გავლენით ძლიერაა შემკვრივებული და დეჰიდრატირებული. წყალი არგილიტებში მხოლოდ ფიზიკურად ბმულ მდგომარეობაში არსებობს, ამიტომ სტრუქტურული კავშირები გამოირჩევა მაღალი სიმტკიცით.

**ორგანოგენული და ქიმიური ქანებიდან** საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით ყველაზე მეტ პრაქტიკულ ინტერესს იწვევს კარბონატული ქანები: კირქვები, დოლომიტები, მერგელები, ცარცი და აგრეთვე კაჟიანი დიატომიტები, ტრეპელები, ოპოკები და სხვ.

ცხრილი V-2

ნატეხოვანი შეცემენტებული ქანების კლასიფიკაცია

ნატეხების ზომები, მმ	დამრგვალებული ნატეხები	დაკუთხული ნატეხები
>200	ფსეფიტური ნატეხები კონგლომერატები კაჭარიანი	–
200-60	კონგლომერატები მსხვილკენჭებიანი	ბრექჩიები
60-40	კონგლომერატები საშუალოკენჭებიანი	–
40-30	კონგლომერატები წვრილკენჭებიანი	–
20-2	გრაველიტი	–

	ფსამიტური ნაწილაკები	
2-1	ქვიშაქვები უხეშმარცვლოვანი	-
1-0,5	ქვიშაქვები მსხვილმარცვლოვანი	-
0,5-0,1	ქვიშაქვები საშუალომარცვლოვანი	-
0,25-0,1	ქვიშაქვები წვრილმარცვლოვანი	-
0,1-0,05	ქვიშაქვები წმინდამარცვლოვანი	-
	ალევიტული ნაწილაკები	
0,05-0,002	ალევიტები	-

კარბონატული ქანები ფართოდაა გავრცელებული თითქმის ყველა ოლქში და შედის ყველა გეოლოგიური სისტემის შემადგენლობაში.

კარბონატული ქანები ძირითადად შედგება კალციტის, დოლომიტისა და ტერიგენული მინერალებისაგან (იხ. ცხრილი V-3).

ცხრილი V-3

კირქვიან-დოლომიტური ქანების კლასიფიკაცია  
(ს. ვიშნიაკოვი)

ქანები	CaCO <sub>3</sub>	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
კირქვა	95-100	0,5
კირქვა დოლომიტისებური	75-95	5-25
კირქვა დოლომიტური	50-75	25-50
დოლომიტი კირქვიანი	25-50	50-75
დოლომიტი კირქვისებური	5-25	75-95
დოლომიტი	0,5	95-100

კარბონატული ქანებისათვის ყველაზე უფრო დამახასიათებელია შემდეგი სტრუქტურები:

- **მიკრომარცვლოვანი**, ამ შემთხვევაში ქანი შედგება კალციტის უწვრილესი (<0,001 მმ) მარცვლებისაგან. ამ სტრუქტურას **პელიტომორფულსაც** უწოდებენ;

- **კრისტალურ-მარცვლოვანი** ქანი, რომელიც შედგება კარბონატული მინერალებისაგან. არჩევენ მსხვილმარცვლოვან (>0,5 მმ), საშუალომარცვლოვან (0,25-0,5 მმ) და წვრილმარცვლოვან (0,01-0,25 მმ) სტრუქტურებს.

- **ორგანოგენული ქანი** შედგება კირქვიანი ნიჟარებისაგან. ორგანოგენულ სტრუქტურებს, რომელშიც ორგანული ნარჩენები მონატეხების სახითაა, დეტრიტული (მონატეხების ზომა >0,1 მმ) და ლამური (მონატეხების ზომა <0,1 მმ) ეწოდება.

## *ირაკლი მიქაძე*

– **ნატეხოვანი ქანი** შედგება უფრო ძველი კარბონატული ქანის მონატეხებისაგან: კირქვიანი ბრექჩიების, კონგლომერატების, გრაველიტებისა და ქვიშაქვებისაგან.

– **ოოლითური** ქანი შედგება წვრილი ოოლითებისაგან (მომრგვალებული მარცვლებისაგან), რომლებიც წარმოიქმნება კარბონატული ნივთიერების ზოგიერთი ცენტრის გარშემო – მტვრის, წვრილი ქვიშის და სხვათა დალექვის შედეგად.

**დიატომიტები** თითქმის მთლიანად შედგება დიატომური წყალმცენარეების ჩონჩხებისაგან. მათი არსებითი მინარევებია თიხოვანი ნაწილაკები, კვარცის, გლაუკონიტის და სხვა მინერალების მარცვლები.

**ტრეპელს** უწოდებენ ოპალურ ქანს, იგი შეიცავს ნაკლებკაჟიან ორგანულ ნარჩენებს, ვიდრე დიატომიტები, ან სულ არ შეიცავს მათ.

**ოპოკებიც** ძირითადად ოპალისაგან შედგება და უფრო მაგარია, ვიდრე ტრეპელები.

**სპონგოლიტები** ეწოდება ზღვის ღრუბლისებრ სპიკულებისაგან შემდგარ კაჟიან ქანებს. გარეგნულად ნააგავს ოპოკებს, მაგრამ მათგან გამოირჩევა მეტი სიმკვრივეთა და მაღალი მოცულობითი წონისაგან.

**რადიოლარიტები** ორგანული ნარჩენებით მდიდარი კაჟიანი ქანებია და ძირითადად შედგება რადიოლარიების ნიჟარებისგან.

**იასპისები** ეწოდება ნაოჭა ოლქებში ფართოდ გავრცელებულ კაჟიან ქანებს, შედგება მიკრომარცვლოვანი ქალცედონისა და რადიოლარიებისაგან, გამოირჩევა სიმაგრით. იასპები წარმოიქმნება კაჟიანი ქანების მეტამორფიზმის შედეგად.

კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების ნივთიერი შედგენილობის სტრუქტურასა და ტექსტურას უდიდესი გავლენა აქვს მათ სიმტკიცეზე, დეფორმაციასა და მდგრადობაზე.

მაგმური და მეტამორფული ქანების ნივთიერი შედგენილობა განისაზღვრება მათი მინერალოგიური სახესხვაობებით, დანალექი ქანებისა – მათი თანმდევი მინერალების კრისტალების და მათი ნატეხების, აგრეთვე სხვადასხვა მინარევებისა და შემაცემენტებელი ნივთიერებების არსებობით.

გამოფიტვისადმი მინერალების მდგრადობა, ისევე როგორც ხსნადობა, სიმტკიცე და სხვ., განისაზღვრება მათი კრისტალური მესრის ჯამური ენერგიით. რაც უფრო მეტი ენერგია დაიხარჯა კრისტალური მესრის დაშლისათვის, მით უფრო მეტ ენერგიას შეიცავს ეს ნივთიერება და მით უფრო მაღალია მისი წინააღმდეგობა დაშლისადმი.



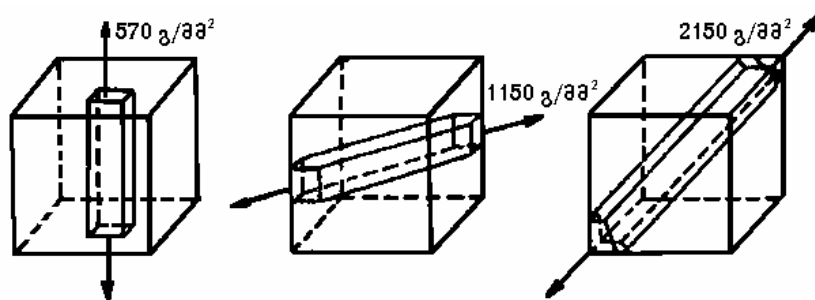
მინერალთა ჯგუფები კუმშვადობის მიხედვით (ს. პანიუკოვი)

მინერალთა ჯგუფები	მოცულობითი კუმშვის კოეფიციენტის მნიშვნელობების ინტერვალი, $10^{-6}$ სმ <sup>2</sup> /კგ	მინერალები
სუსტად კუმშვადი	0,02-0,8	ალმასი, კორუნდი, ძონები, ტოპაზი
საშუალოდ კუმშვადი	0,8-1,6	ტურმალინი, ოლივინი, სიდერიტი, პიროქსენები, აპატიტი, დოლომიტი, ფლუორიტი, ამფიბოლები, კალციტი, არაგონიტი, ფუძე პლაგიოკლაზები
კუმშვადი	1,6-3,2	მჟავა პლაგიოკლაზები, ანჰიდრიტი, მიკროკლინი, ორთოკლაზი, ქარსები, თაბაშირი, კვარცი
ძლიერ კუმშვადი	3,2-6,4	ჰალიტი, სილვინი, გრაფიტი

მინერალების მდგრადობა გამოფიტვისადმი დამოკიდებულია არა მარტო ჯამური ენერგიის საანგარიშო სიდიდეზე, არამედ თვით მესრის აღნაგობაზე.

უმთავრესი ქანმაშენი მინერალებიდან გამოფიტვისადმი ძალიან მდგრადია კვარცი, ნაკლებად მდგრადი – მუსკოვიტი, ორთოკლაზი, მიკროკლინი; ზომიერად მდგრადი – ნატრიუმ-კალციუმიანი მინდვრის შპატები, ამფიბოლები, პიროქსენები, კალციტი.

მინერალოგიური შედგენილობა გავლენას ახდენს კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების სიმტკიცესა და სიმაგრეზე (მინერალების სიმტკიცე და სიმაგრე მეტია, ვიდრე ქანების).



ნახ. 25. ჰალიტის კრისტალის სიმტკიცე გავლენაზე სხვადასხვა მიმართულებით

## ირაკლი მიქაძე

სიმაგრეს ახასიათებს წინააღმდეგობა, რომელსაც ერთი სხეული უწევს მეორე სხეულს მასში შეღწევისას, ე.ი. სიმაგრე არის სიმტკიცე ჩანწევაზე. მაშასადამე, სიმტკიცე არის სხეულის ზოგადი თვისება, სიმაგრე კი სიმტკიცის გამოვლენის კერძო შემთხვევა.

კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების მდგრადობასა და სიმტკიცეზე არსებით გავლენას ახდენს აგრეთვე მათი სტრუქტურა და ტექსტურა. მაგმურ და ნანილობრივ მეტამორფულ ქანებში სტრუქტურა უმთავრესად ხასიათდება: 1) ქანის კრისტალურობის ხარისხით (სრულკრისტალური, პორფირული, ფარულკრისტალური და მინისებრი); 2) ქანის ამგები კრისტალების აბსოლუტური სიდიდით (მსხვილმარცვლოვანი, საშუალომარცვლოვანი, წვრილმარცვლოვანი, ფარულკრისტალური, მინისებრი) და 3) ქანის შემადგენელი კრისტალების შეფარდებითი სიდიდით (თანაბარმარცვლოვანი, არათანაბარმარცვლოვანი, პორფირული).

დანაღეჟ კარბონატულ ქანებს შორის ყველაზე უფრო მდგრადი და მტკიცეა კრისტალური კირქვები და დოლომიტები თანაბარი, საშუალო და წვრილმარცვლოვანი სტრუქტურით, მონატეხოვან-შეცემენტებულში კი – ფსამიტური თანაბრად საშუალომარცვლოვანი, წვრილმარცვლოვანი და ალევრიტული სტრუქტურის მტკიცედ შეცემენტებული ქანები.

კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების განლაგების თავისებურებებს განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს სამშენებლო ტერიტორიის, მოედნის ან უბნის საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასებისათვის. ისინი განისაზღვრება ქანების განლაგების ფორმით, მათი სიმძლავრის და განვრცობის უცვლელობით, სხვა ქანებთან თანაფარდობით და პირველადი განლაგების დარღვევის ხარისხის ტექტონიკური მოძრაობებით.

ქანების განლაგების თავისებურებები განაპირობებს გეოლოგიურ აგებულებას, სტრუქტურას და ამა თუ იმ უბნის და ცალკეული ნაგებობის საფუძვლის პირობების ერთგვაროვნებას, მოქმედებს ფერდობების მდგრადობაზე, სამთო გამონამუშევრებზე და ხშირად განსაზღვრავს მინისქვემა წყლების განლაგების, მოძრაობის და განტვირთვის პირობებს.

ბაქნებზე დანაღეჟი ქანები განლაგებულია მშვიდად, თითქმის ჰორიზონტალურად, ან ქმნიან ნაოჭებს შედარებით დამრეცი ფრთებით. ქანები ნაკლებად შემკვრივებული და ნაკლებად მტკიცეა. გვხვდება ფხვიერი, ქვიშიანი, აგრეთვე თიხოვანი სახესხვაობები.

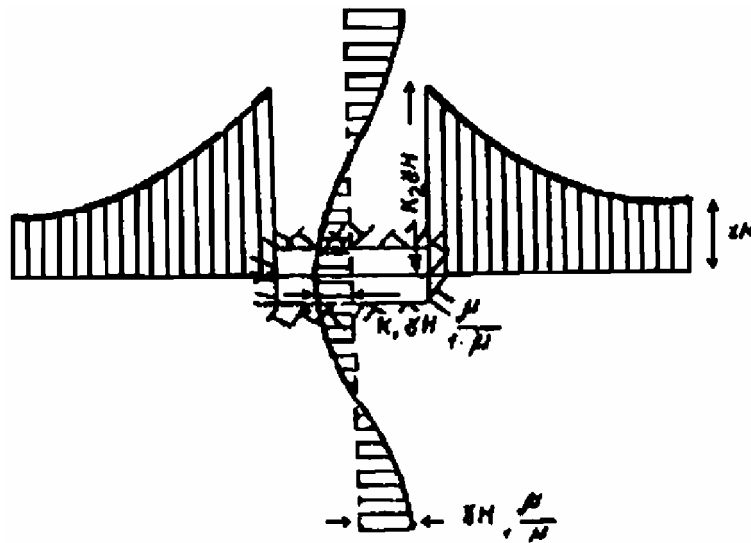
ნაოჭა ოლქებში ქანი ჩვეულებრივ ძლიერ დისლოცირებულია, აქ ფართოდაა გავრცელებული ქანის მთლიანობის დარღვევის სახეები: ნასხლეტები, შეცოცებები, ნანევები, რომელთაც თან ახლავს ქანის დამსხვრევა, დანაპრალიანება, მაგრამ დაურღვეველ უბნებზე ქანები გამოირჩევა დიდი სიმკვრივით, სიმტკიცით, სიხისტით და ნარჩენი დაძაბულობით.

კლდოვან და ნახევრად კლდოვან ქანებს წარმოქმნის პირობების მიხედვით შეიძლება ჰქონდეთ განლაგების სხვადასხვა ფორმა. მათ შეუძლიათ წარმოქმნან

სხვადასხვა ზომისა და ფორმის მასივები, დაიკები, შტოკები, ძარღვები, განფენები, ნაკადები, თალები, დასტები, შრეები და სხვ.

ბუნებრივი განლაგების პირობებში ქანები იმყოფება ყოველმხრივი კუმშვის პირობებში, რომელიც ვითარდება ზემოთ მდებარე ქანების მასების წონით, ტექტონიკური მოძრაობებით, ტემპერატურული გრადიენტებისა და გეოქიმიური პროცესების გავლენით.

ქანებში შინაგანი ძაბვა შეიძლება შენარჩუნებულ იქნეს ხანგრძლივი დროის განმავლობაში. ქანებში ძაბვების განაწილება შეიძლება იყოს არათანაბარი. ქანების სიღრმეში ეს ძაბვები მცირდება, გადადის კუმშვაში და უახლოვდება სანყის სიდიდეს ხელუხლებელ მასივში (იხ. ნახ. 26).



ნახ. 26. ქანებში მთავარი ნორმალური დაძაბულობების განაწილების ეპიურები ჰორიზონტალური მინისქვეშა გამონამუშევრის გაყვანის შემდეგ

კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების ნაპრალოვნება ერთ-ერთი გადამწყვეტი ფაქტორია მათი საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასების დროს.

ნაპრალები გავრცელებულია რამდენიმე ურთიერთგადამკვეთი მიმართულებით, რითაც განსაზღვრავენ ზედაპირებისა და შესუსტების ზონების სივრცულ განლაგებას. ამიტომაც, რომ ნაპრალოვნება გავლენას ახდენს ქანების სიმტკიცესა და მდგრადობაზე, დეფორმირებადობაზე, მათ გამოვლენის ხასიათსა და სიდიდეზე: წყლოვანობაზე, ტენტივადობაზე, ტენშელწევადობაზე და გამოფიტვის პროცესების განვითარების ინტენსივობაზე, კოროზიული და კარსტნარმომქმნელი პროცესების განვითარებასა და კარსტის შეღწევაზე სიღრმეში, ქანების მასივში ტემპერატურულ რეჟიმზე, სეისმომდეგობაზე, სიმაგრეზე, დამუშავების სირთულესა და ქანების სამშენებლო კატეგორიაზე, ხოლო ობიექტების დაპროექტებისას საძირკვლის ღრმულის სიმძლავრის განსაზღვრაზე.

## ირაკლი მიქაძე

ნაპრალების ორიენტირების სისტემატიზაციას თვალსაჩინოებისათვის თანახმად გრაფიკული გამოხატვა – ე.წ. ვარდებით, რომლებიც წარმოდგენას იძლევიან ნაპრალების განვრცობისა და დაქანების გაბატონებულ მიმართულებებზე.

ტექტონიკურ ნაპრალებს გააჩნია შემდეგი ზოგადი თავისებურებანი:

- 1) დიდი ან შედარებით დიდი გამწეობა განვრცობასა და სიღრმეზე;
- 2) განსაზღვრული სივრცული განლაგება, რომელიც უმეტესად განაპირობებს ნაპრალების სისტემათა წარმოშობას;
- 3) ნაპრალების სისტემების კანონზომიერი შეთავსება ტექტონიკურ ელემენტებთან: ნაოჭებთან, ტექტონიკურ რღვევებთან და ა.შ.;
- 4) კონტროლი ქანების მრავალი სტრუქტურულ-პეტროგრაფიული ელემენტით – შრეებრივობით, ფიქლოვნებით, წრფივობით და ზოლოვნებით, ძარღვული წარმონაქმნებით და სხვ.

**კლივაჟი** (დაყოფის ზედაპირები, კანონზომიერად ორიენტირებული ნაოჭების მიმართ) მნიშვნელოვანი მოვლენაა, ფაქტობრივად, ნაპრალოვნების მსგავსად განსაზღვრავს კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების ფიზიკურ მდგომარეობას, დაშლის ხასიათს, მათ დეფორმაციას გარეგანი ძალების ზეგავლენით.

არატექტონიკური ნაპრალები წარმოიშვება კუმშვისა და გაჭიმვის იმ შიგა ძალების გავლენით, რომლებიც ვითარდება ქანში.

არატექტონიკური ნაპრალები წარმოშობის მიხედვით იყოფა:

- 1) კონტრაქციული, წარმოქმნილი მაგმური ქანების გაცივებისას მოცულობის შემცირებით – პირველადი განწევრების ნაპრალები;
- 2) გამოშრობის ნაპრალები, წარმოქმნილი ნალექების მოცულობის შემცირებით მათი გამოშრობისა და ჩაჯდომისას დიაგენეზის დროს;
- 3) დაფენების ნაპრალები, წარმოქმნილი დანალექ ქანებში მათი ლითიფიკაციის პროცესში, რომელსაც თან ახლავს დეჰიდრატაცია და შემკვრივება;
- 4) გამოფიტვის ნაპრალები, წარმოქმნილი გამოფიტვის დროს ქანების დაშლით;
- 5) განტვირთვის ნაპრალები, წარმოქმნილი ქანების მოცულობის ზრდით მათი ჰიდრატაციის ან დრეკადი გაცივების ღრმა ქვაბურებით გახსნისას, მიწისქვეშა გამონამუშევრების ან ეროზიული პროცესების დროს ხეობების ფერდობებზე;
- 6) მენყრის, ჩაქცევის და დაჯდომის ნაპრალები, რომლებიც ჩნდებიან ქანების მასივებში დაძაბულობათა გადანაწილებისა და მათი წონასწორობის დარღვევის გამო;
- 7) ხელოვნური ნაპრალები, წარმოქმნილი აფეთქებისას, ჩამოქცევებისას მიწისქვეშა გამონამუშევრებით ქანების გამომუშავების დროს.

კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების ნაპრალოვნების საინჟინრო-გეოლოგიური შესწავლისას ყურადღება ექცევა შემდეგ ძირითად საკითხებს:

1. ნაპრალების სივრცობლივ განლაგებას ანუ მათ ორიენტირებას ნაპრალების გაბატონებული სისტემების გამორკვევის მიზნით და ქანების ანიზოტროპულობას ამა თუ იმ უბანზე.

2. ნაპრალების და ნაპრალობის სისტემების მორფოლოგიას მათი გენეტიკური ტიპების დადგენისათვის და ლოკალური და რეგიონალური ნაპრალების გამოყოფისათვის.

3. ქანების ნაპრალოვნების ხარისხის დადგენას, მათი დანაწევრების – დაშლის ხარისხის რიცხობრივი შეფასების მიზნით, ნაპრალოვნების ხარისხით განსხვავებული უბნებისა და ზონების გამოყოფას.

4. ნაპრალების და ნაპრალობის სისტემების გავლენის შეფასებას ზედაპირებისა და შესუსტების ზონების სიმტკიცეზე, დეფორმირებადობაზე, მდგრადობაზე, ქანების წყალშეღწევადობაზე და მათ ანიზოტროპულობაზე ამ მიმართულებით; მათი გავლენის შეფასებას ადგილისა და დასაპროექტებელ ნაგებობათა მდგრადობაზე.

5. საძიებო და საცდელი სამუშაოების რაციონალური მეთოდიკის განსაზღვრას საინჟინრო-გეოლოგიური ძიებისა და კვლევების დროს ანიზოტროპიის და ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ძირითადი მაჩვენებლების გამოვლინებისათვის მათი ნაპრალოვნების ორიენტირებისაგან დამოკიდებულებით.

## თავი VI

### ფსვიარი შეუკავშირებელი და რბილი შეკავშირებული ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური დახასიათება და შეფასება

#### 6.1. ფხვიერი შეუკავშირებელი და რბილი შეკავშირებული ქანების დახასიათება

ეს ქანები ზღვიური, ლაგუნური და კონტინენტური წარმოშობისაა (ფხვიერი შეუკავშირებელი – ქვიშები, ხრეშიანი ქანები, კენჭნარი და სხვ.; რბილი შეკავშირებული – თიხოვანი ქანები – თიხები, თიხნარი და ქვიშნარი) და ძირითადად გვხვდება მეოთხეულ ნალექებში.

ფხვიერი შეუკავშირებელი ქანები წარმოადგენს დანალექი ნატეხი ქანების ჯგუფს, მათი მთავარი თვისებაა სიფხვიერე, ე.ი. შემადგენელ ნაწილებს შორის კავშირის არარსებობა.

ქვიშან-თიხოვანი ქანების მინერალოგიური და პეტროგრაფიული შედგენილობა განპირობებულია ძირითადი ქანების შედგენილობით და მათი დაშლის პროდუქტების დიფერენციაციის ხარისხით.

ფხვიერი შეუკავშირებელი ქანების კლასიფიკაცია ხდება მასალის ზომების მიხედვით. ამ ნიშნით გამოიყოფა: **ფსეფიტები** (ლოდები და ბელტები; მსხვილი, საშუალო და წვრილი კენჭნარი და ლორდი, ხრეში და ხვინჭა) და **ფსამიტები** (უხეშ-, მსხვილ-, საშუალო-, წვრილ- და წმინდამარცვლოვანი ქვიშები). იხ ცხრილი VI-1.

რბილი შეკავშირებული თიხოვანი ქანები ფართო ჯგუფია წვრილი დისპერსიული დანალექი ქანებისა, რომელთაც უჭირავს შუალედური მდგომარეობა ტიპურ ნატეხოვან და ქიმიურ ქანებს შორის. ისინი შეიცავენ წვრილდისპერსიულ (<2 მმ) ნაწილაკებს, რომლებიც ძირითადად თიხოვანი მასალისგან შედგება.

ფხვიერი შეუკავშირებული ქანების კლასიფიკაცია პეტროგრაფიული ნიშნების მიხედვით

გრანულო-მეტრიული შედგენილობის და სტრუქტურის მიხედვით	გრანულო-მეტრიული შედგენილობის მიხედვით	მინერალური შედგენილობის მიხედვით	ზოგიერთი მინარევის შემცველობის მიხედვით	სიმტკიცის ხარისხის მიხედვით
ფსეფიტები				
ლოდები და ბელტები, მსხვილი კენჭნარი და ლორღი, ხრეში და ხვინჭა	ერთგვაროვანი, არაერთგვაროვანი, ძლიერ ერთგვაროვანი	-	ქვიშოვანი შემავსებლით, ქვიშოვან-თიხოვანი შემავსებლით	მკვრივი ალნაგობის, საშუალო ალნაგობის, ფხვიერი ალნაგობის
ფსამიტები				
ქვიშები: უხემ-, მსხვილ-, საშუალო-, წვრილ- და წმინდა-მარცვლოვანი	ერთგვაროვანი, არაერთგვაროვანი, ძლიერ ერთგვაროვანი	მონომინერალური (კვარციანი), ოლიგომიქტური (კვარციან-მინდვრ-ისშპატიანი), პოლიმიქტური, პოლიმიქტური არკოზული, პოლიმიქტური გრაუვაკული	გლაუკონიტური ქარსოვან-პირიტული, ხრეშიანი, ლოდნარი, ჰუმუსირებული	მკვრივი საშუალო და ფხვიერი ალნაგობის

თიხოვან ქანებში გამოყოფენ საკუთრივ თიხებსა და თიხოვანი ქანების სახესხვაობებს.

წვრილდისპერსიულს უწოდებენ ისეთ დანალექ ქანებს, რომელთა შედგენილობაში არანაკლებ 0,002 მმ ზომის მარცვლები 30%-ზე მეტია. ბუნებრივ მდგომარეობაში ან ხელოვნურად წყლით გაჯერებისას ისინი ხასიათდებიან შეკავშირების უნარით და პლასტიკურობით, ხოლო გამოშრობის დროს ინარჩუნებენ მინიჭებულ ფორმას.

თიხოვან ქანებს მიეკუთვნება ქანები, რომლებიც შედგენილობით და თვისებებით თიხების მსგავსია, მაგრამ განსხვავდება მათგან მსხვილდისპერსიული ნაწილაკების გაზრდილი რაოდენობის მინარევით, კარბონატული და ნახშიროვანი ნივთიერებებით და სხვ., ასევე შემკვრივების ხარისხით, გამარილიანებით ან სხვა ნიშნებით.

**ირაკლი მიქაძე**

თიხოვანი ქანების კლასიფიკაციით ზოგიერთი პეტროგრაფიული ნიშნის მიხედვით გამოიყოფა: თიხოვანი ლამი, რბილი თიხა, შემკვრივებული თიხა, არგილიტი და ფიქლოვანი არგილიტი (ცხრილი VI-2).

**ცხრილი VI-2**

თიხოვანი ქანების კლასიფიკაცია (ვ. ლომთაძე)

ლითოფიკაციის მიხედვით	თიხოვანუხედისკესიული ნაწილაკების მიხედვით	თიხოვანი მინერალების მიხედვით	კარბონატული მასალის მიხედვით	ზოგი მინარევის მიხედვით	დამარილიანების ხარისხის მიხედვით	ზოგ. ტემპერატურული ნიშნის მიხედვით	წარმოქმნის განსაკუთრ. პირობების მიხედვით
1	2	3	4	5	6	7	8
თიხოვანი ლამი	თიხა	კაოლინიტური	თიხა	კაჟიანი თიხა	დაუმარილიანებული	მასიური ქანი	თიხოვანი ნიადაგი
რბილი თიხა	ქვიშიანი თიხა	ჰიდროქარსით	კირიანი თიხა	ნახშიროვანი	სუსტად დამარილიანებული	შრეული ქანი	-
შემკვრივებული თიხა	თიხნარი	მონტმორილონიტური	თიხოვანი მერგელი	ბიტუმიანი თიხა	მარილიანი	მაკროფორიანი ქანი	-
არგილიტი	მტვროვანი ქვიშნარი	პოლიმინერალური	მერგელი	რკინიანი თიხა	ძლიერად დამარილიანებული	ძლიერმაკროფორიანი	-
ფიქლოვანი არგილიტი	-	-	კირქვოვანი მერგელი	-	-	-	-



წარმოშობის მიხედვით ქვიშიანი კენჭნარი და თიხოვანი ქანები შეიძლება იყოს კონტინენტური, ლაგუნური და ზღვიური.

**ა) კონტინენტური ქანებია:** 1) ელუვიური, 2) დელუვიური, 3) კოლუვიური, 4) ალუვიური, 5) პროლუვიური, 6) მყინვარული, 7) წყლოვან-მყინვარული, 8) ტბიური, 9) ჭაობიანი, 10) ეოლური და 11) ანთროპოგენული.

**ბ) ლაგუნური ქანებია:** 1) საკუთრივ ლაგუნური, 2) დელტური, 3) ესტუარული.

**გ) ზღვიური ქანებია:** 1) ნერიტული (წყალმარჩხი, დალექვადი 200 მ სიღრმემდე – შელფის ნალექები), 2) ბათიალური (დალექილი 200-დან 2000-3000 მ-მდე სიღრმეზე – კონტინენტური ფერდობის ნალექები) და 3) აბისური (3000 მ-მდე ღრმად დალექილი – მსოფლიო ოკეანის ფსკერის ნალექები).

### ა) კონტინენტური ქანები

**1. ელუვიური წარმონაქმნები** გამოფიტვის შედეგად წარმოქმნილი სხვადასხვა პროდუქტებია. შედგენილობის მიხედვით შეიძლება იყოს როგორც თიხები და თიხოვანი ქანები, ასევე ფხვიერი, შეუკავშირებელი ქვიშები, ხრეში, ხვინჭკა და მათი გარდამავალი სახესხვაობები.

თიხები და თიხოვანი ელუვიური ქანები წარმოიქმნება ძირითადად ქიმიური გამოფიტვის შედეგად, ხოლო ქვიშიან-ლორღიანი – ფიზიკური გამოფიტვის შედეგად.

ელუვიური ქანების გამოფიტვისას ისინი ფხვიერდება, რბილდება, იზრდება ფორიანობა და წყალგამტარობა.

ისეთ კლიმატურ პირობებში, სადაც აორთქლება სჭარბობს ატმოსფერულ ნალექებს, ელუვიონში გროვდება მარილები.

ელუვიური ნალექების ფორმირებისათვის ხელსაყრელი პირობებია იქ, სადაც ეროზია და გარეცხვა შესუსტებულია: დაბალ და ბრტყელ წყალგამყოფებზე, დამრეც და ძალიან დამრეც ფერდობებზე, რელიეფის უარყოფით ფორმებზე – მდინარეთა და ნაკადულთა ხეობებში, ჭალის და ჭალისზედა ტერასებში.

ელუვიურ ქანებში შეიმჩნევა წყალბადიონების კონცენტრაციის საერთო დაქვეითება, რაც ქმნის ჟანგის გარემოს, რომელიც უარყოფითად მოქმედებს ნაგებობათა რკინის და რკინაბეტონის ნაწილებზე.

სტეპების, ტყე-სტეპების და ნახევრად უდაბნოს ზონებში ელუვიური ნალექები გარდაიქმნება ლიოსისებური ქანების სახესხვაობად. მათთვის დამახასიათებელია დეფორმაცია დასველებისას.



ნახ. 27. ელუვიური ნალექების განლაგების პირობები:

1 – დელუვიონი; 2 – ელუვიონი; 3 და 4 – ნაპრალოვანი ძირითადი ქანების ზონა

ელუვიური ნალექები ადვილად განიცდის დეფორმაციას გრავიტაციული ძალების გავლენით (ჩამოქცევები, ზვავები, მენყრების გააქტიურება და სხვ.).

**2. დელუვიური ნალექები** ძირითადად გროვდება ფერდობებზე და მის ძირში, წყალგამყოფთა დაბალ ადგილებში წვიმის და გამდნარი წყლის საშუალებით გამოფიტული მასალის გადაადგილების შედეგად.

პეტროგრაფიული შედგენილობის მიხედვით ჭარბობს თიხოვანი სახესხვაობები (თიხა, თიხნარი და ქვიშნარი ქვიშის, ხრეშის, ლორღის, კენჭნარის ჩანართებით). ეს მასალა წარმოქმნის შუა შრეებს, ლინზებს, განფენებს, ზოგჯერ წყებებს, იშვიათად – შრეებს. ფერდობების დელუვიური ნალექები ხშირად მოძრავია, ხშირია ჩამოქცევები, მენყრები, რასაც ხელს უწყობს ქანების განწყლოვანება.

სტეპების, ტყე-სტეპების და ნახევრად უდაბნოს ზონებში დელუვიურ ნალექებს ხშირად აქვს ლიოსისებური სახე, მაკროფორიანი ტექსტურა, ხასიათდება დაჯდომით და გამარილიანებით.

დელუვიურ ნალექებს ახასიათებს მცირე სიმკვრივე, პლასტიკური და რბილ-პლასტიკური მდგომარეობა. პერიოდული გამოშრობის შედეგად სიღრმეში მათი თვისებები იცვლება. დელუვიური ნალექები ხშირად ძნელი გამოსარჩევია ელუვიურისაგან, რის გამოც მათ აერთიანებენ ელუვიურ-დელუვიურ კომპლექსად.

**3. კოლუვიურ ნალექებს** მიეკუთვნება მსხვილნატეხოვანი მასალა წყალგამყოფების დახრილ ზედაპირზე, მთის კალთებზე და მათ ძირში. ეს არის ზვავების, ჩამოშლისა და ფლატეების დანაგროვები, რომელიც წარმოიქმნება ქანების გამოფიტვის და დაშლის პროდუქტების არევით, რაც გამოწვეულია გრავიტაციით.

ფლატეები წარმოიქმნება პატარა ლოდების, ლორღის, ხვინჭისა და ქვიშიანი ნაწილაკების მთის ფერდობიდან ფუძისაკენ გორვის შედეგად. ფლატეები ქმნიან ფლატე-შლიეფებს.

საინჟინრო ნაგებობების მშენებლობის დროს ცდილობენ გვერდი აუარონ კოლუვიურ ნალექებს.

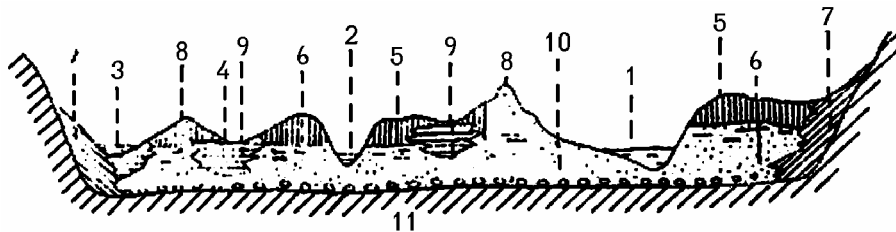
**4. ალუვიური ნალექები** წარმოიქმნება მდინარეთა ხეობების ძველი და თანამედროვე ტერასების და მდინარეთა კალაპოტის შემადგენელი ნალექების დაგროვების შედეგად. ვაკის მდინარეთა ხეობებში ალუვიური ნალექები წარმოდგენილია თიხოვანი ქანებით (ქვიშნარი, თიხნარი, თიხები და წვრილმარცვლოვანი ქვიშები) რიყნარისა და კენჭნარის ჩანართებით.

თანამედროვე ალუვიონი იყოფა 2 ჰორიზონტად: ჭალის და კალაპოტის. ჭალის ალუვიონი ძირითადად თიხოვანია, კალაპოტის წარმოდგენილია მსხვილი კენჭნარით, კაჭარით და დაუმუშავებელი ბელტებით.

ვაკის მდინარეებში ეროზია და აკუმულაცია მიმდინარეობს ერთდროულად. მდინარე შინაგანი დინამიკის შედეგად გამოიმუშავებს ხეობას და ფსკერზე ლექავს მონგრეულ და შეტივტივებულ ნატანს. პირველ სტადიაზე ჭარბობს ფსკერის ეროზია და იწყება კალაპოტის ალუვიონის წარმოქმნა; შემდეგ ფსკერის ეროზიას უსწრებს გვერდითი ეროზია და კალაპოტის ფაციესთან ერთად იწყება უფრო თიხოვანი, ჭალის ალუვიონის დაგროვება.

ჭალის ალუვიონის დაგროვებას თან სდევს დელუვიური მასალის ჩამოშლა ხეობის ფერდობებიდან და მაღალი ტერასებიდან. ამრიგად, ალუვიონის წყება კალთისპირა და ტერასისპირა ნაწილებში მდიდრდება დელუვიური მასალით, რომელიც შედგება ღორღის, კენჭნარის, ქვიშისა და თიხისაგან. ასეთ შერეულ ტიპს უწოდებენ ალუვიურ-დელუვიურს.

**ალუვიურ-დელუვიური ნალექები** გვხვდება ხეობების ფერდობების ფუძეში ან მაღალი ტერასების შვერილებზე გამოტანის კონუსების და მათი შლეიფების სახით, რომლებიც წარმოდგენილია ქვიშნარებით, თიხნარებით და თიხებით, ხრემის, ხვინჭის და კენჭების ჩანართებით.



ნახ. 28. ჭალის ალუვიონის სქემა (ნ. ნიკოლაევი):

1 – კალაპოტი; 2 – ფშანი; 3 – ტერასისპირა მდინარე; 4 – დაჭაობებული მდინარე; 5 – ჭალის ალუვიონი; 6 – კალაპოტის ალუვიონი; 7 – ალუვიურ-დელუვიური ნალექები; 8 – კალაპოტისპირა ზოლის ქვიშები; 9 – ძველი ნამდინარევის ალუვიონი; 10 – კალაპოტის ალუვიონის კენჭნარი; 11 – შედარებით ძველი ქანები, რომელზეც დალექილია ჭალის ნალექები

**5. პროლუვიური ნალექები** წარმოიქმნება მთის მდინარეთა სელური ნაკადებით ან დროებითი ნაკადებით.

ინტენსიური ატმოსფერული ნალექების ან მთაში თოვლისა და მყინვარების დნობის დროს მდინარეთა შესართავებთან წარმოიქმნება გამოტანის კონუსები ან მათი შლეიფები. პროლუვიური ნალექები ასევე წარმოიქმნება ხევებში დროებითი ნაკადების მიერ.

პროლუვიური ნალექები ლითოლოგიურად შეიძლება იყოს ყველანაირი შედგენილობის: ქვიშიან-კენჭიანი, ბელტურ-კაჭრიანი და თიხოვანი. მთებიდან დაშორებასთან ერთად მათი შედგენილობა იცვლება, მონატეხი მასალა ხარისხდება, ლოდები და ნარიყალი მცირდება. პროლუვიონი ხდება ქვიშიანი და ქვიშნარიანი, ხოლო შემდეგ თიხნარიანი და თიხიანი.

პროლუვიური ნალექებისათვის დამახასიათებელია შემდეგი თავისებურებანი:

1) ეს ნალექები გავრცელებულია ძირითადად მთისწინა დაბლობებში ან მთათაშუა დეპრესიებში;

2) წარმოქმნიან მთის მდინარეთა გამოტანის კონუსებს, პროლუვიურ შლეიფებსა და განფენებს;

3) პროლუვიურ ნალექებს შორის გვხვდება როგორც დაუხარისხებელი, ასევე ნაკლებად დახარისხებული სახესხვაობები: ქვიშნარ-კენჭნარი, კაჭრიან-ლორლიანი, ასევე კარგად დახარისხებული მტვრიან-თიხოვანი, ერთმანეთთან დაკავშირებული გარდამავალი ტიპებით;

4) ერთგვაროვან მტვრიან-თიხოვან და პროლუვიურ დანალექებს ხშირად აქვს ლიოსისებური სახე და მიდრეკილება დაჯდომისაკენ, მდიდარია წყალში ხსნადი მარილებით, ახასიათებს მაღალი ფორიანობა;

5) არაერთგვაროვანი სახესხვაობანი განირჩევიან მნიშვნელოვანი მინარევებით და უხეშნატეხოვანი მასალის ჩანართებით, უნესრიგო ან უხეში მრუდშრეული ტექსტურით და არასწორი ლინზების და სხვადასხვა შედგენილობის და თვისებების მონატეხი მასალის შუა შრეების მორიგეობით. ამ წარმონაქმნების სიმკვრივე და სიმტკიცე უფრო მაღალია, ვიდრე ერთგვაროვანი დანალექებისა.

**6. მყინვარული დანალექები** არის სხვადასხვანაირი მორენული წარმონაქმნები, რომელთა შორის განასხვავებენ ძირის (ფსკერის) და კიდურა მორენას.

ძირის მორენის წარმოქმნის პირობები რთული და მრავალფეროვანია. თუ ძირის მორენის წარმოშობა ხდებოდა მყინვარის ძირში, ის შეიძლება შემკვრივებულიყო მყინვარის მოძრაობისა და წონის გავლენით, თუ წარმოიშვა გამოდნობის გზით, მისი შემკვრივება შესაძლებელია გამოშრობის შედეგად ან მყინვარების ახალი განფენების, ან ზემომდებარე სხვა ქანების მოქმედებით.

ძირის მორენული ტიპის მყინვარული დანალექები გამოირჩევა გაზრდილი სიმკვრივით და განისაზღვრება მათი გრანულომეტრიული შედგენილობის არაერთგვაროვნობით.

მძლავრი მორენული წყებები ჩვეულებრივ ავსებენ ძველ მყინვარულამდელ დეპრესიებს. მორენული განფენები ხშირად გვხვდება წყალშუეთებში, ბრტყელ წყალგამყოფებთან, ხოლო იზოლირებული ბუდობები – როგორც ძველი დეპრესიის ფარგლებში და მათი შემავსებელი ქანების ქვედა ჰორიზონტებში, ასევე წყალგამყოფებსა და ტერასებზე.

კიდურა მორენები შედარებით ნაკლებადაა გავრცელებული და გვხვდება ცალკეულ უბნებში; მათ შორის არჩევენ ნაყარ და დანწევით მორენებს. პირველის წარმოქმნის დროს ჭარბობდა მყინვარების აკუმულაციური მოქმედება, რომელსაც მოჰქონდა თავის კიდურა ზონაში დიდი რაოდენობის მორენული მასალა. მეორის წარმოქმნა დაკავშირებულია დისლოკაციებთან. მოძრავი მყინვარის მოქმედებას მოჰყვება ძირითადი ქანების ამობურცვა, რომელსაც ახლავს ძლიერი დაჭმუჭნა, დანანევრება და მასალაში ცალკეული ლოდების და ჩანართების წარმოქმნა. წნევის მორენები ხშირად შედგება მთლიანად არამყინვარული ნალექებისაგან და მყინვარის დანწევით დეფორმირებული მასალისაგან. ქანების ამ დაშლილ ფორმებს **გლაციოდისლოკაციები** ეწოდება.

უფრო გავრცელებულია ძირის მორენული დანალექები, ამიტომ საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით ისინი უფრო საინტერესოა.

მყინვარულ მორენულ დანალექებს ახასიათებს გარკვეული თავისებურებები, რომელნიც დაკავშირებულია მათ წარმოშობის პირობებთან. ესენია:

- 1) ფართო გავრცელება და განლაგების პირობების თავისებურება (მძლავრი განფენები, ბორცვები);
- 2) შედგენილობის, ტექსტურის და სტრუქტურის დიდი არაერთგვაროვნობა;
- 3) მნიშვნელოვანი შემკვრივება და სიმტკიცე;
- 4) მორენებს შორის ქვიშიანი წყალშემცველი შუა შრეების, ლინზების, რბილი თიხების და თიხნარების არსებობა, რომლებიც ართულებენ სამშენებლო პირობებს;
- 5) მყინვარულმა მორენულმა დანალექებმა სხვადასხვა უბნებში შეიძლება წარმოქმნას რამდენიმე ჰორიზონტი, რომლებიც ერთმანეთისაგან გამოიყოფა ფლუვიოგლაციური, ტბიურ-მყინვარული დანალექებით და სხვ.; თიხოვანი მორენული დანალექები ადვილად რბილდება, ხოლო გაყინვისას ძლიერ ფუფდება.

საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით მყინვარული ნალექები წარმოადგენენ მძლავრ წყებებს, განფენებს, ბორცვებს, რომელთაც ახასიათებთ შედგენილობის არაერთგვაროვნება, შემკვრივება და სიმტკიცე. ქვიშიანი წყალშემცველი შუა შრეები, ლინზები, თიხები და თიხნარები ართულებს სამშენებლო პირობებს, რადგან ეს ნალექები ადვილად რბილდება, ხოლო გაყინვისას ძლიერ ფუფდება.

**7. წყლოვან-მყინვარულ დანალექებს** მიეკუთვნება ფლუვიოგლაციური და ტბიურ-მყინვარული, რადგან მათი ფორმირება არის მყინვარის მოქმედების შედეგი.

მყინვარების გადნობის შედეგად წარმოქმნილი ნაკადის დანალექებს **ფლუვიოგლაციური** ეწოდება. მათ ყოფენ 2 გენეტიკურ ტიპად: შიგა მყინვარული ანდა ინტრაგლაციური და მყინვარისპირა ან პერიგლაციური.

## *ირაკლი მიქაძე*

გამდნარი წყლის საშუალებით არხების, ნაპრალების, ღრანტეების და ღარტაფების გასწვრივ დაილექა მოტანილი მასალა: ქვიშა, ღორღი, კენჭნარი, კაჭარი და სხვ. ამგვარად, საკუთრივ მყინვარულ დანალექებში წარმოიქმნა შიგაფორმაციული ფლუვიოგლაციური წარმონაქმნები უსწორმასწორო სხეულების – ბუდობების, ლინზების, შრეების და შუა შრეების სახით.

ფლუვიოგლაციურ დანალექებთან დაკავშირებულია მინისქვეშა წყლები, რომლებიც ხშირად წყალუხვი ჰორიზონტებია. ფლუვიოგლაციურ დანალექებს აქვთ საშუალო და მკვრივი აღნაგობა, ამიტომ სხვადასხვა ნაგებობისათვის წარმოადგენენ საიმედო საფუძველს.

**ტბიურ-მყინვარული დანალექები** წარმოადგენილია ლინზების, წყებების, შუა შრეების, ბუდობების სახით, რომელთაც აქვთ წყვეტილი გავრცელება. მათი შედგენილობა ძირითადად თიხურია, ხოლო სიმძლავრე აღწევს 15-20 მეტრს.

ტბიურ-მყინვარული დანალექები ძირითადი თვისებების (წყალმელწვეადობა, წინალობა ძვრაზე და სხვ.) მიხედვით არის ანიზოტროპული. ლენტისებური დანალექები ხასიათდება შედარებით მაღალი ტენიანობით, ფორიანობით და დაბალი სიმკვრივით. მათი კონსისტენცია არამდგრადია, ფარულრბილპლასტიკური და კუმშვადია, აქვთ დაბალი წინალობა ძვრისადმი. შემკვრივებისას შეიმჩნევა წარჩენი დეფორმაციები. გაყინვისას ძლიერ იბურცება, სამშენებლო თვალსაზრისით მიეკუთვნება სუსტ ქანებს.

ტბიურ-მყინვარულ დანალექებს მიეკუთვნებათ ტბის დანალექები, რომელთა კვება ძირითადად ხორციელდება გამდნარი წყლების ხარჯზე. ტბების წარმოშობა დაკავშირებულია ღარტაფებსა და ქვაბულებთან. მათში ტბურ-მყინვარული დანალექების დაგროვება მჭიდროდ არის დაკავშირებული მყინვარის არსებობასა და მოქმედებასთან.

ტბიურ-მყინვარულ დანალექებშიც არჩევენ 2 გენეტიკურ ტიპს – შიდამყინვარულსა და მყინვარისპირას. პირველი გვხვდება საკუთრივ მყინვარულ დანალექებში ლინზების, შუა შრეების, ბუდობების სახით, მეორე – მყინვარის ფარგლებს გარეთ მყინვარისწინა ზონაში.

**8. ტბიური დანალექების** შედგენილობა დამოკიდებულია კლიმატურ პირობებზე, ტბის ადგილმდებარეობაზე, ზომასა და სიღრმეზე, რელიეფზე და ა.შ.

ტბიურ დანალექებს ახასიათებს შეზღუდული ფართობლივი გავრცელება, მცირე სიმძლავრე, ორგანიკის შემცველობა, მარილები და მინარევეები, შრეულობა, ანიზოტროპიულობა, სიმკვრივის, ფორიანობის, ტენიანობის და კონსისტენციის სხვადასხვა ფიზიკური მდგომარეობა.

დიდ ტბებში დანალექების დაგროვების პირობები უახლოვდება ზღვისას, ადგილი აქვს ნალექების ფაციალურ მონაცვლეობას ნაპირიდან წყალსატევის ცენტრისაკენ. სანაპიროსთან გროვდება მსხვილი კენჭნარი მასალა, შემდეგ თიხოვანი დანალექები. პატარა და არალრმა ტბებში ძირითადად ილექება თიხოვანი დანალექები. მეოთხეული ასაკის ტბიური ნალექების შედგენილობაში გამოიყო-

ფა: ლამები, ქვიშნარი, თიხნარი, თიხები, ხოლო ძირითადი ქანების ტბურ ფაცი-  
ესში – თიხები, ქვიშიანი თიხები, არგილიტები, ალევროლიტები და სხვ.

ტენიანი კლიმატის რაიონებში, მტკნარი ტბის აუზებში თიხოვანი დანალექე-  
ბი მდიდარია ორგანული ნარჩენებით, მათ შორის გვხვდება საპროპელური ლამე-  
ბის, ტორფის, ნახშირიანი, კაჟიანი და კირქვიანი სახესხვაობების ჰორიზონტები  
და შრეები.

მშრალი კლიმატის პირობებში, მომლაშო და მარილიანი ტბების აუზებში თი-  
ხოვანი ქანები მდიდარია ქიმიური ნალექებით: გოგირდმჟავათი, ჰალოიდური მა-  
რილებით და ბორატებითაც კი.

მეოთხეული თიხოვანი დანალექი ქანები ძირითადად პლასტიკურობით, დე-  
ნადობით, დაბალი სიმკვრივით და დაბალი მდგრადობის ფიზიკური მდგომარეო-  
ბით ხასიათდება. ძველმეოთხეულ და ძირითად ქანებში ტბიური ნალექები მჭიდ-  
რო აღნაგობის, მჭიდროპლასტიკური, ნახევრად მყარი ანდა მყარი კონსისტენ-  
ციისაა.

საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით ტბიურ ნალექებს ახასიათებს:

- 1) შეზღუდული ფართობრივი გავრცელება და მცირე სიმძლავრე;
- 2) განლაგების თავისებური პირობები;
- 3) თიხოვანი სახესხვაობები ხშირად მდიდარია ორგანიკით, სხვადასხვა მა-  
რილებით და მინარევეებით;
- 4) ქანებისათვის დამახასიათებელია შრეებრიობა და ფიზიკური თვისებების  
ანიზოტროპიულობა;
- 5) ასევე დამახასიათებელია სიმკვრივის, ფორიანობის, ტენიანობის და კონ-  
სისტენციის სხვადასხვა ფიზიკური მდგომარეობა.

**9. ეოლური დანალექები** დაკავშირებულია ქარის აკუმულაციურ მოქმედე-  
ბასთან. ზოგი მეცნიერის (პ. ტუტკოვსკი, ვ. ობრუჩევი, გ. მავლიანოვი, ი. ტრო-  
ფიმოვი) აზრით, ასეთი წარმოშობა აქვთ ლიოსებს. ეოლური წარმონაქმნებია  
უდაბნოებისა და ნახევრად უდაბნოების ბარქანის და დიუნის, ზღვისა და ტბის  
სანაპიროთა ქვიშები და ა.შ.

ვ. ობრუჩევის განმარტებით, ლიოსი არის ქანი, რომელიც წარმოქმნილია ატ-  
მოსფერული მტვრის დაგროვებით მშრალბალახიან სტეპში მშრალი კლიმატის  
პირობებში.

მტვერი, რომელიც ილექება სტეპებში, ნიადაგის წარმოქმნის პროცესების  
გავლენით გარდაიქმნება ლიოსად.

ლიოსებისათვის დამახასიათებელია შემდეგი ნიშნები: მაკროფორიანობა,  
მაღალი მტვრიანობა, მარილების (ძირითადად კარბონატული და სულფატური)  
დიდი შემცველობა. ისინი ადვილად რეცხვადი და დალბობადია, ხოლო გატენია-  
ნების დროს დაჯდომისაკენ მიდრეკილი.

ლიოსური ქანები ადვილად და სწრაფად ლბება, ჯდება და ირეცხება. ამის  
გამო ლიოსების გავრცელების რაიონებში ხშირად გვხვდება ხრამები და ბორც-  
ვები, წარმოიქმნება ფლატეები და მენყრები.

## *ირაკლი მიქაძე*

ლიოსების სწრაფი შემკვრივება ხშირად იწვევს სერიოზულ დეფორმაციებს, ამიტომ ობიექტთა დაპროექტებისა და მშენებლობის დროს მთავარი ყურადღება უნდა მიექცეს საძირკვლის ქანების დაჯდომათა ხარისხის შეფასებას.

მშენებლობის პროცესში, ლიოსების საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასებისას, მნიშვნელოვანია იმის განსაზღვრა, თუ რომელი ტიპის ქანებისგან არის წარმოშობილი ლიოსები და როგორია მისი ცვლილებების ხასიათი.

### **ბ) ლაგუნური ქანები**

ლაგუნური ქანები შელფის დანალექების ტიპია პატარა წყალმარჩხ აუზებში, რომლებიც ნაწილობრივ გამოყოფილია ზღვისაგან ზღუდარით. ასეთივე მდგომარეობაა დელტებში.

მათი დაგროვებიდან გამომდინარე, იყოფა: საკუთრივ ლაგუნურ, დელტურ და ესტუარულ დანალექებად.

ლაგუნური დანალექების დაგროვების პირობების ძირითადი თავისებურებაა აუზების მარილიანობა, რომელიც ინტენსიური აორთქლების შედეგია. მისი ზრდა ან შემცირება დამოკიდებულია ინტენსიურ აორთქლებაზე ან მტკნარი წყლების ნაკადზე (დ. ნალიკინი, 1933). ლაგუნების გამტკნარება და ნატეხი ტერიგენული მასალის შემოტანა დაკავშირებულია მდინარეთა დიდ ნაკადებთან.

მონატეხი მასალა წარმოქმნის სანაპირო ზოლის დელტურ, ესტუარულ და სხვა დანალექებს. ვაკის მდინარეთა დელტებში ისინი ძირითადად თიხოვანია, რომლის დაგროვებას ხელს უწყობს მდინარეთა შესართავებში ზღვის ძლიერი დინების არარსებობა და მდინარის მიერ მოტანილი წვრილი თიხოვანი მასალის კოაგულაცია, რომელიც ეხება ზღვის მარილიან წყალს. აქვე ზღვის მარილიანი წყლის ზემოქმედებით გამოილელება ნივთიერება, რომელიც მდინარეების მიერ მოტანილია ნამდვილი და კოლოიდური ხსნარების სახით (Ca, Fe, Si, Al და სხვათა მარილები).

დელტურ და ლაგუნურ დანალექებს შორის მნიშვნელოვანი რაოდენობით გროვდება აგრეთვე ორგანული ნარჩენები. ინტენსიური აორთქლებისა და მტკნარი წყლების სიმცირის გამო ხდება მარილების კონცენტრაცია და დალექვა. ეს არის მარილიანი ლაგუნების ტიპი.

მეოთხეულამდელი ასაკის ლაგუნური ნალექების შედგენილობაში თიხებთან ერთად ფართოდაა წარმოდგენილი ქვიშაქვები, კირქვები, ასევე ქვანახშირი და სხვადასხვა მარილების წყებები (თაბაშირი, ანჰიდრიტი, მირაბილიტი, ქვამარილი, კალიუმის მარილები და ქვანახშირის ფენები).

ლაგუნური დანალექების განმასხვავებელი ნიშანია მათი ძლიერი ცვალებადობა გავრცელებაზე, სხვადასხვა შედგენილობის ქანების თხელშრეებრივობა და მარილშემცველობა.

ლაგუნური ქანები ფიზიკური მდგომარეობით არაერთგვაროვანია: მეოთხეულამდელი ხასიათდება გაზრდილი სიმკვრივით და იმყოფება მდგრად ან ნახევ-



რად მდგრად მდგომარეობაში, ხოლო მეოთხეული და განსაკუთრებით თანამედროვე – მეტწილად სუსტად შემკვრივებულია, რომელთაც გააჩნიათ რბილპლასტიკური ან დენადი კონსისტენცია.

### გ) ზღვიური ქანები

ზღვიური ქანებია: ნერიტული, ბათიალური და აბისური.

ზღვიური ქანები ფართოდაა გავრცელებული კამბრიულიდან მეოთხეულის ჩათვლით. ზღვიური თიხოვანი დანალექი ქანების დაგროვების ძირითადი პირობაა წყლის ძლიერი დინების არარსებობა, ამის გამო კონტინენტური ფერდობის დიდ ფართობზე და განსაკუთრებით ოკეანის ფსკერზე შენარჩუნებულია სედიმენტაციის ერთგვაროვანი პირობები.

წარმოშობის პირობების მიხედვით ზღვის ნალექები შეიძლება დაიყოს სანაპირო და უფრო ღრმა ზონის დანალექებად.

სანაპირო თიხოვანი დანალექები წარმოიქმნება ზღვის განკერძოებულ იზოლირებულ ადგილებში: ყურეებში, კუნძულებით გადაღობილ ნაწილებში, განკერძოებულ სრუტეებში და ა.შ.

ნაპირის ქვიშიან-კენჭნარიანი დანალექები წარმოიქმნება დიდ სივრცეში. მათი წარმოქმნის ძირითადი ფაქტორია წყლის მოძრაობის სიჩქარე, რომელიც განპირობებულია ტალღათცემის მოვლენებით, დინებებით, მოქცევით და უკუქცევით. ამის გამო ქვიშები და კენჭნარი გავრცელებულია სანაპირო ზოლში, ზოგჯერ ნაპირიდან შორს ძლიერ ფსკერულ დინებაში და ვიწრო ყურეებში დიდი მოქცევისა და უკუქცევის ზონაში.

ცალკეული მინარევების შემცველობის მიხედვით ზღვიური ქანები შეიძლება იყოს ქვიშიანი, კაჟიანი, კარბონატული, გლაუკონიტიანი, ბიტუმიანი და ნახშირიანი.

ზღვის თიხოვანი დანალექები ფიზიკური მდგომარეობის მიხედვით შეიძლება იყოს მაგარი, ნახევრად მაგარი, ფარულპლასტიკური, პლასტიკური და დენადი. ქვიშიან-კენჭებიან ნალექებს აქვთ მკვრივი, საშუალოდ მკვრივი და ფხვიერი აღნაგობა. თიხოვანი ქანები ძირითადად გამკვრივებულია, იმყოფება მაგარ ან ნახევრად მაგარ მდგომარეობაში და ნახევრად კლდოვან ქანებს მიეკუთვნება.

## 6.2. ფხვიერი შეუკავშირებელი და რბილი შეკავშირებული ქანების შედგენილობა

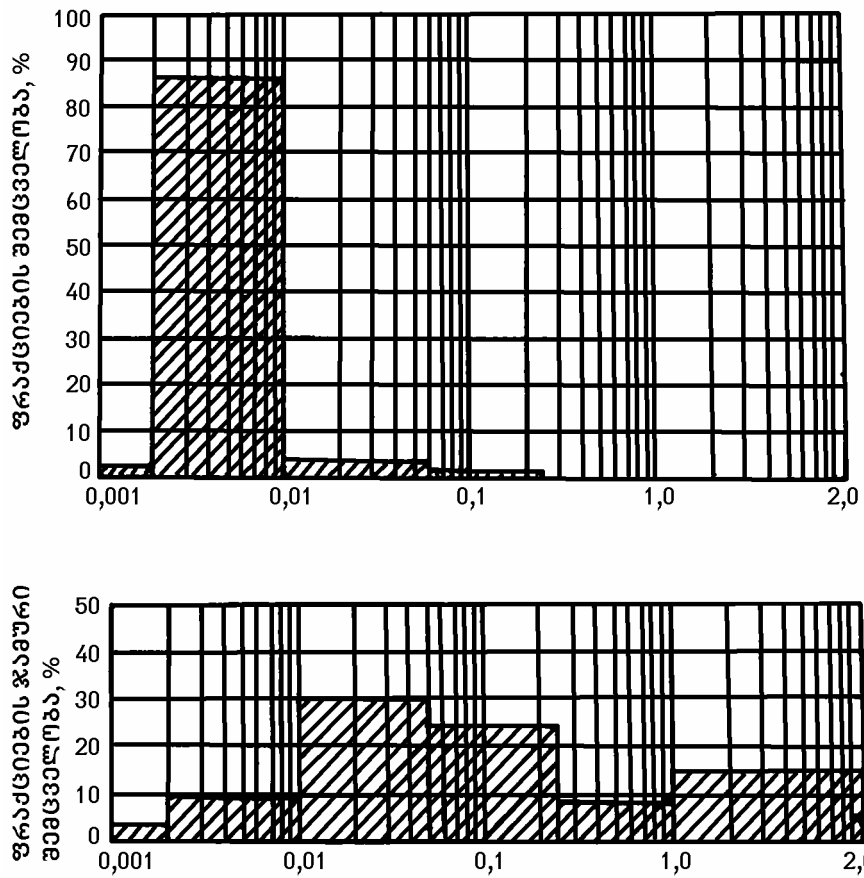
ქვიშოვანი, ხრეშოვანი, ღორღიანი, კენჭოვანი და განსაკუთრებით თიხოვანი ქანების და თიხების შედგენილობა მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მათ ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს.

**გრანულომეტრიული (მექანიკური) შედგენილობა** ახასიათებს დანალექ ქანებს მათი დისპერსიულობის, ე.ი. შემადგენელი ნაწილაკების ზომების შესაბამისად. იგი გამოხატავს სხვადასხვა ზომის ნაწილაკების (ფრაქციების) პროცენტულ შედგენილობას ქანში, აღებულია აბსოლუტურად მშრალი ქანის ნონასთან შეფარდებით. ქანის შემადგენელი ფრაქციების ზომა გამოიხატება მილიმეტრებში.

ფრაქციების კლასიფიკაცია შემდეგია: კაჭარი და ლოდები (მსხვილი, საშუალო, წვრილი, კენჭი და ღორღი, ძალიან მსხვილი, მსხვილი, საშუალო, წვრილი) – ფრაქციის ზომები იცვლება 20-დან 800 და მეტ მმ-მდე; ხრეში და ხვინჭა (მსხვილი, საშუალო, წვრილი) – ფრაქციის ზომები იცვლება 2-დან 20 მმ-მდე; ქვიშიანი ნაწილაკები (უხეში, მსხვილი, საშუალო, წვრილი, წმინდა) – ფრაქციის ზომები იცვლება 0,05-დან 2 მმ-მდე; მტვროვანი ნაწილაკები (მსხვილი, წვრილი) – ფრაქციის ზომები იცვლება 0,002-დან 0,05 მმ-მდე; თიხოვანი ნაწილაკები (უხეში, წმინდა) – ფრაქციის ზომები იცვლება 0,001 და მასზე ნაკლებიდან 0,002 მმ-მდე.

ქანების გრანულომეტრიული შედგენილობის განსაზღვრისათვის ატარებენ პირდაპირ და არაპირდაპირ გრანულომეტრიულ ანალიზს. პირველი საშუალებას იძლევა უშუალოდ გამოვყოს ცალკეული ფრაქციები, ავწონოთ ისინი და განვსაზღვროთ მათი პროცენტული შედგენილობა ქანში, აგრეთვე გამოვიყენოთ გამოყოფილი ფრაქციები მინერალური შედგენილობის შესწავლისათვის. მეორე არ გულისხმობს ქანების ფრაქციებად დანაწილებას, ის დაფუძნებულია გამოსაკვლევი ქანის ზოგიერთი თვისების შესწავლაზე, რომელთა ცვალებადობით შეიძლება მსჯელობა მათში ამა თუ იმ ფრაქციების შემცველობაზე.

გრანულომეტრიული ანალიზის შედეგებს გამოხატავენ ცხრილების სახით, რომლებშიც ნაჩვენებია ქანში სხვადასხვა ფრაქციების პროცენტული შემცველობა. ქანების შედგენილობის და ერთგვაროვნების ხარისხის თვალსაჩინოდ წარმოდგენისათვის აგებენ სხვადასხვა გრაფიკებს. ნახაზის ზედა ნაწილში ასახულია ერთგვაროვანი თიხოვანი ქანის გრანულომეტრიული შედგენილობის დიაგრამა, ხოლო ქვედა ნაწილში – არაერთგვაროვანი თიხოვანი ქანის გრანულომეტრიული შედგენილობის დიაგრამა (ნახ. 29).



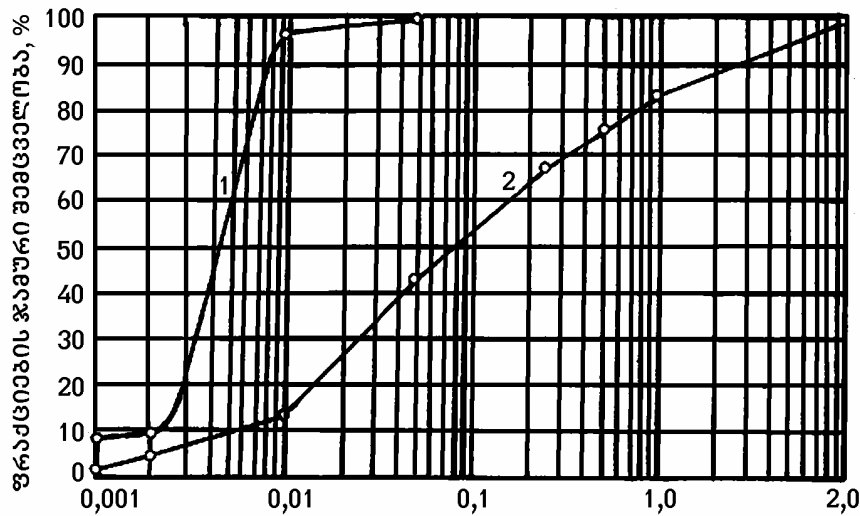
ნახ. 29. ერთგვაროვანი თიხოვანი ქანის გრანულომეტრიული შედგენილობის დიაგრამა (ზედა) და არაერთგვაროვანი თიხოვანი ქანის გრანულომეტრიული შედგენილობის დიაგრამა (ქვედა)

ქვიშიანი და თიხოვანი ქანების გრანულომეტრიული შედგენილობის არაერთგვაროვნების საზომად გამოიყენება არაერთგვაროვნების კოეფიციენტი:

$$K = \frac{d_{60}}{d_{10}},$$

სადაც  $d_{60}$  ნაწილაკების მაკონტროლებელი დიამეტრია;

$d_{10}$  – ნაწილაკების მოქმედი ანუ ეფექტური დიამეტრი.



ნახ. 30. თიხოვანი ქანების გრანულომეტრიული შედგენილობის ინტეგრალური მრუდები

1 – ერთგვაროვანი; 2 – არაერთგვაროვანი

ნანილაკების მაკონტროლებელ დიამეტრს უნოდებენ ისეთს, რომელზეც ნაკლები ნანილაკების რაოდენობა მოცემულ ქანში არის 60%. მას ასევე განსაზღვრავენ გრანულომეტრიული შედგენილობის ინტეგრალური მრუდის საშუალებით.

ამ უკანასკნელში იგულისხმება ნანილაკების ისეთი დიამეტრი, რომელზეც ნაკლები, ქანის მთლიან მოცულობაში შეადგენს ყველა ნანილაკის 10%-ს. მას საზღვრავენ ქანის გრანულომეტრიული შედგენილობის ინტეგრალური მრუდის საშუალებით (ნახ. 30).

**მინერალური შედგენილობა** ისაზღვრება მდგრადი თიხებისა და თიხოვანი ქანებისათვის, რომელთა წმინდა დისპერსიული ნაწილის (0,002 მმ-ზე ნაკლები) შედგენილობაში თიხოვანი მინერალები მთავარ როლს ასრულებენ.

თიხები და თიხოვანი ქანები პოლიმინერალურია, ისინი შედგებიან შემდეგი მინერალებისაგან:

- 1) დანალექი ახალწარმონაქმნებისაგან, რომლებიც ჩვეულებრივ წარმოდგენილია მეტი შემცველობის თიხოვანი მინერალების რამდენიმე ჯგუფით;
- 2) კაჟმინის, რკინისა და ალუმინის ჰიდრატების ჟანგეულების ჯგუფის მინერალებისაგან;
- 3) რელიქტური დაუშლელი, მაგრამ წვრილად დაქუცმაცებული პირველადი მინერალებისაგან, რომლებსაც დაქვემდებარებული მნიშვნელობა აქვთ;
- 4) მარტივი მარილების ქვეჯგუფის მინერალებისაგან, რომლებიც გვხვდება მინარევების, ჩანართების სახით და ა.შ.;

5) ორგანული ნაშთებისა და შენაერთებისაგან.

მრავალრიცხოვანი თიხოვანი მინერალიდან თიხოვან ქანებში ყველაზე ხშირად გვხვდება 3 ჯგუფის მინერალები: კაოლინიტის, ჰიდროქარსებისა და მონტმორილონიტის.

ქვიშიანი და სხვა ნატეხი ფხვიერი შეუკავშირებელი ქანების მინერალური შედგენილობა არსებითად განსხვავდება თიხოვანი ქანების შედგენილობისაგან.

მსხვილმონატეხოვანი ქანები (პსეფიტები) ჩვეულებრივ წარმოშობილია ქანების ნატეხებისაგან და არა მინერალებისაგან. ნატეხების პეტროგრაფიული შედგენილობა შეიძლება იყოს სხვადასხვა, იმ საწყისი ქანების შედგენილობის შესაბამისად, რომელთა ხარჯზეც მიმდინარეობდა ნატეხოვანი ქანების ფორმირება.

ქვიშებისა და ალევრიტების მინერალურ შედგენილობაში ჭარბობს ქანების პირველადი (რელიქტური) – კვარცის, მინდვრის შპატის, კარბონატების – ნამსხვრევები. ქვიშებისათვის დამახასიათებელია აგრეთვე თიხოვანი ნანილაკების და მცენარეული ნაშთების უმნიშვნელო შემცველობა (3%-ზე ნაკლები).

მინერალური შედგენილობის მიხედვით ქანებს ყოფენ მონომინერალურად (მაგალითად, კვარციანი), ოლიგომიქტურად (ნაკლებშერეულად) და პოლიმიქტურად.

**ქიმიური შედგენილობა.** თიხების და თიხოვანი ქანების ქიმიურ შედგენილობაში მთავარი კომპონენტებია  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  და  $\text{H}_2\text{O}$ .  $\text{SiO}_2$ -ის შემცველობა თიხოვან ქანებში მერყეობს 30-დან 85%-მდე, ხოლო  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ის – 5-დან 50%-მდე. ქიმიურად შეკავშირებული წყლის შემცველობა თიხოვან ქანებში იცვლება 3-დან 15%-მდე. თიხების და თიხოვანი ქანების ქიმიური შედგენილობა ცვალებადია და განპირობებულია მათი მინერალური შედგენილობით და მინარევების შემცველობით.

ქვიშების ქიმიური შედგენილობა ხასიათდება კაჟმინის მაღალი და დანარჩენი შენაერთების უმნიშვნელო შემცველობით. ქვიშებისა და ხრეშიანი ქანების ქიმიური დახასიათებისას დიდ როლს ასრულებს სხვადასხვა ჟანგეულების და ჰიდროჟანგების აფსკები, რომლებიც მარცვლების ზედაპირზე წარმოიქმნება. ისინი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ ქვიშების ფერზე და განსაზღვრავენ მათ ზოგიერთ ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებას.

### 6.3. ფხვიერი შეუკავშირებელი და რბილი შეკავშირებული ქანების განლაგების პირობები

დალექვის პირობების შესაბამისად ნატეხ და თიხოვან ქანებს განლაგების სხვადასხვა ფორმები გააჩნიათ – სიზრქეები, წყებები, ფენები და ლინზები. ისინი წარმოდგენილია კონტინენტური დანალექების მრავალფეროვანი გენეტიკური ტიპებით, რომლებიც განსხვავდებიან ზღვიური და ლაგუნური ნალექებისაგან განლაგების პირობების სირთულით, გავრცელების არამუდმივობით და სიმძლავრის ცვალებადობით. ამიტომ საჭიროა დიდი ყურადღება დაეთმოს კონტი-

## *ირაკლი მიქაძე*

ნენტური წარმოშობის ქვიშოვანი, ნატეხოვანი და თიხოვანი ქანების განლაგების პირობების შესწავლას ნაგებობათა სწორად დაპროექტებისა და მათი მშენებლობისა და მდგრადობის პირობების შეფასებისათვის.

**სტრუქტურა** დანალექი ქანების აღნაგობის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პეტროგრაფიული ნიშან-თვისებაა. იგი განისაზღვრება ქანის ამგები ძირითადი კომპონენტების ფორმით, ზომებითა და შეფარდებითი რაოდენობრივი შემცველობით.

დანალექი ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური შესწავლისას სტრუქტურის ცოდნა საშუალებას იძლევა სრულყოფილად დახასიათდეს მათი ერთგვაროვნების, დისპერსიულობის და თიხოვნობის ხარისხი, ე.ი. მათი თვისებები: ტენტივადობა, ჰიდროფილურობა, დეფორმირებადობის უნარი, სიმტკიცე და სხვ.

თიხებისა და თიხოვანი ქანებისათვის დამახასიათებელია სტრუქტურების შემდეგი ძირითადი ტიპები (მ. ვიკულოვა): პელიტური, ალევროპელიტური, ფსამოპელიტური, ფიტოპელიტური, ალევრიტული, კონგლომერატისებური, ბრექჩიისებური, სფეროლითოპელიტური, ოოიდური და რელიქტური.

პელიტური სტრუქტურა დამახასიათებელია უმთავრესად ზღვიური წარმოშობის ქანებისათვის, რომლებიც თითქმის მხოლოდ თიხოვანი ნაწილაკებისაგან შედგებიან. ამგვარი სტრუქტურის თიხოვანი ქანები გვხვდება აგრეთვე ლაგუნურ, ტბიურ, ჭაობის და გაცილებით იშვიათად სხვა ნალექებშიც.

ფიტოპელიტური და ალევრიტული სტრუქტურებიც ასევე დამახასიათებელია თიხოვანი ქანებისათვის.

**ტექსტურაში** იგულისხმება დანალექი ქანის აღნაგობის თავისებურებანი, რომლებიც განსაზღვრავენ მისი შემადგენელი კომპონენტების სივრცობრივ განაწილებას და მათ ურთიერთგანლაგებას. ქანების ტექსტურა გენეტიკური ნიშან-თვისებაა, რომელიც მიუთითებს მათი წარმოშობის პირობებზე და დიაგენეზისისა და კატაგენეზისის დროს ცვალებადობის შემდგომ ეტაპებზე.

ქვიშიან და უხეშმონატეხოვან ქანებში წყობის დარღვევისას მათი ტექსტურა ადვილად ირღვევა. ტექსტურა ხშირად განაპირობებს ქანების თვისებების ანიზოტროპულობას: არაერთნაირ კუმშვადობას, წყალშეღწევადობას, ძვრისადმი წინააღობას და სიმტკიცეს სხვადასხვა მიმართულებით.

ქანების ტექსტურა შეისწავლება მათი ბუნებრივი განლაგების პირობებში ან მონოლითებში.

## თავი VII

### განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობისა და თვისებების ქანებისა და ნალექების საინჟინრო-გეოლოგიური დახასიათება და შეფასება

ქანების ზოგადი საინჟინრო-გეოლოგიური კლასიფიკაციის მიხედვით მეხუთე ჯგუფს მიეკუთვნება განსაკუთრებული შედგენილობის, მდგომარეობისა და თვისებების ქანები: ლამები, ტორფები და გატორფებული ქანები, მარილები და გამარილიანებული ქანები, მუდმივად მზრალი ქანები, ხელოვნურად გადაწყარი (წყარ-ანთროპოგენული) და ნიადაგები.

ამ ჯგუფის ქანები განსხვავდებიან შედგენილობის, წარმოშობის და თვისებების მიხედვით, მაგრამ მშენებლობის თვალსაზრისით ამ ჯგუფის ქანების თითოეული გენეტიკური ტიპი და პეტროგრაფიული სახეობა ხასიათდება სპეციფიკური თვისებებით, მოითხოვს სპეციალური კვლევის გამოყენებას და ინდივიდუალურ შეფასებას. ყველა ეს ქანი სამშენებლო ნორმების შესაბამისად სუსტია, მათზე მშენებლობის პირობები ბევრ შემთხვევაში ვერ რეგლამენტირდება, მაგრამ მათ ხშირად ვხვდებით და მათზე გვიხდება სამშენებლო სამუშაოების შესრულება.

**ლამები** ეწოდება თანამედროვე ნალექებს, რომლებიც ძირითადად წვრილი და წმინდა დისპერსიული მასალის დალექვის შედეგადაა წარმოშობილი მექანიკური ან ქიმიური გზით ზღვების, ლაგუნების, ჭაობების, წყალსაცავების ფსკერზე ან მდინარეთა ჭალებზე. ამის შესაბამისად ასხვავებენ ზღვიურ, ლაგუნურ, ტბიურ, ჭაობურ და ალუვიურ ლამებს.

გრანულომეტრიული შედგენილობის მიხედვით ლამები შეიძლება იყოს ქვიშნარიანი, თიხნარიანი, თიხოვანი და აგრეთვე წვრილ- და წმინდამარცვლოვანი ქვიშიანი.

მსხვილ და უხეშმარცვლოვან თანამედროვე ნალექებს (ქვიშოვანს, ხრეშიანს, კენჭნარიანს და სხვებს) ლამებს არ უწოდებენ. აქედან გამომდინარე, ლამები არის გარკვეული ფაციალური პირობების ნალექები. მათთვის დამახასიათებელია ორგანიკის მომატებული (2-3%-მდე) ან მაღალი (10-12%-მდე) შემცველობა, რაც სიღრმეში მცირდება. მშრალ კლიმატურ ზონებში ისინი ზოგჯერ შეიცავენ წყალში ხსნად მარილებს წმინდა დისპერსიული ან მსხვილი კრისტალების, დრუზების, შუა შრეების ან ფენების სახით.

ღრმა წყლის თანამედროვე ნალექებს შორის გვხვდება კირქოვანი ლამები. ტიპური ტერიგენული თიხოვანი და ქვიშიანი ლამებისათვის ჩვეულებრივ დამახასიათებელია მტვრისებური ნაწილაკების მაღალი შემცველობა, ამიტომ ლა-

## ირაკლი მიქაძე

მებს ხშირად აქვთ პელიტური, ალევროპელიტური, ფიტოპელიტური, წვრილ- და წმინდადისპერსიული ფსამიტური სტრუქტურები. ხოლო ტექსტურა მრავალნაირია, მაგრამ ხშირად ერთგვაროვანია – „მასიური“ ან არამკვეთრად ფენოვანი, იშვიათად – ციკლურად ფენოვანი.

ამრიგად, ლამები, როგორც სუბაკვალური წარმოშობის ნალექები, წვრილი ან წმინდამარცვლოვანი ქვიშიანი და თიხოვანი ქანების ფორმირების საწყისი სტადიის წარმონაქმნებია, ამიტომ ისინი ხმელეთზე და დიდ სიღრმეებზე სხვა ნალექების ქვეშ არ გვხვდება.

ლამების ტენიანობა ჩვეულებრივ 70-80% და მეტს აღწევს, ფორიანობის კოეფიციენტი ერთეულებით იზომება, ხოლო ჩონჩხის მოცულობითი წონა 0,8-0,9 გ/სმ<sup>3</sup>-ს უდრის. ლამების სიმტკიცე ზღვრულად მცირეა, მცირე დატვირთვის შემთხვევაშიც კი ისინი გადადიან დენად მდგომარეობაში.

ლამებს გააჩნიათ გარდაქმნის უნარი – თავისი მდგომარეობისა და სტრუქტურული კავშირების სიმტკიცის აღდგენა მექანიკური დარღვევების შემდეგ, ამიტომ მათი გამოკვლევა ნიმუშების დაპარაფინების შემდეგ შეუძლებელია.

მშენებლობის წარმოება ლამებზე შესაძლებელია, თუ გამოიყენება სპეციალური საშუალებები მათი თვისებების ხელოვნური გაუმჯობესებისათვის (გამკვრივება, გამაგრება და დრენირება ვერტიკალური ქვიშიანი დრენებით) ან უზრუნველყოფილი იქნება ნაგებობის მდგრადობა დიდი და არათანაბარი დაჯდომის მიმართ (სიხისტის სარტყლები, დაჯდომის ნაკერები და სხვ.).

ლამებზე ძირითადად გამოიყენება ხიმინჯებიანი საძირკვლები და ქვის ნაყარის ბალიშები. ასევე აუცილებელია ზღვრული დატვირთვების სწორი დადგენა და საძირკვლის ძირში ლამების ბუნებრივი აგებულების შენარჩუნება.

**ტორფი** – ორგანოგენული ქანია, წარმოშობილი ორგანული ნარჩენების დაგროვებით, რომელიც დაჭაობებულ უბნებში შეიცავს ქვიშიან-თიხოვანი მასალის მინარევს.

სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით ტორფი ეწოდება ქანს, რომელიც შეიცავს 60%-ზე მეტ მცენარეულ ნაშთს, ხოლო გატორფებული – ქანებს მცენარეული ნაშთის 10-დან 60%-მდე შემცველობით.

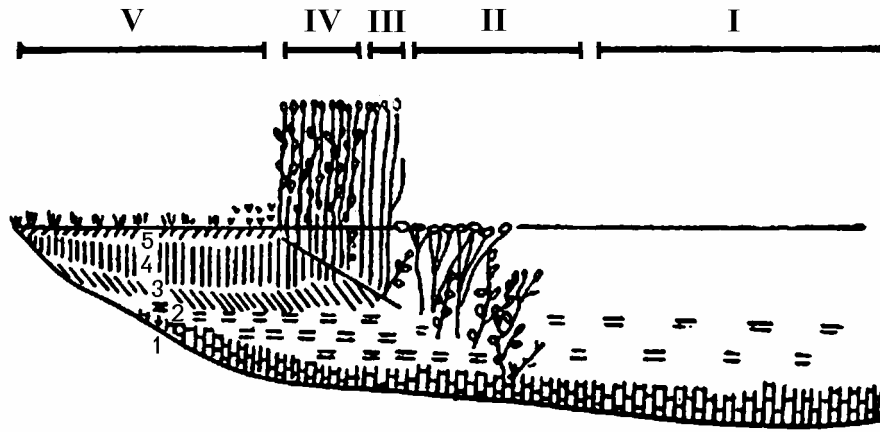
ტორფი გარეგნულად ბოჭკოვანი, მინისებური ან პლასტიკური ბლანტი მასაა რუხი ფერის სხვადასხვა ელფერით. მისი მშრალი ნივთიერება შედგება ჰუმინფიკაციის განსხვავებული ხარისხის მქონე მცენარეული ნარჩენებისაგან – ჰუმუსისა (კარგად ან მთლიანად გახრწნილი ორგანიკის) და მინერალური ნივთიერებისაგან, რომელიც ტორფის წვის შემდეგ რჩება ნაცრის სახით.

ჭაობის წარმოშობის პირობისა და აგებულების მიხედვით იცვლება ტორფის და გატორფებული ქანების შედგენილობა და თვისებები. ჭაობის წარმოშობისათვის ყველაზე ხელშემწყობია ტენიანი კლიმატი, ვაკე რელიეფი და მინისქვეშა წყლების ახლო განლაგება მინის ზედაპირთან. ჭაობის წარმოშობას თან ახლავს მცენარეულობის ნარჩენების დაგროვება.

ჭაობი წარმოიქმნება ხმელეთის დადაბლებულ ადგილებში, დამრეცი ფერდობების ძირში ფხვიერი და ნალექების მინისქვეშა და ატმოსფერული წყლებით



დატენიანების შედეგად, ქალის ტერასების და ალუვიური ვაკეების დატბორვის ადგილებში; აგრეთვე ტბიური წყალსატევების მცენარეულობით შევსების შედეგად (ნახ. 31).



ნახ. 31. დამრეცნაპირიანი წყალსატევის შევსება მცენარეულობით

ზონები: (ჰორიზონტალური) I – პლანქტონური, II – წყლის ლილიების, III – ლელქაშის, IV – ლერწმის, V – ოსოკის;  
(ვერტიკალური) 1 – კირქვის საპროპელი, 2 – წვრილ- და უხემდეტრიტული საპროპელი, 3 – ლელქაშის ტორფი, 4 – ლერწმის ტორფი, 5 – ოსოკის ტორფი

ტორფის სამშენებლო დახასიათებისა და შეფასების დროს აუცილებელია მხედველობაში მივიღოთ მცენარეული ნარჩენების გახრწნის ხარისხი, რადგან ამასთან დაკავშირებით იცვლება მისი ტენიანობა, კონსისტენცია, წყალშეუღწევადობა, დეფორმირებადობა, სიმტკიცე და მდგრადობა.

ტორფში მინერალური ნივთიერებების შემცველობისა და შედგენილობის მიხედვით იცვლება მისი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, ამიტომ ბოტანიკური შედგენილობის და ტორფის გახრწნის ხარისხის დადგენის გარდა, აუცილებლად უნდა განისაზღვროს მისი ნაცრიანობაც.

ტორფების წინაღობა ძვრისადმი სუსტად არის შესწავლილი. რიგი ფაქტორების გამო მათი სიმტკიცე ცვალებადობს ფართო საზღვრებში. წინაღობა ძვრისადმი მცირდება მათი ბუნებრივი წყობის დარღვევის შემთხვევაში და იზრდება ნაცრიანობის გაზრდისას.

ბუნებრივი განლაგების პირობებში ტორფს გააჩნია მაღალი ტენიანობა (85-95%), მცირე სიმკვრივე, დიდი ტენტევადობა და არათანაბარი დეფორმაციის უნარი – კუმშვადობა. ყველა ეს თვისება ახასიათებს მათ, როგორც სუსტ ნალექებს, გამოუსადეგარს საინჟინრო ობიექტების ასაშენებლად. მათზე მშენებლობის წარმოების აუცილებლობის შემთხვევაში გამოიყენება ყველა საშუალება,

## *ირაკლი მიქაძე*

გათვალისწინებული მშენებლობისათვის ძლიერ და არათანაბრად კუმშვად ქანებზე – ნაწრთობი ლითონის სარტყლები, საყრდენები, სრული და ნაწილობრივი გამოტორფვა და ა.შ.

**გამარილიანებული ქანები.** ქვიშიანი და თიხოვანი ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური შეფასებისათვის მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ მათში წყალში ხსნადი მარილების შემცველობა. თუ ასეთი მარილების რაოდენობა აღემატება მშრალი ქანის წონის 3%-ს, მას გამარილიანებულად თვლიან. ეს მიგვითითებს, რომ ასეთი ქანის თვისებები უნდა იყოს სპეციფიკური, დამოკიდებული მარილების შედგენილობასა და შემცველობაზე.

წყალში ხსნადი ნაერთების გამოტუტვის დროს იცვლება ქანების სიმკვრივე, ფორმა, ბმულობა, სიმტკიცე, მდგრადობა და წყალშელწევადობა. თიხოვან ქანებში მარილების გახსნისა და გამოტუტვის პროცესში შესაძლებელია შეიცვალოს გაცვლითი კათიონების შედგენილობა, რომელიც მნიშვნელოვნად მოქმედებს ქანის თვისებებზე. გარდა ამისა, მარილების გამოტუტვის გამო იცვლება გაფილტრული წყლის შედგენილობა და თვისებები, აგრესიული ხდება ცემენტისა და ლითონის მიმართ და დამანგრეველად მოქმედებს მიწისქვეშა ნაგებობის ბეტონისა და ლითონის ნაწილებზე. წყალხსნარის მინერალიზაციის გაზრდით, რომელიც აჯერებს ქანებს, მცირდება მათი გაყინვის ტემპერატურა.

წყალში ხსნადი ნაერთები შედარებით ხშირად გვხვდება მშრალი და ცვალებადი ტენიანობის რაიონების თიხოვან ქანებში და არ არის გავრცელებული ტენიანი კლიმატის რაიონებში.

წყალში ხსნადი მარილები ქვიშიან ქანებში მშრალ რაიონებშიც კი არ გვხვდება დიდი რაოდენობით. ისინი ქანებში მათი გამაჯერებელი წყალხსნარების აორთქლებით ნალექის სახით გამოყოფის შედეგად გროვდება. ამ პროცესს ხელს უწყობს შესაფერისი კლიმატური პირობები, როდესაც აორთქლების სიდიდე მნიშვნელოვნად სჭარბობს მოსული ატმოსფერული ნალექების რაოდენობას.

მნიშვნელობა აქვს ასევე გეომორფოლოგიურ პირობებს, როდესაც უბანი ჩაკეტილია და ხდება ქანების დატენიანება და გაჯერება უშუალოდ ან კაპილარული მოვლენების შედეგად. მარილების დაგროვებას ხელს უწყობს აგრეთვე მიწების არარაციონალური მორწყვა.

ამრიგად, გამარილიანებული ქანები წარმოიქმნება ქანის ფორმირების შემდეგ მეორეული პროცესების განვითარების შედეგად მათში ხსნადი მარილების დაგროვების გზით. ამით ისინი არსებითად განსხვავდებიან მარილიანი ქანებისაგან, რომლებშიც მარილები პირველადია.

ხსნადი მარილები, რომლებიც გვხვდება გამარილიანებულ ქანებში, შეიძლება დაიყოს 3 ძირითად ჯგუფად: ადვილად ხსნადად, საშუალოდ ხსნადად და ძნელად ხსნადად. ადვილად ხსნადს მიეკუთვნება Na, K, Mg და Ca-ის კარბონატული მარილები (ჰალიტი, სილვინი, მირაბილიტი, სოდა და სხვ.); საშუალო ხსნადს – კალციუმის სულფატები: თაბაშირი, ანჰიდრიტი; ძნელად ხსნადს – კალციუმის და მაგნიუმის კარბონატები: კალციტი, მაგნიზიტი, დოლომიტი და სხვ.

ქანებისა და ნიადაგების გამარილიანების ძირითად სახეებს, რომლებიც მეტ-ნაკლები რაოდენობით შეიცავენ ადვილად ხსნად მარილებს, წარმოადგენს: მლაშობები, ბიცობები და ტაკირული ქანები. გარდამავალ ტიპებად გამოყოფენ მლაშოვან ბიცობ ნიადაგებსა და მლაშოვან ტაკირებს.

გამარილიანებული ქანების შემცველ რაიონებში ნაგებობების მშენებლობის დროს საჭიროა ვიცოდეთ:

- 1) ქანების გამარილიანების ხარისხი;
- 2) ადვილად ხსნადი და საშუალოდ ხსნადი მარილების შედგენილობა;
- 3) ქანების მარილისა და ტენიანობის რეჟიმი და მათი გამარილიანების პირობები.

მშენებლობის მიზნებისათვის ძირითადი მოთხოვნები, რომლებიც ნაყენება გამარილიანებული ქანების გავრცელების უბნებს, არის ზედაპირული ჩამონადენის და მიწისქვეშა წყლის დრენაჟის რეგულირება, ასევე სხვა საინჟინრო ღონისძიებებიც, მიმართული ქანების თვისებების გაუმჯობესებისა და მდგრადობისაკენ.

**მზრალი ქანები.** ყოველგვარ ქანს, რომელსაც გააჩნია უარყოფითი ან ნულოვანი ტემპერატურა და შეიცავს ციხულს – მზრალი ეწოდება.

ქანების გაყინვის შემთხვევაში მნიშვნელოვნად იცვლება მათი ფიზიკური მდგომარეობა, დეფორმაციის უნარი, სიმტკიცე, წყალშეღწევადობა, აგრეთვე ელექტრული, სითბური და სხვა თვისებები. გარდა ამისა, იცვლება ქანების აგებულება (სტრუქტურა და ტექსტურა), ტენიანობის განაწილება, ამოზურცვა, ჩნდება ნაპრალები, მინაყინი და ა.შ.

ციხული, როგორც მზრალი ქანების ქანმაშენი შემადგენელი ნაწილი, არამდგრადი ფაზაა. გარემოს ტემპერატურის მომატებისას ქანი ლხვება, ეცვლება ფიზიკური მდგომარეობა, სიმტკიცე, დეფორმაციის უნარი, წყალშეღწევადობა და მდგრადობა, ვითარდება ჩაქცევითი, დაჯდომის, მენყრული და სხვა მოვლენები. მზრალი ქანების გაღობისას მათზე აშენებული ნაგებობები განიცდიან არათანაბარ და მკვეთრ დანევას (დაჯდომას), ამიტომ ხშირად ხდება მათი დეფორმირება და ნგრევა.

ქვიშოვან, სხვა მონატეხოვან და თიხოვან ქანებში ციხული შეიძლება იყოს ცემენტის, ცალკეული კრისტალების და გროვების, შუა შრეების, ფენების, ძარღვაკების, მძლავრი ძარღვების, ლინზების და სხვათა სახით, კლდოვან და ნახევრად კლდოვან ქანებში – ძირითადად ძარღვაკების, შუა შრეებისა და სიცარიელების შემავსებლად.

მიკროსკოპული ციხულოვნების მქონე მზრალი ქანების გაღობა იწვევს მათ ნაკლებ დეფორმაციებს, ვიდრე ქანების გაღობა მაკროსკოპული ციხულოვნებით.

მზრალ ქანებში ციხულის გარდა ყოველთვის არის გაუყინავი წყალი, რომლის რაოდენობა დამოკიდებულია ქანის პეტროგრაფიულ ტიპსა და მის ტემპერატურაზე. წყლის ციხულად ფაზურ გადასვლაზე დიდი გავლენა აქვს მის მინერალიზაციას და გატენიანების ხარისხს.

## ირაკლი მიქაძე

მზრალი ქანების ფორიანობა უფრო ნაკლებია, ვიდრე ლხობილის, ვინაიდან ყინული, როგორც ქანმაშენი შემადგენელი ნაწილი, ავსებს ფორებს. მაგრამ ყინული მზრალ ქანებში არამდგრადი ფაზაა და ლხობის შემთხვევაში ფორიანობა მკვეთრად იზრდება, რაც მათი დეფორმაციებისა და დაჯდომის მიზეზია. წყლით გაჯერებული ქანების გაყინვისას წყლის თავისუფალი გამოდენის გარეშე მათი მოცულობის გაზრდა ცვლის წყობის სიმკვრივეს, ადგილი აქვს გამკვრივებას, გაფხვიერებას ან, როგორც ამბობენ, ქანების ყინულოვან ამობურცვას.

მზრალი ქანები ჩვეულებრივ წყალშეუღწევადია, მათი სიმტკიცე და ზიდვის უნარი შეუდარებლად უფრო მაღალია, ვიდრე მსგავსი, ოლონდ ლხობილი ქანებისა. ისინი იცვლება ქანის პეტროგრაფიული ტიპის, მათი ტემპერატურის, ტენიანობისა და ყინულოვნების შესაბამისად.

მზრალი ქვიშიანი და თიხოვანი ქანები სიმტკიცით ნახევრად კლდოვან ქანებს უახლოვდებიან. მათ სიმტკიცეზე გავლენას ახდენს უარყოფითი ტემპერატურის სიდიდე და მათი ტენიანობის ხარისხი – **ყინვალობა**. ამასთან, როდესაც გაჯერების კოეფიციენტი  $>1$ -ზე, ქანების სიმტკიცე მცირდება.

მზრალი ქანები ხასიათდება აგრეთვე ძვრისადმი მაღალი წინააღობითაც. მზრალი ქვიშიანი და თიხოვანი ქანების საერთო წინააღობა ძვრისადმი მერყეობს 3-5-დან 40-50 კგ/სმ<sup>2</sup>-მდე. ამ დროს ძვრა ხდება ახლეჩვის სახით და, ისევე როგორც ბევრი ნახევრად კლდოვანი ქანისათვის, დამახასიათებელია ნგრევის მყიფე-პლასტიკური ხასიათი.

მზრალ ქანებზე მშენებლობა ითვლება მშენებლობად განსაკუთრებულ პირობებში, რომლის დროსაც გამოიყენება სპეციალური საინჟინრო ღონისძიებები.

**ნაყარ-ანთროპოგენული ნალექების** დამახასიათებელი თვისებებია რეგიონალურ-ლოკალური წყვეტილ-ფართობლივი გავრცელება. მათი სიმძლავრე იცვლება მეტრის მეათედნიდან 5-6 მ-მდე, ხოლო ცალკეულ უბნებზე – 15-20 მ-მდე და მეტადაც.

შედგენილობის მიხედვით ნაყარ-ანთროპოგენული ნალექები იყოფა 4 ჯგუფად:

- 1) ქანები, რომლებიც შეიცავს მრეწველობისა და სამშენებლო წარმოების ნარჩენებს;
- 2) ქანები, რომლებიც შეიცავს წარმოებისა და საყოფაცხოვრებო ნარჩენებს;
- 3) გეგმაზომიერად დაგროვილი ნაყარისა და მინალექი ფართობების ქანები;
- 4) შიგა და გარე ნაყარი ქანები სასარგებლო ნამარხების ბუდობებზე, რომლებიც მუშავდება ღია ან მიწისქვეშა ხერხებით.

პირველი ჯგუფის ქანები შედგება ქვიშიანი და თიხოვანი ქანების, შლაკის, ნაცრის, ნამწვის, ჩამოსხმის ნარჩენების, ნამტვრევი აგურის, ლითონის მონატეხების და სხვა სამრეწველო ნარჩენების ნარევისაგან. მათი დამუშავება ხდება ექსკავატორებით, რასაც წინ უსწრებს გაფხვიერება და მსხვილი ბლოკების დამტვრევა. ჩვეულებრივ ამ გრუნტებს კვეთენ ღრმა ქვაბულებით ან ხიმინჯებით მათ საგებ ბუნებრივ გრუნტებამდე.

მეორე ჯგუფის ქანები შედგება წარმოებისა და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების ნარევისაგან. კაპიტალურ ნაგებობებს ამგვარ ნაყარზე, როგორც წესი, არ აგებენ, ან ჭრიან საგებში განლაგებულ უფრო საიმედო ბუნებრივ ქანებამდე.

მესამე ჯგუფის ქანები შეიძლება შედგებოდეს როგორც თიხოვანი, ისევე ქვიშიან-ხრეშიან-კენჭნარით და ლოდებად და ლორღად დამტვრეულ კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანებისაგან.

მეოთხე ჯგუფის ქანები გვხვდება სასარგებლო ნამარხების ბუდობებზე, რომელიც მუშავდება ღია ან მინისქვეშა წესით. ასეთ ქანებზე კაპიტალურ ნაგებობებს არ აგებენ.

## თავი VIII

### ქანების თვისებების ხელოვნურად გაუმჯობესების მეთოდები

ბუნებრივ პირობებში ქანებს შეიძლება ჰქონდეს: არასაკმარისი სიმკვრივე, სიმტკიცე და მდგრადობა, მაღალი ბუნებრივი ტენიანობა, წყალშეღწევადობა, დეფორმაციის უნარი და სხვა არახელსაყრელი თვისებები, რომლებიც მოქმედებენ დასაპროექტებელ ან მშენებარე ობიექტთა მდგრადობაზე, სამშენებლო და სამთო სამუშაოების წარმოების პირობებსა და გეოლოგიური პროცესების განვითარებაზე. ასეთ შემთხვევებში იყენებენ სხვადასხვაგვარ საინჟინრო ღონისძიებებს და მათ შორის ქანების თვისებების გაუმჯობესების სხვადასხვა საშუალებებს.

#### 8.1. კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების თვისებების გაუმჯობესების მეთოდები

**ცემენტაცია.** ამ მეთოდის მიხედვით – სპეციალური ჭაბურღილების გამოყენებით, გამორეცხვის შემდეგ, ჭირხნიან ცემენტის ხსნარს, რომელიც შედის ნაპრალებსა და სიცარიელეებში, შეიკვრება ქანთან, მკვრივდება და ანიჭებს მას მონოლითურობას, სიმკვრივეს, მდგრადობას, სიმტკიცეს და ამცირებს დეფორმაციის უნარსა და წყალშეღწევადობას. ამგვარი სამუშაოები ჩატარებულია ენგურის კაშხლის მშენებლობის დროს დანაპრალებული ქანების ცემენტაციის მიზნით.

**გათიხვა.** ძლიერ დანაპრალიანებული ან დიდი ზომის სიცარიელეების მქონე ქანებისათვის, რომლებიც ხასიათდება დიდი კუთრი წყალშთანთქმით (100 ლ/წთ-მდე), ცემენტაციის გამოყენება არამიზანშეწონილია. ამ შემთხვევაში გამოიყენება გათიხვის მეთოდი, განსაკუთრებით მაშინ, თუ ქანები არ შეიცავს წყალს.

გათიხვის პროცესი შემდეგნაირად მიმდინარებს: ქანში სპეციალურად გაჭრილი ჭაბურღილიდან 20-30 ატმოსფერული წნევით ჭირხნიან თიხის ხსნარს, რომლის კუთრი წონაა 1,2-1,4. ასეთი წნევისას წყალი თიხის ხსნარიდან გამოიწურება და ნაპრალებსა და სიცარიელეებში ჩაიჭირხნება თიხა, რომელთა შემდგომი გაჯირჯევა ხელს უწყობს სიცარიელეების დატამპონებას და დაბლანევის წყალშეღწევადობას.

გათიხვისათვის უკეთესია ჰიდროქარსებისა და კაოლინიტური შედგენილობის მსუბუქი თიხებისა და თიხნარების გამოყენება, ვინაიდან ისინი ადვილად გასცემენ წყალს. ქანების დატამპონების გასაუმჯობესებლად ხსნარს უმატებენ კოაგულატორებს და მაქსიმალურად ზრდიან წნევას დაჭირხვნის დროს. ხშირად

საჭიროების შემთხვევაში თიხოვან ხსნარებს უმატებენ ცემენტის ხსნარს ან კირს. ასეთი ხსნარებით შეიძლება დატამპონდეს განწყლიანებული ქანებიც, რომელთა ფილტრაციის კოეფიციენტი 100 მ/დღე-ღამეში.

**ცხელი ბიტუმიზაცია.** წყალშელწვეადობის შემცირების მიზნით ძლიერ და-ნაპრალიანებულ ან დიდი სივარდიანების მქონე წყალშემცველი ქანებისათვის, რომელშიც წყალი დიდი სიჩქარით მოძრაობს, უფრო მიზნშენილია ცხელი ბიტუმიზაციის მეთოდის გამოყენება.

ამ შემთხვევაში ჭაბურღილის საშუალებით იჭირხნება ცხელი (150-180°C) ბიტუმი, რომელიც გამოდევნის წყალს, გაცივების შემდეგ კი ხდება წყალშეუღწევადი. პრაქტიკამ უჩვენა, რომ ნაპრალოვან ქანებში ბიტუმის გავრცელების რადიუსი არ აღემატება 1 მ-ს, ამიტომ მანძილი ჭაბურღილებს შორის უნდა იყოს 0,75-1,5 მ. ბიტუმი ვერ ავსებს 0,2-1,0 მმ-ზე მცირე ნაპრალებს, ამიტომ აბსოლუტურ ჰერმეტიზაციას ამ მეთოდით ვერ აღწევენ.

**ხელოვნური გაყინვის** მეთოდი ემყარება ქანების გამკვრივებასა და მასში წყლის გაყინვას, რის გამოც ქანი წყალგაუმტარი ხდება. ეს მეთოდი გამოიყენება როგორც კლდოვანი და ნახევრად კლდოვანი ქანების, ასევე ფხვიერი შეუკავშირებელი და რბილი შეკავშირებული ქანების გამაგრებისათვის.

ქვაბულის, სამთო გამონამუშევრის ან გვირაბის კონტურის გასწვრივ ბურღავენ 200-250 მმ დიამეტრის ვერტიკალურ, დახრილ ან ჰორიზონტალურ ჭაბურღილებს 0,8-1,5 მ-ის დაშორებით. ქანებს ყინავენ -20°C-ზე და უფრო მეტად გაცივებული მარილხსნარის საშუალებით.

## 8.2. ფხვიერი შეუკავშირებელი ქანების თვისებების გაუმჯობესების მეთოდები

**დაშრობა.** ამ მეთოდს იყენებენ: 1) ქანების მდგრადობის გადიდებისათვის, ქანების ჩამონაცურის და გათხვევადების, მენყრული, სუფოზიური და სხვა პროცესების განვითარების თავიდან აცილების მიზნით; 2) ქანების გატენიანების, განწყლოვანების ან განმარილიანების თავიდან აცილებისათვის; 3) ქვაბულების, კარიერების, შახტების და სხვა მიწისქვეშა ნაგებობების მიწისქვეშა წყლით დატბორვისაგან დაცვისათვის; 4) ნაგებობის მიწისქვეშა ნაწილების აგრესიული მიწისქვეშა წყლებისაგან დაცვისათვის.

ამ ამოცანის გადაჭრა ხორციელდება სხვადასხვა მუდმივი ან დროებითი დრენაჟების მშენებლობით, ე.ი. ამ მეთოდის გამოყენებით დაბლა წვევენ გრუნტის წყლის დონეს.

**მექანიკური გამკვრივება.** ამ მეთოდის არსი ისაა, რომ ქანების დატკეპნის ან ვიბრირების საშუალებით აღწევენ ქანში ნაწილაკების უფრო მკვრივ წყობას, ფორიანობის შემცირებას და ჩონჩხის მოცულობითი წონის მომატებას. ეს ზრდის მის წინააღმდეგ ძვრისა და კუმშვისადმი, ე.ი. მდგრადობას და ზიდვის უნარს.

## *ირაკლი მიქაძე*

ქანების გამკვრივება შესაძლებელია მოხდეს ზედაპირიდან ფენებად, ან იყოს სიღრმული, როდესაც გასამკვრიველ იარაღს ჩაძირავენ ქანების წყებაში გარკვეულ სიღრმეზე.

**ტამპონაჟი და კოლმატაჟი გათიხვით.** ტამპონაჟს იყენებენ უხემშონატეხოვანი ლორღიანი, კენჭოვანი და ლოდნარი ქანების გამკვრივებისათვის. კოლმატაჟი, ანუ წვრილდისპერსიული თიხოვანი ნაწილაკების ჩარეცხვა ფორებში ან ქანების გადახურვა ზედაპირიდან თიხის თხელი ფენით გამოიყენება ქვიშების წყალშელწვევადობის შემცირებისათვის.

**გაუმჯობესება გრანულომეტრიული დანამატებით.** ამ მეთოდს იყენებენ ქვიშიანი და თიხიანი ქანებისათვის მეტი სიმკვრივის, მდგრადობის და სიმტკიცის მინიჭებისათვის, განსაკუთრებით გზებისა და აეროდრომების საფარის მშენებლობისას.

**ცივი ბიტუმიზაცია.** ეს მეთოდი გამოიყენება ქვიშების წყალშელწვევადობის შემცირებისათვის მათში ბიტუმიანი ემულსიების ჩაჭირხვნის გზით, ქანში ჩაძირული სპეციალური ინექტორების საშუალებით. ბიტუმიანი ემულსიები შედგება წმინდა დისპერსიული ერთგვაროვანი ბიტუმიანი ნაწილაკების ხსნარისაგან, რომელთა ზომა ქანის საშუალო ზომის ნაწილაკებზე 25-40-ჯერ ნაკლებია. ემულსიები ავსებენ ქანის ფორებს, რომელთა ფილტრაციის კოეფიციენტი 10-100 მ/დღე-ღამეში, კრავენ მას და ამცირებენ წყალშელწვევადობას. ემულსიების შეღწევის მანძილი შეადგენს 0,5-1,0 მ-ს (წვრილმარცვლოვან ქვიშებში), 0,75-1,25 მ-ს (საშუალომარცვლოვანში) და 1,25-2,0 მ-ს (მსხვილმარცვლოვანში). ცივი ბიტუმიზაცია ცხელ ბიტუმიზაციასთან ერთად გამოიყენება კლდოვან და ნახევრად კლდოვან ქანებში სრული წყალშეუღწვევადობის მისაღწევად.

**ორხსნარიანი სილიკატიზაცია.** ამ მეთოდს იყენებენ ქვიშების გამაგრებისათვის და მათთვის მექანიკური სიმტკიცის, მდგრადობის და წყალშეუღწვევადობის მინიჭებისათვის სილიციუმმჟავას გამამყარებელი ჰიდროჟანგების ცემენტაციის გზით. ქანში ჭაბურღილ-ინექტორის საშუალებით ჭირხნიან თხევად მინას – ნატრიუმის სილიკატს და კალციუმის ქლორიდს. თხევადი მინა გამოდევნის წყალს, შემდეგ კალციუმ-ქლორიდის ხსნარის ჩაჭირხვნით გამოდევნიან თხევად მინას. ამ დროს მარცვლების ზედაპირზე დარჩენილი თხევადი მინის აფსკები რეაქციაში შედის კალციუმ-ქლორიდთან. რეაქციის შედეგად წარმოიშობა სილიციუმმჟავას ჰიდროგელი, რომელიც მყარდება და აცემენტებს ქვიშას.

ამ მეთოდით ეფექტურია 2-80 მ/დღე-ღამეში ფილტრაციის კოეფიციენტის მქონე ქვიშების გამაგრება. ამგვარი ქვიშებისათვის ცემენტაცია ვრცელდება 0,25-1,0 მ-მდე. ნაკლები ფილტრაციის ქვიშებისათვის იყენებენ ერთხსნარიან სილიკატიზაციას.

**სინთეზური ფისებით გამაგრება.** ეს მეთოდი იყენებს კარბომიდულ, პურპუროლ-ანილინურ, ეპოქსიდურ და სხვა ფისებს, მათ საშუალებით ამაგრებენ სამრეწველო და სამოქალაქო ნაგებობების ფუძის ქანებს, გზების ვაკისებს და სხვ.



### 8.3. რბილი შეკავშირებელი ქანების თვისებების გაუმჯობესების მეთოდები

თიხოვანი ქანების არახელსაყრელი თვისებები – მცირე სიმტკიცე, დაბალი და დიდი დეფორმირებადობა განპირობებულია ძირითადად მათი მაღალი ტენიანობით, მცირე სიმკვრივით და არამდგრადი კონსისტენციით. ლიოსოვან თიხოვან ქანებს ახასიათებს არანყალმედეგობა და დაჯდომა, ამიტომ მათი თვისებების გაუმჯობესებისათვის გამოიყენება:

- 1) ელექტროსმოსური დაშრობა;
- 2) ელექტროქიმიური გამაგრება;
- 3) ერთხსნარიანი სილიკატიზაცია;
- 4) თერმული გამაგრება;
- 5) გრუნტის გამკვრივება ხიმინჯებით.

ელექტროსმოსური დაშრობა ყველაზე ეფექტური მეთოდია ჩვეულებრივ პირობებში წყალშეუღწევადი ან სუსტად წყალშეღწევადი რბილი წყალნაჯერი თიხოვანი ქანებისათვის, რომლებსაც პრაქტიკულად არ ახასიათებს წყალგაცემა თიხების, თიხნარის, ქვიშნარის, წვრილ- და წმინდამარცვლოვანი ქვიშებისათვის.

ორ ელექტროდს ჩაუშვებენ თიხოვან ქანში და გაატარებენ მუდმივ ელექტროდენს, წყალი დაიწყებს მოძრაობას კათოდისაკენ. ამ მოვლენას ელექტროსმოსი უწოდეს. ამ შემთხვევაში ქანს გამოეყოფა როგორც თავისუფალი იმობილიზებული და კაპილარული წყალი, ასევე ფიზიკურად ბმულიც, იზრდება ქანის ეფექტური ფორიანობა და წყალშეღწევადობა. ე.ი. ელექტროსმოსური დაშრობის დროს ერთდროულად მიმდინარეობს ქანების გამკვრივება და გამაგრება. ეს პროცესი შეუქცევადია, ქანი ინარჩუნებს სიმტკიცეს ელექტრული დენის მოქმედების შეწყვეტის შემდეგაც.

თიხოვანი ქანების ელექტროქიმიური გამაგრების დროს იყენებენ ელექტროსმოსური დაშრობის მეთოდს და ქიმიურ ხსნარებს (თხევად მინას, პოლიმერულ შენაერთებს) ერთდროულად. ქანი მკვრივდება, იზრდება სიმტკიცე, წყალმედეგობა და მდგრადობა.

ერთხსნარიანი სილიკატიზაციას ძირითადად იყენებენ ლიოსური ქანების თვისებების გასაუმჯობესებლად. ქანში ჭირხნიან თხევად მინას, რომელსაც უმატებენ 2,5%-იან NaCl-ის ხსნარს, ხსნად კალციუმის მარილებთან ერთად.

თერმული გამაგრების მეთოდი გამოიყენება ლიოსური ქანების გამაგრებისას მათში დაჯდომადი თვისებების თავიდან აცილებისათვის. ქანების გამონვა ხდება 2 ხერხით: 1) ჭაბურღილში ჭირხნიან 600-800°C-მდე გახურებულ ჰაერს; 2) გაზს, დიზელის სანვავს, ნავთობს, ნახშირს ან კოქსს წვავენ უშუალოდ ჭაბურღილში.

რადგან ქანების თერმული გამაგრება ვრცელდება ჭაბურღილიდან 1,2 მეტრზე, ამიტომ ჭაბურღილებს შორის მანძილი შეადგენს 2 მეტრს, ამგვარად ამაგრებენ გარკვეულ ტერიტორიას საძირკველისათვის.

### *ირაკლი მიქაძე*

გამკვრივება გრუნტის ხიმინჯებით გამოიყენება ლიოსური ქანებისათვის ნაგებობათა საძირკვლის ფუძეში. ჭაბურღილებს ავსებენ ქანით, რომელსაც ამკვრივებენ სატკეპნელებით. ამ მეთოდის გამოყენების შედეგად ირღვევა ლიოსური ქანების მაკროფორიანობა, მატულობს სიმკვრივე, ზიდვის უნარი და ისპობა დაჯდომადობა.

გარდა ამისა, თიხოვანი ქანების გამოყენებისას მიწის ნაგებობების, გზების და აეროდრომების ფუძედ მიმართავენ შემდეგ მეთოდებს: მექნიკურ გამკვრივებას, გრანულომეტრიული დანამატებით გაუმჯობესებას, ხოლო დროებითი გამაგრებისათვის – ხელოვნურ გაყინვას.

## თავი IX

### გუნაბრივი გეოლოგიური და საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესები

გეოლოგიური პროცესები არსებით როლს ასრულებს დედამიწის რელიეფის ჩამოყალიბებაში და განაპირობებს იმ გარემოს, რომლითაც ხდება ამა თუ იმ ტერიტორიის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების შეფასება. ძირითადი გეოლოგიური პროცესები: მდინარის ეროზიული მოქმედება, ზღვის აბრაზია, ქანების გამოფიტვა, სელი, მეწყერი, ზვავი, კარსტი, სუფოზია, თანამედროვე ტექტონიკური და სეისმური მოვლენები და სხვ., ზეგავლენას ახდენენ საინჟინრო ნაგებობებზე და ხშირად განსაზღვრავენ მათ კონსტრუქციულ თავისებურებებს, განლაგების ადგილს, სამშენებლო სამუშაოთა წარმოების თანმიმდევრობას და ა.შ.

მშენებლობა თავის მხრივ იწვევს ბუნებრივი გარემოს წონასწორობის დარღვევას, რაც ახდენს გავლენას საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესების განვითარებაზე. ამგვარად, საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესების შესწავლა საინჟინრო გეოდინამიკის ძირითადი ამოცანაა.

საინჟინრო-გეოლოგიური პროცესების კლასიფიკაციის მიხედვით გამოიყოფა პროცესების ჯგუფები, რომელთა გამომწვევი მიზეზებია:

- 1) გამოფიტვის ფაქტორების მოქმედება;
- 2) ზღვებისა და ქარის მოქმედება (აბრაზია, ეოლური პროცესები);
- 3) ზედაპირული წყლების მოქმედება (ეროზია, სელები);
- 4) სიმძიმის ძალის გამოვლინება (ზვავები, შვავები, მეწყრები);
- 5) ჰიდროდინამიკური წნევა და მიწისქვეშა წყლის ქიმიური მოქმედება (სუფოზია, კარსტი);
- 6) მიწისქვეშა წყლების გაყინვა-გალხობის პროცესში გამოვლინებული ძალები (გაყინვის დეფორმაციები, ბურცობები);
- 7) ენდოგენური ძალები (სეისმურობა, ტექტონიკური დეფორმაციები).

გეოლოგიური პროცესების შესწავლისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს მათი წარმოქმნის მიზეზებს, დროში მიმდინარეობას, რაოდენობრივ შეფასებას, იმ ღონისძიებების შერჩევას, რომლებიც თავიდან აგვაცილებს ამ პროცესების მავნე გავლენას მშენებლობაზე და უზრუნველყოფს ნაგებობათა ნორმალურ ექსპლუატაციას.

#### 9.1. ქანების გამოფიტვა და ეროზიული პროცესები

გამოფიტვა ეწოდება ქანების დაშლისა და მათი შედგენილობის შეცვლის პროცესს, რომელიც მიმდინარეობს დედამიწის ზედაპირზე მოქმედი სხვადასხვა ფაქტორების, ანუ გამოფიტვის აგენტების ზემოქმედების შედეგად. გამოფიტვას

## *ირაკლი მიქაძე*

ძირითადად განაპირობებს: გარემოს ტემპერატურის მერყეობა, წყლის მექანიკური და ქიმიური ზემოქმედება, ჟანგბადის, ნახშირორჟანგის, მჟავების, ტუტეებისა და სხვა ქიმიური ნაერთების ზემოქმედება, ქარის მოქმედება, ცოცხალი ორგანიზმების გავლენა და ა.შ.

დედამიწის შიგა ანუ **ენდოგენური** პროცესების შედეგად წარმოქმნილი რელიეფის დადებითი ფორმების თანდათანობით მოსწორება-მოშანდაკება მიმდინარეობს გარე დინამიკური ძალების – **ეგზოგენური** პროცესების საშუალებით.

გამოფიტვის პროცესები მოქმედებს სამშენებლო მასალებსა და ნაგებობებზეც. გამოფიტვის აგენტები ინტენსიურად მოქმედებს დედამიწის ზედაპირზე, სიღრმეში ისინი შესუსტებულია და მისი ჩაღწევის სიღრმე დამოკიდებულია ქანების დაშლა-დანაწევრების ხარისხზე. სიღრმით გამოფიტვას ხელს უწყობს ტექტონიკური ნაპრალები და რღვევები. აქტიური გამოფიტვის სიღრმე ძირითადად 5-10 მ-ია.

ქანების გამოფიტვის შედეგად წარმოიშვება ე.წ. **გამოფიტვის ქერქი**, რომელიც ფიზიკურად და ქიმიურად სახეცვლილ ქანებს ან მათი დაშლის პროდუქტებს შეიცავს.

გამოფიტვისას წარმოშობილ და ადგილზე დარჩენილ დანაგროვებს **ელუვიონი** ეწოდება. მასში, გარდა ძირითადი ქანების ნამტვრევებისა, დიდი რაოდენობით არის გამოფიტვის პროცესში წარმოქმნილი თიხოვანი მასალა. ელუვიონის ერთ-ერთი სახეა გამოფიტვის საბოლოო პროდუქტი – **ნიადაგი**, რომელიც უხვად შეიცავს მინერალურ ნივთიერებებს და ორგანული წარმოშობის ჰუმუსს.

ქანებზე ზემოქმედების ხასიათის მიხედვით არჩევენ ფიზიკურ (მექანიკურ), ქიმიურ და ორგანულ გამოფიტვას.

**ფიზიკური (მექანიკური) გამოფიტვის** დროს, რომელიც მიმდინარეობს ტემპერატურის მერყეობის, წყლის გაყინვის, ქარის, მცენარეთა ფესვების ზრდის დროს წარმოქმნილი წნევის და ა.შ. გავლენით, ძირითადად ხდება ქანების მექანიკური დანაწევრება მათი მინერალური შედგენილობის ცვლილების გარეშე.

მშრალი კლიმატის პირობებში ტენის ინტენსიური აორთქლებისას ქანების დაშლა შეიძლება მიმდინარეობდეს ნაპრალებში, ფორებსა და სიცარიელეებში მარილების გამოლექვისა და კრისტალიზაციის შედეგად. კრისტალიზაციური წნევა იმდენად მაღალია, რომ მას შეუძლია დაარღვიოს ნებისმიერი მტკიცე ქანის მთლიანობა.

**ქიმიური გამოფიტვის** პროცესში ხდება ქანის დაშლა-გარდაქმნა, რასაც თან ახლავს მინერალური და ქიმიური შედგენილობის ცვლილება, ახალი, გამოფიტვის პროცესისადმი უფრო მდგრადი მინერალების წარმოქმნა და მინერალური ნივთიერების დაგროვება წმინდადისპერსიულ-კოლოიდური სახით. ქიმიური გამოფიტვის ძირითადი აგენტებია წყალი და მასში გახსნილი ნახშირორჟანგი, ორგანული და სხვა მჟავები, რომლებიც წარმოქმნიებიან სხვადასხვა მინერალის, მცენარეული ნარჩენების დაშლისა და ორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგად.

ადვილ ხსნადი ქანებია – ქვამარილი, თაბაშირი, ნაკლებ მდგრადია – მაგმური, განსაკუთრებით ინტრუზიული სახესხვაობები, რომლებიც, ხვდებიან რა მათთვის უჩვეულო გარემოში, განიცდიან ფიზიკურ და ქიმიურ გარდაქმნას.

**ორგანული (ბიოლოგიური) გამოფიტვა** მიმდინარეობს ცოცხალი ორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგად. გარდა ფესვების მექანიკური ზემოქმედებისა, მცენარე ორგანული მჟავების გამოყოფით მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს ქიმიური გამოფიტვის პროცესის მიმდინარეობაზე. მრავალი ცოცხალი ორგანიზმი, განსაკუთრებით მიწისმთხრელთა წარმომადგენლები, აქტიურად შლიან ქანებს. არსებითია აგრეთვე ბაქტერიების როლი, რომელთა ცხოველმოქმედების დროს შთაინთქმება და გამოიყოფა ნივთიერებათა გარკვეული ჯგუფები, რომელთა ზემოქმედება განსაკუთრებით აქტიურია ნიადაგის ფენის ფარგლებში.

დიდია აგრეთვე ადამიანის როლი გამოფიტვის პროცესების გააქტიურებაში: სამეურნეო საქმიანობა, სამშენებლო და სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოები, სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვება და დამუშავება და სხვ.

მაგმური ქანების ელუვიონი შეიცავს თიხად ქცეულ მასას, რომელშიც ჩართულია ძირითადი ქანების სახეცვლილი ნამტვრევები. მეტამორფული ქანების ელუვიონი მსგავსია მაგმური ქანების ელუვიონის. დანალექი ქანების ელუვიონი მნიშვნელოვნად განსხვავდება მაგმური და მეტამორფული ქანების ელუვიონისაგან. განსაკუთრებით აქტიურად მიმდინარეობს გამოფიტვის პროცესები იმ დანალექ ქანებში, რომელთა წარმოქმნის პირობები მკვეთრად განსხვავდება გამოფიტვის აგენტის ზემოქმედების გარემოსაგან.

ქანების გამოფიტვისაგან დაცვის ღონისძიებები იყოფა შემდეგ ჯგუფებად: 1) ქანების დაფარვა გამოფიტვის აგენტებისათვის შეუღწევადი მასალით; 2) ქანების სხვადასხვა ნივთიერებებით გაჟღენთა; 3) გამოფიტვის აგენტების ხელოვნური ნეიტრალიზაცია; 4) ტერიტორიის მოსწორება და წყლების მოცილება.

ქარის ზემოქმედებით გამოწვეულ გეოლოგიურ პროცესებს **ეოლური** ეწოდება. ეს პროცესები განსაკუთრებით გამოსახულია უდაბნოებსა და ნახევრად უდაბნოებში, სადაც ქვიშები ქანების დაშლის პროდუქტი და მათზე ზემოქმედების საშუალებაა. ქარის მოქმედების შედეგად ქანების გახეხვას **კორაზია** ეწოდება, ხოლო მონაცვეთი, წვრილმარცვლოვანი ქვიშური მასალის ჰაერში ატაცების და გამოტანის პროცესს – **დეფლაცია**.

თანამედროვე ეოლური ნალექები ძირითადად შეიცავს ქვიშას და მტვერს. სამშენებლო თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა აქვს ქვიშების დამაგრებას. ამ ნიშნის მიხედვით არჩევენ მოძრავ ქვიშებს (დიუნებს, ბარქანებს) და დამაგრებულ ქვიშებს, რომლებიც მცენარეთა ფესვებით არიან დამაგრებული და ქარით არ გადაადგილდებიან.

დიუნები წარმოიქმნება მდინარეებისა და ზღვების სანაპიროებზე, როდესაც ქარი ქვიშას მიაყრის რაიმე წინააღმდეგობას (ბუჩქნარი, რელიეფის უსწორმასწორობანი, ნაგებობები და ა.შ.). ბარქანები (ნამგლისებური მოყვანილობის ქვიშის ბორცვები ასიმეტრიული ფერდობებით) უდაბნოების მოძრავი ფორმებია. ისინი წარმოიშობა, სადაც ერთი მიმართულების ქარებია გაბატონებული. მოძ-

## ირაკლი მიქაძე

რავი ქვიშები დიდ საშიშროებას ქმნის, რადგან ფარავს ნაყოფიერ ველებს, ნაგებობებს და ა.შ.

ქანებზე ინტენსიურ გეოლოგიურ ზემოქმედებას ახდენს ზედაპირული წყალი, რომელიც მოძრაობს რა რელიეფის დახრილობის შესაბამისად, შლის, ანგრევს ქანებს, გადააქვს და ლექავს დაშლის პროდუქტებს. ამ პროცესს **ეროზია** ეწოდება. ეროზიის პროცესში ფერდობის გასწვრივ წყალთან ერთად გადაადგილდება გამოფიტვის პროდუქტები: თიხოვანი, მტვროვანი, ქვიშური და უფრო დიდი ნამტვრევები, რომლებიც გროვდება ფერდობის ძირში ან რელიეფის დადაბლებულ ადგილებში, რასაც **დელუვიური** პროცესი ეწოდება, ხოლო ნალექებს – **დელუვიონი**.

წყლის ნაკადები აწარმოებენ აგრეთვე *ხაზობრივ ანუ* სიღრმით ეროზიას, რაც იწვევს ლარტაფების, ხრამებისა და ხეობების წარმოქმნას. ზღვრული დონე, სადამდეც შეიძლება ხრამის ფსკერის გარეცხვა-გაღრმავება, შეესაბამება იმ აუზის (ტბის, მდინარის) დონეს, რომელშიც ჩაედინება ხრამში მიმდინარე ნაკადი. ამ დონეს **ეროზიის ადგილობრივი ბაზისი** ჰქვია. შემდგომი პროცესების განვითარების შედეგად წარმოიშვება ხევი. მდინარის შესართავთან ხრამის ალუვიონის დანაგროვებს **გამოტანის კონუსი** ეწოდება. ხრამებისა და ხევის ნაკადების შედეგად წარმოიქმნება მდინარეები, რომლებიც მოძრაობისას ასრულებენ დიდ გეოლოგიურ სამუშაოს – ეროზიული პროცესების შედეგად ქმნიან ხევეს და ხეობებს, გადატანილი მასალის აკუმულაციას და ა.შ.

ეროზია არის სიღრმითი და გვერდითი. ფსკერი ხეობის ყველაზე დაბალი ადგილია, სადაც დაგროვილია მდინარის მიერ ნაშალი და დამუშავებული მასალა. **ტალვეგი** ხეობის ფსკერის ყველაზე დაბალი ნიშნულების შემაერთებელი წარმოსახვითი ხაზია. **კალაპოტი** ხეობის ის ნაწილია, რომელიც წყლის ნაკადს უკავია. **ჭალა** მდინარის ხეობის ის ნაწილია, რომელიც წყლით იფარება წყალდიდობის დროს. **ტერასა** (ეროზიული, აკუმულაციური, შერეული) ძველი ჭალაა, რომელიც დარჩენილია ეროზიის ბაზისის დადაბლების ან ხეობების ზემო ნაწილის ტექტონიკური აწევის შედეგად. მდინარის მიერ გადაადგილებულ, დამუშავებულ და დალექილ ნამტვრევ მასალას **ალუვიონი** ეწოდება.

მდინარის ეროზიული მოქმედების, ძირითადად გვერდითი ეროზიის შედეგად ფართოვდება მდინარის კალაპოტი, რის გამოც მნიშვნელოვნად მცირდება მშენებლობისათვის გამოსადეგი ფართობი. გვერდითი ეროზიის თავიდან ასაცილებლად ამაგრებენ ნაპირებს და არეგულირებენ მდინარის დინებას.

**სელებს ანუ ღვარცოფებს** უწოდებენ მთაგორიან რაიონებში კოკისპირული წვიმების ან თოვლის დნობის შედეგად წარმოქმნილ დროებით ნაკადებს, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავენ ქანების ნაშალ მასალას. ასეთ ნაკადებს გააჩნიათ მნიშვნელოვანი სიჩქარე და დიდი დამანგრეველი ძალა. წყლის ნაკადები ხეობის შესართავთან ქმნიან **გამოტანის კონუსებს**. სელური ნაკადების მიერ გამოტანის კონუსებში დაგროვილ მასალას ეწოდება **პროლუვიური ნალექები ან პროლუვიონი**. სელურ კერებში არჩევენ: წყალშემკრების აუზს, სელის მოძრაობის შესაძლო გზას და სელური მასალის აკუმულაციის უბანს (ი. ბოგოლიუბოვი, 1957).

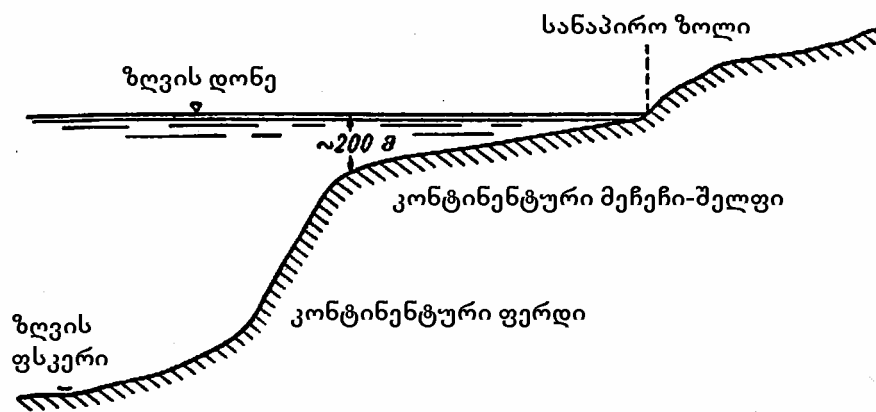
სელების საინჟინროდ ტარდება პროფილაქტიკური ღონისძიებანი, მათ შორის საინჟინრო ნაგებობათა მშენებლობა. წყალშემკრებ ზონაში აშენებენ ტყე-მცენარეულობას, ტრანზიტისა და აკუმულაციის ზონაში – საყრდენ კედლებს. სელური ნაკადების წინააღმდეგ იყენებენ კაშხლებს, რომლებიც იქმნება მიმართული აფეთქებებით (მაგალითად, მედეოს ხეობაში ქ. ალმა-ათასთან).

## 9.2. ზღვების გეოლოგიური მოქმედება

ზღვა უდიდეს როლს ასრულებს დედამიწის გეოლოგიურ განვითარებაში. პალეოზღვებსა და ოკეანეებში წარმოქმნილმა ნალექებმა შექმნა დედამიწის დანალექი საფარი.

წყალქვეშა სანაპირო ფერდს აქვს ციცაბო ან მცირე დახრა, იგი შელფის ნაწილია, რომელიც შემოსაზღვრავს კონტინენტს სანაპირო ზოლიდან დაახლოებით 200 მ სიღრმემდე. გეოლოგიური თვალსაზრისით იგი კონტინენტის წყლით დაფარული ნაწილია.

ოკეანის მხრიდან შელფი შემოსაზღვრულია რელიეფის მკვეთრი გადაღუნვით, საიდანაც იწყება კონტინენტური ფერდი (ნახ. 32).



ნახ. 32. შელფის (კონტინენტური მერჩის) განლაგების სქემა

წყალქვეშა სანაპირო ფერდს შეიძლება ჰქონდეს დაძირული სანაპირო ზოლის ნარჩენები და ნაშთები: ძველი ზღვის ტერასები, ჩაღრმავებები, წყალქვეშა სერი და ა.შ.

ზღვის გეოლოგიურ მოქმედებას, რომელიც გამოიხატება სანაპირო ზოლის ამგები ქანების დაშლაში, **აბრაზია** ეწოდება.

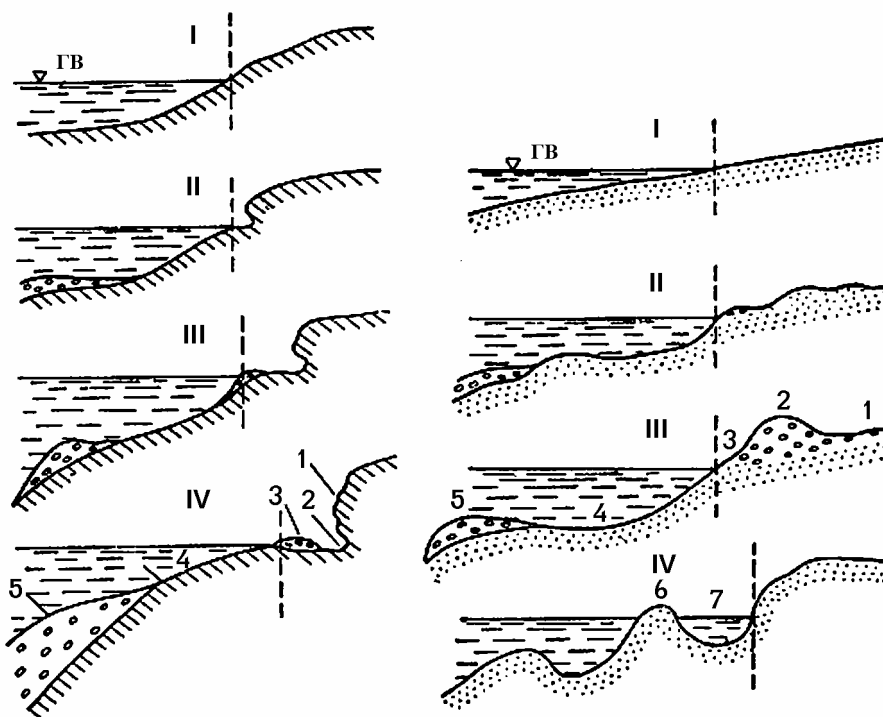
საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია აბრაზიული სანაპირო პროფილის წარმოქმნა, ვინაიდან ეს პროცესი დაკავშირებულია ნაპირების ნგრევასთან.

**ირაკლი მიქაძე**

აბრაზიის პროცესს ძირითადად განაპირობებს ზვირთცემა, ნაკლებად – დინებები (სანაპირო, ფსკერის, აგრეთვე მოქცევა-უკუქცევა). ზღვის სანაპიროების აბრაზიის სიჩქარე დამოკიდებულია ზვირთცემის ძალაზე, მის სიხშირეზე და ნაპირის ამგები ქანების მექანიკურ თვისებებზე. ყველაზე სწრაფად იშლება ქანები, რომელთა შრეები მცირე კუთხითაა დახრილი ხმელეთისაკენ, ხოლო ყველაზე ნაკლებად – როცა ასეთი დახრა აქვს ქანებს ზღვისაკენ, თუმცა თიხოვან ქანებში შრეების ამგვარი განლაგებისას შეიძლება წარმოიშვას მენყერი.

ზღვის აბრაზიული მოქმედების შედეგად მიიღება მოსწორებული ზედაპირები – პლაჟი და ზვირთცემის ტერასები, რომლებიც შეიძლება აგებული იყოს ძირითადი ქანებითაც და ზღვიური (აკუმულაციური) ნალექებითაც.

აბრაზიული ნაპირები ძირითადად აგებულია ძირითადი ქანებით, რომლებიც ინტენსიურად ირეცხება და ინგრევა. ამის გამო მათ ახასიათებთ გარკვეული მორფოლოგიური ფორმები: 1. სანაპირო ჩამოქცევები (ფლატეები); 2. ტალღცემის ნიში; 3. ხვინჭის და ქვიშის ვიწრო ზოლი, წარმოშობილი ზვირთცემისაგან, რომელიც პერიოდულად იფარება წყლით; 4. წყალქვეშა აბრაზიული მეჩერი – ტერასა, აგებული ძირითადი ქანებით ან გადაფარული უხეშმარცვლოვანი მასალით (ნახ. 33 – მარცხენა).



ნახ. 33. აბრაზიული ნაპირის პროფილის ფორმირების სტადიები (I-IV) – მარცხნივ და აკუმულაციური ნაპირის პროფილის ფორმირების სტადიები (I-IV) – მარჯვნივ.



აკუმულაციური ნაპირები, უპირატესად მეჩეჩიანი, შედგება ქვიშებისა და ხვინჭისაგან. ამგვარი ნაპირების ძირითადი მორფოლოგიური ელემენტებია: 1. ზღვისპირა დაბლობი – წყალზედა აკუმულაციური ტერასა; 2. სანაპირო ზვინული, აგებული ფხვიერი ქვიშებით და ხვინჭით; 3. პლაჟი, აგებული ასევე ფხვიერი წვრილმარცვლოვანი მასალით, წარმოშობილი ზვირთცემით; 4. ზღვის სანაპირო ნაწილი; 5. წყალქვეშა აკუმულაციური სანაპირო მეჩეჩი წყალქვეშა ზვინულებით, ან 6. წყალზედა შვერილებით, რომლებიც ზოგჯერ კეტავს ლაგუნებს (ნახ. 33 – მარჯვენა).

მექანიკური ნგრევის გარდა ზღვის წყალი ქანებსა და სამშენებლო მასალებზე ქიმიურ ზეგავლენასაც ახდენს. პირველ რიგში აღსანიშნავია ნივთიერებების გახსნა. ზოგ შემთხვევებში საკმაოდ მნიშვნელოვანია ზღვიური ორგანიზმებისა და მცენარეების გავლენაც. მაგალითად, პლანქტონი შლის ბეტონს ან კლდეს.

ზღვის მოქცევა-უკუქცევას, რომლის სიმაღლე ოკეანეებისა და გაშლილი ზღვების ყურეებში 10-12 მ-ს უდრის, თან ახლავს ზღვის ნგრევით გამოწვეული მასალის გადატანა-ტრანსპორტირება და დალექვა.

ზღვის გეოლოგიური მოქმედების დასკვნითი სტადიაა ე.წ. **წონასწორობის პროფილის** მიღწევა, როდესაც სანაპიროზე მყარდება დინამიკური წონასწორობა ქანების გარეცხვისადმი მდგრადობასა და ზღვის აბრაზიულ მოქმედებას შორის.

აბრაზიას ებრძვიან სპეციალური დამცავი ნაგებობებით, რომლებიც 2 კატეგორიისაა: პასიური და აქტიური დაცვის ნაგებობები. პასიური – უშუალოდ განიცდის ზვირთცემის მექანიკურ ზეგავლენას (ტალღამრეკლი კედლები), შედარებით სწრაფად დეფორმირდება და გამოდის მწყობრიდან. აქტიური დაცვის ნაგებობები (ზღვის ბუნა და ტალღამჭრელი) კი აგროვებს და აკავებს ნარიყს. ამ შემთხვევაში ტალღების ენერგია იხარჯება ძირითადად პლაჟის შემადგენელი მასალის გადაადგილებასა და ცვეთაზე. ამიტომ ამ ტიპის დამცავი ნაგებობები უფრო საიმედოა და ექსპლუატაციის ხანგრძლივობით ხასიათდება.

ნაპირების დასაცავად იყენებენ აგრეთვე რკინაბეტონის ტეტრაპოდს, რომელიც წაკვეთილი კონუსის ფორმის ოთხად განტოტვილი სხეულია. იგი კარგად მაგრდება ზღვიურ ნალექებში როგორც ჩვეულებრივ, ასევე ციცაბო ნაპირებზე და იცავს მას გარეცხვისაგან.

### 9.3. ტბებისა და წყალსაცავების გეოლოგიური მოქმედება, ჭაობები

ტბები ბუნებრივ ტაფობებში წარმოქმნილი წყალსატევებია, რომლებსაც ზღვებსა და ოკეანეებთან კავშირი არა აქვთ. ტბების ტაფობები სხვადასხვა წარმოშობისაა. ერთ-ერთი მათგანია – ტექტონიკური ტაფობები, რომლებიც წარმოიქმნება დედამიწის ქერქის ნაოჭა ან წყვეტილი დეფორმაციების შედეგად (ბაიკალი, ლადოგი, ონეგი, ტანგანიკა, სევანი და სხვა). გარდა ტექტონიკურისა, არის ეროზიული, მყინვარული, კარსტული წარმოშობის, ვულკანური კრატერების ტბები, ჩაკეტილი ნამდინარეები და სხვ.

## ირაკლი მიქაძე

ტბებიც ასრულებს გეოლოგიურ სამუშაოს, რომელიც გამოიხატება ნაპირების ნგრევასა და მასალის დალექვაში.

ტბიური აბრაზია ქარის მიერ წარმოქმნილი ტალღებითაა გამოწვეული. ტბიური ტერასა შეიძლება იყოს ეროზიული, გამომუშავებული ძირითად ქანებში და აკუმულაციური, აგებული ტბიური ნალექებით. აბრაზიული პროცესების გააქტიურების ერთ-ერთი მიზეზია დედამიწის ქერქის ტექტონიკური მოძრაობა, თუმცა ბოლო ხანებში სულ უფრო ძლიერდება ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის როლი.

ტბაში ინტენსიურად მიმდინარეობს ნალექდაგროვების პროცესიც. ტბიური ნალექები წარმოდგენილია ნამტვრევი, ქიმიური და ორგანოგენული მასალით. სანაპიროების გასწვრივ ხშირია სხვადასხვამარცვლოვანი ქვიშების დანაგროვები. ფსკერზე ილექება ქვიშები, თიხები, ლამი, ხოლო მლაშე ტბის ფსკერზე – მარილები. ტბებში ფორმირდება სპეციფიკური, მარტო მისთვის დამახასიათებელი წარმონაქმნები: საპროპელი, ტორფი, ტრეპელი, ტბიური მერგელი და ცარცი.

ჭაობები ეწოდება დედამიწის ზედაპირის ჭარბად დატენიანებულ უბნებს, რომლებიც დაფარულია სპეციფიკური მცენარეული საფარით და ტორფით. თუ არ არის ტორფი, ან მისი სისქე 30 სმ-ს არ აღემატება, მათ უწოდებენ დაჭაობებულ მიწებს. ჭაობების ნაწილი წარმოშობილია ტბებიდან და წარმოადგენს მათი განვითარების ბოლო სტადიას. ტბების ნაპირზე აღმოცენებული მცენარეები თანდათან ავსებენ წყალსატევს, ამასთან ხდება მათი არასრული ლპობის პროცესი და წარმოიქმნება ტორფის შრეები. ჭაობების წარმოშობის სხვა გზებია: წყალგაუმტარი შრეების არაღრმა განლაგება, გრუნტის წყლის დონეების აწევა და შეგუბება, ზღვის სანაპირო ზოლში დადაბლებული უბნების წყლით დაფარვა და ა.შ.

წყლის კვების პირობების მიხედვით არჩევენ: დაბლობის, მაღლობისა და გარდამავალ ჭაობებს. დაბლობის ჭაობები იკვებება მიწისქვეშა, ნაწილობრივ, მდინარის ან ტბის, აგრეთვე წვიმის წყლებით. მაღლობის ჭაობების კვებაში, გარდა ატმოსფერული ნალექებისა, მონაწილეობენ ყინულისა და თოვლის დნობით წარმოშობილი წყლები. გარდამავალი ტიპის ჭაობებს აქვთ შერეული კვება.

ჭაობები და დაჭაობებული მიწები არახელსაყრელია ნებისმიერი მშენებლობისათვის. მშენებლობის დაწყებამდე აუცილებელია ჭაობების გენეზისისა და ძირითადი მახასიათებლების დადგენა (სიღრმე, ფსკერის რელიეფი, გავრცელება, გატენიანების წყაროები და ა.შ.).

ჭაობის ნალექებს აქვთ არახელსაყრელი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები. ტორფები და საპროპელები მაღალი კუმშვადობით, ტენტივადობით, დაბალი წყალშეღწევადობით და ძვრისადმი მცირე წინააღობით ხასიათდება. ტორფის, როგორც ნაგებობათა საფუძვლის, შეფასება ხდება მისი მდგრადობის ხარისხის მიხედვით, რომელიც დამოკიდებულია კონსისტენციაზე. ტორფის კუმშვადობა არათანაბარია, იგი დაახლოებით 60-ჯერ აღემატება ქვიშის და 5-ჯერ თიხის კუმშვადობას. 5 მ-ზე მეტი სისქის მკვრივი ტორფის ჯდომის სიდიდე 0,15-0,25 მ-

ია, ხოლო ფხვიერი და წყლით გაჯერებული ტორფის – 0,5-3,5 მ-ს აღწევს. მკვერივ ტორფზე დასაშვები მაქსიმალური დატვირთვა 1 კგ/სმ<sup>2</sup>-ს არ აღემატება, არამკვერივ ტორფზე – 0,5 კგ/სმ<sup>2</sup>-ს, ხოლო გათხევადებულ ტორფზე – 0,1 კგ/სმ<sup>2</sup>-ს. ეს გარემოება ბევრ შემთხვევაში გამოორიცხავს რაიმე ნაგებობის მშენებლობას ამ ქანებზე და საჭიროებს ხელოვნური ფუძეების მოწყობას ქვიშიანი ან ხრეშიანი ბალიშების სახით. ზოგჯერ ჭაობიან შრეებს კვეთენ სპეციალური ხიმინჯებით ძირითად ქანებამდე.

აბრაზია წყალსაცავების სანაპიროებზე გაცილებით უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს, ვიდრე ბუნებრივი წყალსატევების ნაპირებზე. ამის მიზეზია ის, რომ წყალსაცავები იქმნება უმეტესად ისეთ ადგილებში, რომლებიც ჰავის კონტინენტური რეჟიმით ხასიათდება. წყლით დაფარვა ინვესს წყალსაცავის ღრმულის ამგები ქანების ბუნებრივი წონასწორობის დარღვევას, რის გამოც მათი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები სუსტდება და ტალღის მექანიკური ძალის ზემოქმედების გამო ეს ქანები ადვილად იშლება და ირეცხება. წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავებას თან ახლავს სანაპირო ზოლის გარეცხვა რამდენიმე ათეული და ასეული მეტრის სიგანეზე. გადამუშავების ზონაში შეიძლება მოხდეს დასახლებული პუნქტები, გზები და სხვა სასარგებლო ფართობები.

წყალსაცავების უმეტესობა ჰიდროენერგეტიკული მიზნებისათვის გამოიყენება (დნებრის, დონის, ვოლგის, ანგარის, ენისეის და სხვ.), მათი ფართობი რამდენიმე ასეული კვადრატული კილომეტრია.

წყალსაცავები, როგორც წესი, იქმნება მდინარის ხეობებში ან სხვა ბუნებრივ ტაფობებში კაშხლის აგებით, რომელიც აგუბებს მდინარეს. წყალსაცავის ქვემო ნაწილში, რომელიც კაშხალს ებჯინება, წყლის ზედაპირს ქანობი არ გააჩნია, ამიტომ აქ დინებები არ არის. აბრაზიის აქტივობას აქ, ისევე როგორც ზღვებსა და ტბებში, განსაზღვრავს ქარის მიერ წარმოქმნილი ტალღები და წყალსაცავში წყლის დონის ცვალებადობა. წყალსაცავის შუა ნაწილში ნაპირების გადამუშავებაში, გარდა აღნიშნულისა, მონაწილეობს წყალდიდობისას წარმოშობილი დინებები, რომელთა ზემოქმედებას ეროზიული ხასიათი აქვს. წყალსაცავის ზემო ნაწილში, განსაკუთრებით წყალუხვობის პერიოდში, ყალიბდება ტიპური მდინარეულ-ეროზიული რეჟიმი.

წყალსაცავის ნაპირების ნგრევაზე დიდ გავლენას ახდენს წყლის დონის ცვალებადობა, რომელიც დიდ წყალსაცავებში 6-8 მ-მდე აღწევს. ქანების პერიოდული გამრობა და დასველება და დონის ცვალებადობით წარმოქმნილი ზვირთები ინვესს ნაპირების სწრაფ დაშლას. ნაპირების დამუშავების ინტენსიურობა დამოკიდებულია ფერდობების მორფოლოგიაზე, ქანების აგებულებაზე და ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე. ციცაბო ფერდობები უფრო აქტიურად ირეცხება, ვიდრე დამრეცი, ამასთან თუ ფერდობის დახრა 6 გრადუსზე ნაკლებია, მასზე უმეტესად ხდება ნაშალი მასალის დაგროვება. წყალში შეჭრილი ხმელეთის უბნები უფრო აქტიურად ირეცხება, ხოლო უბნებში გროვდება ნაშალი მასალა.

## *ირაკლი მიქაძე*

წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავება იწყება მისი შევსების მომენტიდანვე და ყველაზე ინტენსიურად მიმდინარეობს პირველი 2-3 წლის განმავლობაში. რაც უფრო ადვილად ირეცხება სანაპირო, მით უფრო სწრაფად ხდება წონასწორობის პროფილის შექმნა.

წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავების სანინალმდეგოდ იმავე ნაგებობების მშენებლობა გამოიყენება, რაც ზღვის აბრაზიის შემთხვევაში, მაგრამ ბუნები და ტალღამჭრელები გამოიყენება იშვიათად. ნაპირების გასამაგრებლად ძირითადად იყენებენ სხვადასხვა ტიპის დამცავ საფარს ქვის, რკინაბეტონის ფილების ან ასფალტის სახით. ფერდობის მდგრადობის გაზრდის მიზნით ეფექტურია კონტროფორსები, რომლებსაც აგებენ კარგი ფილტრაციული თვისებების მქონე მასალიდან: ნამტვრევი ქვა, ხრეში, ქვიშა. ნარეცხვის სანინალმდეგოდ ლონისძიებების შერჩევა პირველ რიგში დამოკიდებულია იმაზე, თუ რამდენად სასარგებლოა ის ტერიტორია, რომელიც გამიზნულია დასაცავად.

### **9.4. მყინვარების გეოლოგიური მოქმედება**

ყინულისა და თოვლის მოძრავ მასას, რომელიც მარადი თოვლიანობის ხაზის ზევით მდებარეობს, *მყინვარი* ეწოდება. არჩევენ მთისა და კონტინენტის მყინვარებს. კონტინენტურ მყინვარებში ყინულის დიდი სისქის მასა თავის წონით აწევა ქვემდებარე ქანებს და იწვევს მათ მონგრევას და გამოდენა-გამოჭყლეტას. მოძრავ მყინვარებს ზღვებსა და ოკეანეებში შეაქვთ ყინულის უზარმაზარი მასები – *აისბერგები*, რომლებიც თანდათან დნება. გრენლანდიაში, ოკეანისაკენ ყინულის მასების მოძრაობის სიჩქარეა 4-38 მ/დღე-ღამეში.

მთის ანუ ხეობის მყინვარი მოძრაობის დროს თხრის და ანაწევრებს ხეობის ფსკერისა და ფერდობის ამგებ ქანებს, ცვლის ფერდობების კონფიგურაციას, გადააქვს და ლექავს მონგრეულ მასალას.

ქანის ზედაპირის ყინულით ზემოქმედებისას წარმოიქმნება თავისებური გლუვი მოყვანილობის ზედაპირები, ე.წ. „ვერძის შუბლები“, რომლებზეც კარგად შეიმჩნევა ყინულის და მასში ჩაყინული ქვების მექანიკური ზემოქმედების კვალი.

მყინვარი მოძრაობის პროცესში ჩაითრევს მონგრეული ქანის ნამსხვრევებს და გადაადგილებს მათ. მყინვარის გადნობის შემდეგ ეს ნამსხვრევები ილექება და წარმოქმნის *მყინვარულ ნალექებს ანუ მორენებს*. მოძრავ მორენებში არჩევენ ზედაპირულ, შიგა და ფსკერის მორენებს, დალექილში – სანაპირო და ბოლო მორენებს.

მყინვარული ნალექები არის უხეში, დაუხარისხებელი, ნამტვრევი მასალა. დიდი რაოდენობით გვხვდება თიხნარი და თიხა. მორენები განლაგებულია განფენების სახით, მათი სისქე ათეული მეტრია. მყინვართან ახლოს რჩება მსხვილი მასალა, მოშორებით ილექება ქვიშები და უფრო შორს – თიხოვანი მასალა. ასეთ მყინვარულ ნალექებს *ფლუვიურ-გლაციური* ნალექები ეწოდება. ეს ნალექები

დახარისხებულია და შრეებრიობა ახასიათებს, წარმოდგენილია ქვიშის, ხრემის, კენჭნარის, თიხისა და თიხნარის შრეებით.

ფლუვიურ-გლაციური ნალექები ქმნიან რელიეფის დამახასიათებელ ფორმებს. ვიწრო, მაღალი ზვინულების სახით დაგროვილი მყინვარული მასალა წარმოქმნის **ოზებს**. მათი სიგრძე შეიძლება კილომეტრებს აღწევდეს, სიმაღლე – რამდენიმე ათეულ მეტრს.

აქა-იქ უსისტემოდ გაბნეულ ბორცვებს, რომლებიც დახარისხებული წვრილ-მარცვლოვანი მყინვარული ნალექებით არის აგებული, **კამები** ეწოდებათ. მყინვართან ახლომდებარე ტალღისებრი ზედაპირის მქონე დაბლობებს, რომელიც აგებულია მყინვარული წმინდა და საშუალომარცვლოვანი მასალით, **ზანდრულ ველებს** უწოდებენ.

მორენული და ფლუვიურ-გლაციური ნალექები ძირითადად საიმედო საფუძველს ქმნიან მშენებლობისათვის. თვით მორენები, რომლებიც შედგებიან კაჭარ-შემცველი თიხნარებისა და თიხებისაგან, ხასიათდებიან მაღალი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით, აქვთ 12-14% ტენიანობა, 25-30% ფორიანობა და ხასიათდებიან მცირე წყალშელწევადობით. შიგა ხახუნის კუთხე  $>25^{\circ}$ -ზე, შეჭიდულობა არის 0,4-0,6 კგ/სმ<sup>2</sup>, ამტანუნარიანობა – 6-10 კგ/სმ<sup>2</sup>. ამ ნალექებისათვის დამახასიათებელია მცირე კუმშვადობა, რის გამოც მათზე აგებული ნაგებობების დაფდომა უმნიშვნელოა.

მყინვარული ნალექების სამშენებლო თვისებებზე უარყოფით გავლენას ახდენს მათში ცალკეული დიდი ლოდების ჩანართები, რამაც შეიძლება ნაგებობის არათანაბარი დაფდომა გამოიწვიოს.

მყინვარული ნალექები კარგი სამშენებლო მასალაა. ქვიშები გამოიყენება ყრილების ასაგებად, აგრეთვე ინერტულ მასალად ბეტონისათვის. მტკიცე ქანების (გრანიტების და სხვ.) ლოდები მონოლითური და გამოუფიტავია, რომლებიც სათანადო დამუშავებისა და მოპირკეთების შემდეგ წარმოადგენს ძვირფას სამშენებლო ქვას.

## 9.5. ქანების მოძრაობა ფერდობებზე სიმძიმის ძალის გავლენით

გეოლოგიური თვალსაზრისით დედამიწის ზედაპირი იყოფა **დენუდაციისა და აკუმულაციის** არეებად. დენუდაციაში იგულისხმება იმ პროცესების ერთობლიობა, რომლებიც იწვევენ დედამიწის რელიეფის უსწორმასწორო ფორმების მოსწორება-მოვაკებას, რაც გამოიხატება მაღალი მთათა სისტემების დაშლასა და დაბალ მთაგორიან ადგილებად გადაქცევაში. აკუმულაციის არეებში კი ხდება ამ ნაშალი მასალის დაგროვება-დალექვა. ყველა დენუდაციური პროცესი დაკავშირებულია დედამიწის გარე დინამიკური ძალების გამოვლინებასთან და მათ **ეგზოგენური** პროცესი ეწოდება.

დენუდაციური პროცესების გამოვლინების ერთ-ერთი კონკრეტული ფორმაა ქანების მოძრაობა ფერდობებზე სიმძიმის ანუ **გრავიტაციული** ძალების

## *ირაკლი მიქაძე*

ზემოქმედებით. გრავიტაციულ პროცესებს მიეკუთვნება: შვავები, ზვავები და მენყრები.

**შვავი** ეწოდება ციკაბო ფერდობზე ქანების ნამტვრევების გადაადგილებას და ფერდობის ძირში დაგროვებას. ქვის ნაშვავები მთიანი რელიეფის დამახასიათებელი ელემენტია. შედგენილობით მრავალფეროვანია, თუმცა მასალის მოძრაობის პროცესში მაინც ხდება მათი დახარისხება.

ნაშვავის დამახასიათებელი თვისებაა ძვრადობა, რის მიხედვითაც იყოფა მოქმედ, მიღევად და უძრავ ნაშვავად.

მოქმედი ნაშვავი თანდათანობით მატულობს, მის ზედაპირზე ხდება ქანების ნამტვრევების გადაადგილება, რომლებიც არამდგრადია და ადვილად გამოდის წონასწორობის მდგომარეობიდან.

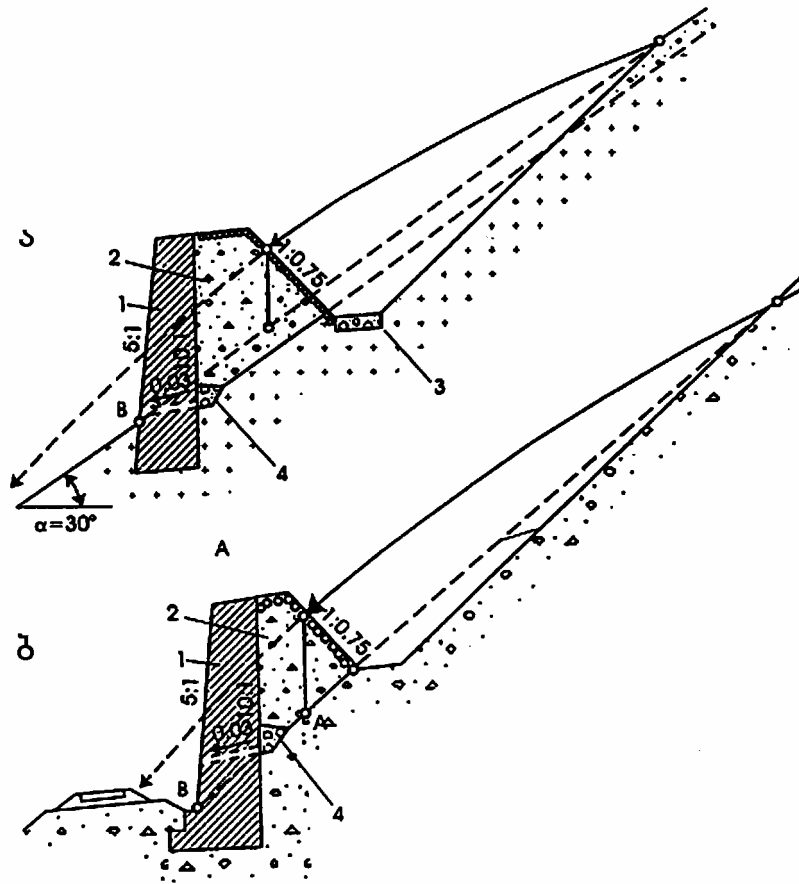
მიღევადი ნაშვავი თითქმის არ მოძრაობს და ნაკლებად ივსება ახალი მასალით. ნამტვრევები უფრო მჭიდროდაა განლაგებული, შემკვრივებული და თავისუფალი სივრცე ნაწილობრივ უფრო წვრილი მასალითაა შევსებული.

უძრავი ნაშვავის შევსება საერთოდ აღარ ხდება, რაც მისი კვების არარსებობაზე მიუთითებს. ასეთი ნაშვავი ინარჩუნებს უძრავ კონტურს, გამოირჩევა მასალის სიმჭიდროვით და სიმაგრით. ნამტვრევებს შორის სიცარიელები ამოვსებულია წვრილმარცვლოვანი მასალით, რომელიც უმეტესად ქარის მოტანილია. ზოგჯერ უძრავი ნაშვავის ზედაპირი დაფარულია ნიადაგის ფენით.

შვავი აქტიური გეოლოგიური პროცესია და მისი გავლენა მშენებლობაზე უარყოფითია. ეს პროცესი განსაკუთრებულ საშიშროებას ქმნის მაღალმთიან რაიონებში საგზაო მშენებლობისათვის. შვავსაშიშ უბნებზე აუცილებელია დამცავი ნაგებობების (საყრდენი კედლებისა და დახურული გალერეების) მშენებლობა, განსაკუთრებით რკინიგზის ტრასებზე.

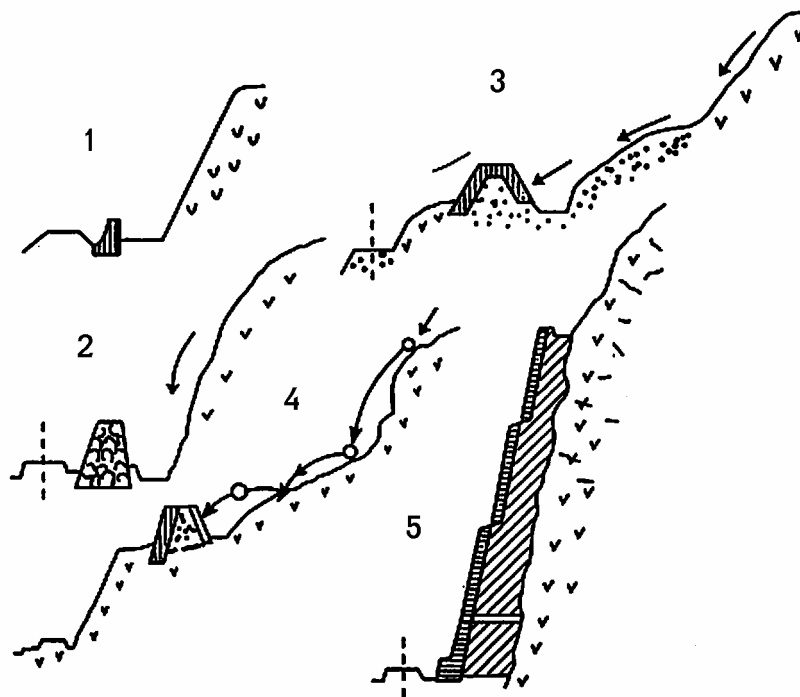
შვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებებია:

- 1) ნაგებობის ზემოთ, ფერდობზე ნაშვავის პერიოდულად მოცილება;
- 2) ნაშვავის ქვედა ნაწილში კონტრფორსის შექმნა ჩამოშვავებული მასალის ხელოვნური გადაადგილებით;
- 3) ნაშვავის ზედაპირის მოწესრიგება, არამდგრადი ნაწილების მოცილება, განსაკუთრებით შვავის ფრონტალურ ნაწილებში;
- 4) ნაშვავის საფუძვლის გაუწყობა;
- 5) დამცავი საინჟინრო ნაგებობების მშენებლობა (საყრდენი კედლები, დამცავი წინაფრები, დამჭერი ჯიბეები, მთლიანი ან ნახევრად დახურული გალერეები და სხვ.).



ნახ. 34. შვავდამჭერი კედლები

- ა- კლდოვანი ქანის არალრმა განლაგებისას,
- ბ - თიხნაროვან-ნამტვრევი დელუვიონის შემთხვევაში.
- 1 - რკინაბეტონის კედელი;
- 2 - ამორტიზებული დაზვინვა ადგილობრივი გრუნტისაგან;
- 3 - ქვიშის ბალიში; 4 - სადრენაჟო არხი; ჩამონაშვავი მასა



ნახ. 35. ზვავსანიანალმდეგო ღონისძიებების სქემა

- 1, 2 – ზვავდამჭერი კედლები; 3 – ზვავდამჭერი ზვინული და არხი;  
4 – ზვავდამჭერი კედელი და ზვინული; 5 – მოპირკეთება ბეტონის კედლებით

**ზვავი** არის დიდი ზომის მიწის მასების მოწყვეტის, გადმოყირავების და ჩამოვარდნის პროცესი. იგი დამახასიათებელია მაღალმთიანი რაიონებისათვის, მდინარის ხეობის კალთებისათვის, გზის ხელოვნური ჭრილებისა და ფერდობებისათვის, სადაც დარღვეულია ქანების ბუნებრივი წონასწორობა. ამ პროცესს აჩქარებს მიწისძვრები, ატმოსფერული ნალექები, ძლიერი ქარი, ჩამოცვენილი ნამტვრევებისაგან გამოწვეული ბიძგები, მშენებლობის დროს წარმოქმნილი ჰაერის ან ზედაპირის რყევები, გამოწვეული აფეთქებებისაგან ან ტრანსპორტის მოძრაობის შედეგად.

ზვავების წარმოქმნის მიზეზია ციცაბო ფერდობებზე (45-50<sup>0</sup>-ზე მეტი) ქანების წონასწორობის დარღვევა, რაც გამოწვეულია გამოფიტვის ნაპრალების წარმოქმნით ან არსებული ტექტონიკური, ან მიწისძვრით გამოწვეული ნაპრალების გასწვრივ ქანების სიმტკიცის შესუსტებით. მცირე სიდიდის ზვავის შემთხვევაში მიმართავენ ფერდობების ხელოვნურ ჩამონგრევას მცირე სიძლიერის აფეთქებებით ან ნაპრალებში სოლების ჩასობით. შესაძლებელია აგრეთვე საყრდენი კედლების, თხრილების, ტრანშეების მოწყობა, ნაპრალების ტამპონაჟი ან დანაპ-



რალიანებული მასივის საერთო ცემენტაცია. ზვავები განსაკუთრებით საშიშია სარკინიგზო ტრასებისათვის.

**მენყერი** ეწოდება სიმძიმის ძალით მიწის მასების ნელ გადაადგილებას (დაცურებას) ფერდობზე, რასაც ადგილი აქვს მათი ფიზიკური მდგომარეობის შეცვლის გამო ზედაპირული ან მიწისქვეშა წყლების გავლენით.

მენყრული პროცესი ფართოდაა გავრცელებული მთაგორიან მხარეში, მდინარის ხეობის ფერდობებზე, ზღვის სანაპიროებზე, ხელოვნურ ფერდობებზე და ა.შ.

მენყრის გადაადგილების, როგორც მექანიკური პროცესის, მიზეზია ფერდობის ამგები ქანების მდგრადობის დარღვევა, რომელიც შეიძლება გამოიწვიოს:

- 1) ფერდობის ფუძეში საყრდენი ქანების მოცილებამ;
- 2) ფერდობის ძირში ქანების სიმტკიცის შესუსტებამ;
- 3) მთლიანად მასივისა და უშუალოდ ფერდობის ამგებ ქანებს შორის კავშირის შესუსტებამ ან შეწყვეტამ.

მენყერი წარმოიქმნება იმ შემთხვევაში, როდესაც ფერდობის დახრილობა აღარ შეესაბამება ქანების ფიზიკურ მდგომარეობას და ამ ქანებს აღარ ძალუძთ მდგრადობის შენარჩუნება ფერდობის დახრის კუთხის შეუცვლელად.

არჩევნ მენყრის შემდეგ მორფოლოგიურ ელემენტებს: სრიალის ზედაპირს ანუ სიბრტყეს, მენყრის ძირს ანუ დამენყრების ბაზისს, მენყრის სიღრმეს, მენყრულ ცირკს, მენყრის სხეულს და მენყრულ დანაგროვებს. მენყრის გადაადგილება ხდება სრიალის ზედაპირზე. ეს ზედაპირი შეიძლება იყოს ცილინდრული, ტალღისებრი ან ბრტყელი. მენყრის ძირი არის სრიალის ზედაპირის გამოსავალი ფერდობის ფუძეში. მენყრის სიღრმედ მიჩნეულია უმოკლესი მანძილი მენყრის სხეულის ზედაპირიდან სრიალის ზედაპირამდე.

მენყრული ცირკი ის ციკაბო რკალისებური მოყვანილობის ზედაპირია, რომელიც წარმოიქმნება მენყრის მოწყვეტის ადგილას. მენყრული დანაგროვები არის გადაადგილებული ქანების მთელი მასა, რომელიც ფერდობის ყველაზე დადაბლებულ ადგილებში გროვდება. მენყრის სხეულის შუბლის ნაწილში ხშირად ჩნდება ე.წ. **ამობურცვის ზვინული** – ნაპრალებით დასერილი მენყრული მასა.

ზემოაღნიშნული მორფოლოგიური ელემენტები ქმნიან მენყრის ნიშან-თვისებებს, რომელთა საშუალებით შეიძლება გამოვავლინოთ და დავადგინოთ ეს მოვლენა. მენყრულ ნიშან-თვისებებს მიეკუთვნება აგრეთვე: მენყრული ნაპრალები, საფეხურები, წყლის შეტბორილი გუბები, „მთვრალი ტყე“, ნაპრალები და სხვა.

მენყრული ნაპრალები ამ მოვლენის დაწყებითი სტადიაა, რომლებიც დასაწყისში ოდნავ შესამჩნევია, შემდეგ კი თანდათანობით დიდდება. მათ რკალური მოყვანილობა აქვთ და ჩაზნექილი მხარე მენყრისკენაა მიმართული. მენყრული საფეხურები ანუ ტერასები ფერდობზე ქანის მასების გადაადგილების შედეგად წარმოქმნილი მოედნებია, რომლებიც ფერდობის სანინაალმდეგო მიმართულებით არიან დახრილი და ამიტომ ასეთ ადგილებში პატარა ტბები წარმოიშობა. ხეები გადაიხრება სხვადასხვა მხარეს და წარმოიქმნება ე.წ. „მთვრალი ტყე“, ასევე

## ირაკლი მიქაძე

იცვლის მდებარეობას ტელეგრაფის ბოძები, ანძები, ჯებირები, კედლები და ა.შ. მენყრულ ფერდობებზე ხშირია ნაგებობების დეფორმაცია და ნგრევა.

მენყრის წარმოქმნისა და განვითარების ზოგადი პირობებია: გეოლოგიური აგებულება, ტექტონიკური მოძრაობა და რელიეფი. აქტიური მიზეზებიდან აღსანიშნავია ფერდობის აგებულებაში მონაწილე, უმთავრესად თიხოვანი ქანების ბუნებრივად დაძაბული მდგომარეობის შეცვლა; მინისქვეშა, ზედაპირული და ატმოსფერული წყლების ზემოქმედება, გამოფიტვა, სეისმური ბიძგები, ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა და ა.შ.

მენყრული პროცესი ხასიათდება არათანაბარი განვითარებით, პირობითად მასში გამოიყოფა 3 სტადია: მოსამზადებელი, საკუთრივ დამენყრების და დამენყრების შემდგომი.

მოსამზადებელი სტადია საკმაოდ ხანგრძლივია (რამდენიმე წელი) და დამოკიდებულია მენყრის წარმომშობი ძალების ზემოქმედებაზე. ამ სტადიისათვის დამახასიათებელია ნაპრალების წარმოშობა, რაც შეინიშნება მინის ზედაპირზე.

დამენყრების სტადია შედარებით ხანმოკლეა და იგი წყდება მაშინვე, როცა ფერდობი გარკვეული მასის გადაადგილების შემდეგ მეტ-ნაკლებად მდგრად კონტურს მიაღწევს. დამენყრების შემდგომ სტადიაში იცვლება ფერდობის მდგრადობის პირობები. ჩამომენყრილი ბლოკი, თუ იგი არ გაირეცხა და არ გადაადგილდა, ხშირად ფერდობისათვის ასრულებს ბუნებრივი კონტრფორსის როლს და ხელს უწყობს მის მდგრადობას.

ფერდობის მექანიკური მდგრადობა ანუ მდგრადობის ხარისხი განისაზღვრება მასზე მოქმედი ძალების ურთიერთშეფარდებით. ფერდობზე, მის ყოველ წერტილში მოქმედებს ძირითადად 2 ჯგუფის ძალები: მძვრელი და შემაკავებელი ძალები. ფერდობზე ქანის მასების მდგრადობის პირობას გამოსახავს განტოლება:

$$T = N \times \text{tg} \alpha + cL,$$

სადაც  $T$  არის მხები ძალა ანუ სიმძიმის ძალის მძვრელი მდგენელი;

$N$  – ნორმალური ძალა ანუ მასივის სიმძიმის ძალის შემაკავებელი მდგენელი;

$\text{tg} \alpha$  არის შიგა ხახუნის კოეფიციენტი;

$c$  – შეჭიდულობა;

$L$  – მანძილი, რომელზეც გადაადგილდება მენყრული სხეული ფერდობის გასწვრივ.

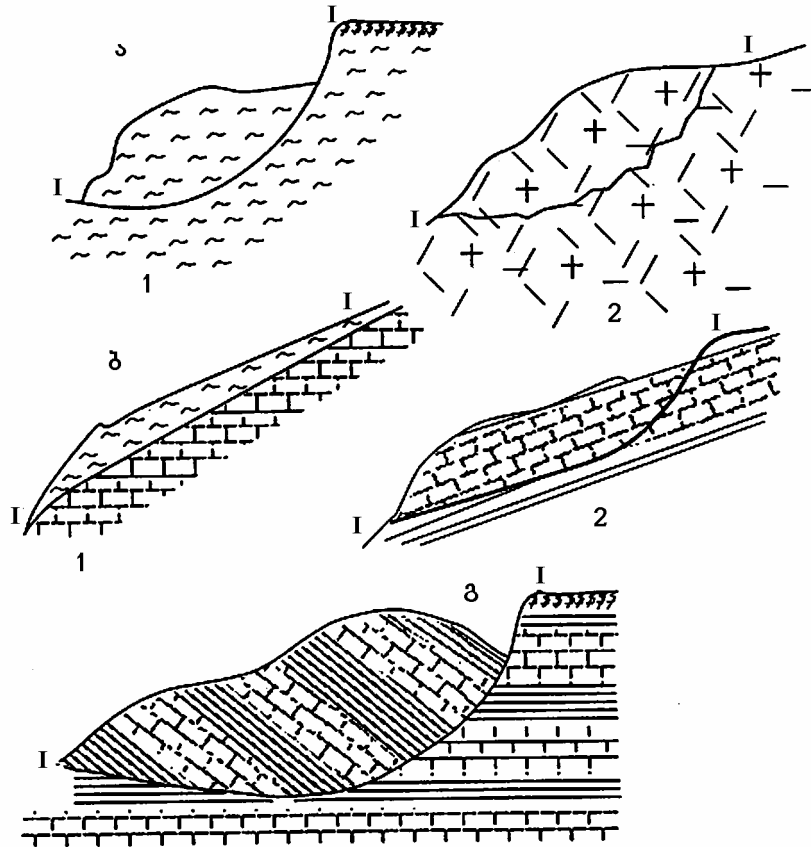
ფერდობის მდგრადობის ხარისხი განისაზღვრება სიდიდით, რომელსაც **მდგრადობის ანუ მარაგის კოეფიციენტი** ეწოდება:

$$K_{\text{მდგ}} = N \times \text{tg} \alpha + cL/T.$$

მრიცხველი ( $cL$ ) ასახავს ძალების ჯამს, რომლებიც წინააღმდეგობას უწევენ მენყრის წარმოქმნას, მნიშვნელი ( $T$ ) მენყრის ხელშემწყობ მძვრელ ძალებს გამოსახავს. შემაკავშირებელი და მძვრელი ძალების ჯამურ სიდიდეებს აღნიშნავენ, შესაბამისად,  $\sum R$  და  $\sum T$ , ე.ი.:

$$K_{\text{მდგ}} = \sum R / \sum T.$$

ამრიგად, მდგრადობის კოეფიციენტი გამოისახება გადაადგილების დამაბრკოლებელი ძალების შეფარდებით აქტიურ მძვრელ ძალებთან. მენყრულ მოძრაობას წინააღმდეგობას უწევენ ქანების შეჭიდულობა და შიგა ხახუნი. მოძრაობის გამომწვევია – ფერდობის წონა, მასზე განლაგებული ნაგებობანი, მიწისქვეშა წყლების ჰიდროსტატიკური და ჰიდროდინამიკური წნევები და ა.შ.



ნახ. 36. მენყრის სახეები სრიალის ზედაპირის განლაგებისა და ფორმის მიხედვით:

- ა – ასეკვენტური: 1 – ერთგვაროვან თიხოვან ქანებში;  
 2 – ნაპრალოვან მაგარ ქანებში;  
 ბ – კონსეკვენტური: 1 – დელუვიონი ძირითად ქანზე;  
 2 – მონოკლინურად დახრილ შრეებრივ ქანებში;  
 გ – ინსეკვენტური

მდგრადობის თვალსაზრისით ფერდობები იყოფა 3 ჯგუფად:

1. როცა  $\sum R = \sum T$ , ე.ი.  $K_{მდგ} = 1$ , გვაქვს ზღვრული წონასწორობის მდგომარეობა;
2. როცა  $\sum R > \sum T$ , ე.ი.  $K_{მდგ} > 1$ , უზრუნველყოფილია ფერდობის მდგრადობა;

*ირაკლი მიქაძე*

3. როცა  $\sum R < \sum T$ , ე.ი.  $K_{აღგ} < 1$ , ფერდობი არამდგრად მდგომარეობაშია.

ცნობილია მენყრების კერძო და ზოგადი კლასიფიკაციები. კერძოდან აღსანიშნავია თ. სავარენსკის კლასიფიკაცია, რომელიც ეყრდნობა მენყრის აგებულების ნიშან-თვისებას და სრიალის ზედაპირის მდებარეობას ფერდობის ამგები ქანების მიმართ. ამის მიხედვით ავტორი მენყრებს ყოფს 3 ჯგუფად: *ასეკვენტურ, კონსეკვენტურ და ინსეკვენტურ* მენყრებად (იხ. ნახ. 36).

**ასეკვენტურია** ერთგვაროვანი, არაშრეებრივი, უმეტესად თიხოვან ქანებში წარმოქმნილი მენყრები, რომელთა სრიალის ზედაპირი მრგვალცილინდრულია. ასეკვენტური მენყრები შედარებით იშვიათად, მაგრამ ასევე დამასიათებელია ნაპრალოვანი, არაშრეებრივი, მაგარი ქანებისათვისაც (იხ. ნახ. 36-ა).

**კონსეკვენტური** – მენყრები მოძრაობს შრეებრიობის დახრილი სიბრტყის ან დელუვიური ნალექებისა ძირითადი ქანების გამყოფი ზედაპირის გასწვრივ.

**ინსეკვენტური** – დამასიათებელია შრეებრივი ქანებისათვის. ამ შემთხვევაში მენყრების სრიალის ზედაპირი კვეთს ქანების შრეებრიობას.

ა. პავლოვი წარმოშობის ხასიათის მიხედვით გამოყოფს **დელაპსურ და დეტრუზიულ** მენყრებს. პირველი წარმოიქმნება ფერდობის ქვედა ნაწილში და ვრცელდება ზევითკენ მიწის მასების თანმიმდევრული ჩამოსრიალების შედეგად. მეორე ტიპის მენყრები წარმოიქმნება ფერდობის ზედა ნაწილში.

დამენყრილი მასის კონსისტენციისა და მოძრაობის ხასიათის მიხედვით არჩევენ: **დენად, პლასტიკურ და ბლოკურ** მენყრებს, ხოლო მენყრული სხეულის აგებულების მიხედვით – **მარტივ და რთულ** ან საფეხურებიან მენყრებს, რომლებიც ერთმანეთზე განლაგებულ რამდენიმე მენყრისაგან შედგება.

მოძრაობის აქტიურობის მიხედვით არჩევენ: **მოქმედ და უძრავ** მენყრებს, აგრეთვე **თანამედროვე და ძველ**, ზოგჯერ **განამარხებულ** მენყრებს; თუ მოხდა ძველი მენყრის აქტივიზაცია, ვლებულობთ **განახლებულ** მენყრს.

მენყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებები იყოფა 3 ჯგუფად (ი. პოპოვი):

1. ღონისძიებები, რომელთა მიზანია მენყრის უშუალოდ გამომწვევი მიზეზების შეწყვეტა ან შესუსტება;
2. ღონისძიებები, რომლებიც ითვალისწინებს ძვრის ძალების შესუსტებას ან საბჯენების მოწყობას ქანების გადაადგილების შესაზღუდად;
3. ღონისძიებები ფერდობის ამგები ქანების ფიზიკური მდგომარეობის გასაუმჯობესებლად.

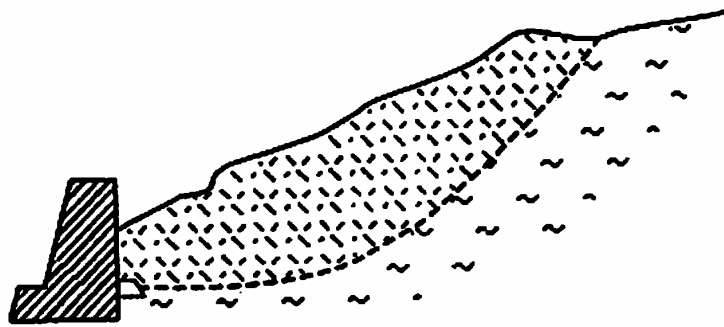


ნახ. 37. ბანკეტისა (ა) და კონტრბანკეტის (ბ) მოწყობის სქემა

პირველი ჯგუფი ითვალისწინებს ისეთი საინჟინრო ნაგებობების აგებას, რომლებიც დაიცავს ფერდობს ეროზიული ან აბრაზიული პროცესებისაგან: ნაკადის მიმართველი დამბები, ტალღამრეკლი კედლები, ბუნები, ტალღმჭრელები, ფერდობის წყალქვეშა გამაგრება ფიჩხკონით ან ბეტონის ფილებით.

მეორე ჯგუფი გულისხმობს ფერდობის მოსწორებას, მოვაკებას, ზედა ნაწილის მოჭრას და კონტრბანკეტის შექმნას (იხ. ნახ. 37), ხელოვნური ტერასების და საყრდენი კედლების მოწყობას (იხ. ნახ. 38), რკინაბეტონის სარჭებით მენყრული სხეულის დამაგრებას.

მესამე ჯგუფის ღონისძიებებს მიეკუთვნება მენყრული უბნის ღია და დახურული დრენაჟი ზედაპირული და გრუნტის წყლების მოცილების მიზნით, ქანების ელექტროქიმიური გამაგრება, რომელიც აუმჯობესებს ქანების ფიზიკურ მდგომარეობას.



ნახ. 38. საყრდენი კედელი მენყრის ძირში

მენყრული პროცესის თავიდან აცილება ასევე დამოკიდებულია პროფილაქტიკური ღონისძიებების გატარებაზე: უნდა აიკრძალოს ისეთი სამუშაოები, რომლებიც ხელს უწყობენ ამ პროცესის გააქტიურებას: ფერდობის ძირის ჩამოჭრა, თხრილის გაჭრა, ფერდობის გადატვირთვა ნაგებობებით ან მიწის დაყრით, ფეთქებადი და სამთო სამუშაოების ჩატარება, მცენარეული საფარის მოსპობა, ფერდობის ხელოვნური განწყლიანება და სხვ.

მშენებლობის დაწყებისას მდინარის ხეობებში ან ზღვის სანაპირო ფერდობებზე საჭიროა დადგინდეს მენყრების არსებობა და მათი აქტიურობის ხარისხი. თუ მენყერი სტაბილიზებულია, შესაძლებელია მშენებლობის დაწყება, მაგრამ საჭიროა სიფრთხილე და დაკვირვებების ჩატარება.

აქტიური მენყრების ფარგლებში მშენებლობა არ არის მიზანშეწონილი, ან დაიშვება მენყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებათა სრული კომპლექსის განხორციელების შემდეგ.

მენყერი შეიძლება წარმოიშვას სრულიად მდგრად ფერდობზეც მიწის სამუშაოების ჩატარების შედეგად, განსაკუთრებით ფერდობის ძირის მოჭრისა და თიხოვანი ქანების გამიშვლების დროს. ასეთი ადგილის გამოყენებისას აუცილებ-

## ირაკლი მიქაძე

ბელია ტრანშეის გაჭრა, მასში საყრდენი კედლის ამოყვანა და ამის შემდეგ მიწის სამუშაოების წარმოება.

განსაკუთრებით დიდი სიფრთხილვა საჭირო გზის ვაკისის მშენებლობისას, სადაც არასაკმარისად ამოვსებული ტრანშეები, მოუპირკეთებელი არხები, წყლის მიღების ტექნიკური უნესრიგობა და სხვა ფაქტორები ხელს უწყობს ფერდობზე ქანების ფიზიკური მდგომარეობის შეცვლას და მენყრის წარმოქმნას ან გააქტიურებას.

### 9.6. კარსტული პროცესები

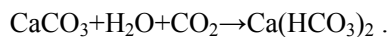
კარსტული პროცესი ან კარსტი ეწოდება ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების მიერ მეტ-ნაკლებად ხსნადი ქანების გახსნა-გამოტუტვას და ამის შედეგად ქანებში სიცარიელების გაჩენას, რაც ზოგჯერ ზედაპირზე ძაბრისმაგვარი ჩაღრმავებების წარმოქმნაში გამოიხატება. კარსტი გეოგრაფიული ტერმინია – ეს არის იუგოსლავიის ჩრდილო-დასავლეთ პერიფერიაზე, იტალიის საზღვართან არსებული კირქვიანი პლატო, სადაც ეს პროცესი კლასიკურად არის გამოსახული და პირველად აღწერილი.

კარსტი სერიოზულ დაბრკოლებებს და სიძნელებებს უქმნის მშენებლობებს, განსაკუთრებით ჰიდროტექნიკურს.

კარსტის წარმოქმნა და განვითარება განპირობებულია ადგილმდებარეობის გეოლოგიური აგებულებით, რელიეფით, კირქვიანი ქანების დიდი სიმძლავრით, გავრცელების ფართობით, ქანების წყალში ხსნადობის უნარით, ქანების დანაპრალიანებით, გამდინარე მიწისქვეშა წყლების არსებობით, მისი მინერალიზაციით, კლიმატური პირობებით და ა.შ (მ. გაზიზოვი, 1971).

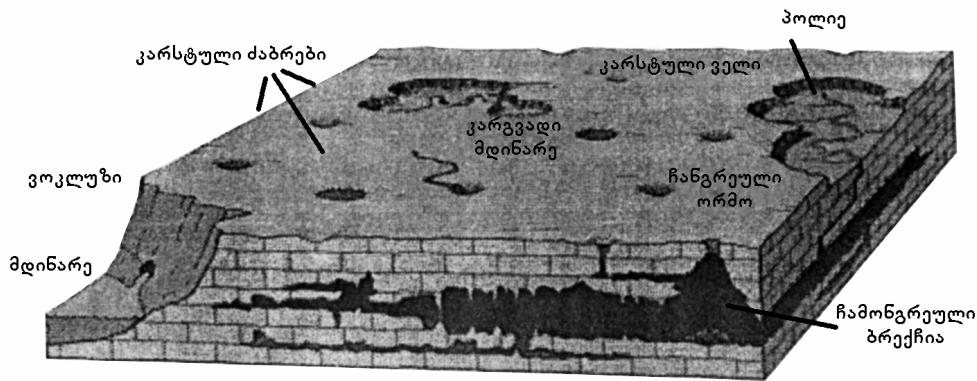
ყველაზე ხსნადი ქანებია ნატრიუმისა და კალიუმის მარილები: ქვამარილი – ჰალიტი (NaCl) და სილვინი (KCl). ხსნადობის უნარი აქვს თაბაშირს, ანჰიდრიტს და კირქვას.

კარსტი ყველაზე უფრო ხშირად გვხვდება კირქვებში, რადგან იგი ფართოდაა გავრცელებული ბუნებაში და ინტენსიურად დანაპრალიანებულია. კირქვების ხსნადობა მნიშვნელოვნად მატულობს, თუ წყალი შეიცავს ნახშირორჟანგს, რომელიც ხელს უწყობს წყალში ხსნადი კალციუმის ჰიდროკარბონატის წარმოქმნას:



რეაქცია შექცევადია – ჰიდროკარბონატით გაჯერებული წყლიდან გამოილექება კალციტი. ამ გზითაა წარმოშობილი კარსტულ მღვიმეებში არსებული ნადენი ფორმები – **სტალაქტიდები და სტალაგმიტები**.

კარსტწარმოქმნის უმთავრესი ფაქტორია წყლის გამხსნელი მოქმედება. ამ პროცესში მიწისქვეშა წყლების გარდა მონაწილეობს ატმოსფერული და მდინარეული წყლები.



ნახ. 39. ზედაპირული კარსტული ფორმები

პროცესი მით უფრო აქტიურად მიმდინარეობს, რაც ნაკლებია წყლის მინერალიზაცია და მეტია მასში ნახშირორჟანგი. ხსნადობაზე მოქმედებს ტემპერატურაც. რაც უფრო ხშირია ნაპრალების ქსელი, მით მეტი წყალი შეაღწევს ქანში. წყალი ხსნის და თანდათანობით აფართოებს ნაპრალებს, რომლებიც გადაიქცევა სიცარიელეებად – კარსტულ ფორმებად.

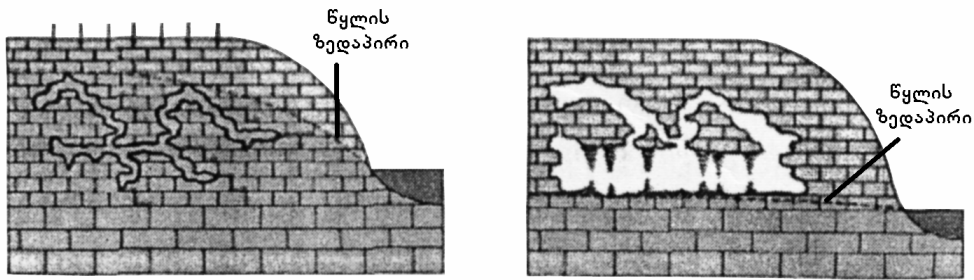
კარსტული მოქმედების ბაზისი ის დონეა, რომლის ქვევით აქტიური კარსტული პროცესი შეწყვეტილია. დედამიწის ქერქის ტექტონიკურმა მოძრაობამ შეიძლება შეცვალოს ამ ბაზისის მდებარეობა, რაც შესაბამისად გამოიწვევს კარსტული პროცესის გააქტიურებას ან შესუსტებას.

დედამიწის ზედაპირთან მდებარეობის მიხედვით არჩევენ ღია და ფარულ კარსტს. პირველ შემთხვევაში დაკარსტული ქანები განლაგებულია უშუალოდ დედამიწის ზედაპირზე, მეორეში – გადაფარულია უხსნადი, მაგრამ წყალშეღწევადი ქანებით.

კარსტის ზედაპირული ფორმებიდან აღსანიშნავია: **კარი** – წვრილი ხნულისმაგვარი ღარი კირქვების ზედაპირზე, რომელიც ჩნდება ატმოსფერული წყლის მცირე ნაკადების მოძრაობისას; **ძაბრი**, რომელიც წარმოიქმნება ზედაპირზე ნაპრალოთა ურთიერთგადაკვეთის ან რელიეფში არსებული ბუნებრივი ჩალრმავეების ადგილას ზედაპირული წყლის მოქმედებით; **პოლე** წარმოიქმნება ძაბრების გაერთიანების შედეგად ან კარსტული მასივის ცალკეული უბნების ჩანოლით. მათი სიგრძე ასეულობით მეტრსა და კილომეტრს აღწევს, ხოლო სიღრმე – რამდენიმე მეტრს.

კარსტის მიწისქვეშა ფორმებიდან აღსანიშნავია: **ჭა** და **შახტი**, რომლებიც ვერტიკალური ხვრელების და ნაპრალების შემდგომი გაფართოებით წარმოიშობა; **კავერნა** – დაკარსტული ქანების გამოჭმის შედეგად წარმოშობილი უსწორმასწორო მოყვანილობის სიცარიელე; **მღვიმე** – დიდი ზომის სიცარიელე, რომელიც წარმოიშობა მიწისქვეშა ჩაქცევებით.

ეროზიის ბაზისის ცვალებადობის შედეგად წარმოიშვება რამდენიმე საართულად განლაგებული მღვიმეები, რომლებიც, როგორც წესი, ერთმანეთს უკავშირდება. მათთვის დამახასიათებელია მიწისქვეშა მდინარეები და ტბები.



ნახ. 40. მინისქვეშა კარსტული ფორმები

კარსტული პროცესების განვითარების სიჩქარის განსაზღვრისათვის გამოიყენება **კარსტული პროცესის აქტიურობის** მაჩვენებელი:

$$A = \frac{V}{V} 100\% ,$$

სადაც  $v$  გახსნილი ქანის მოცულობაა ანუ სიცარიელების ჯამური მოცულობა;  $V$  – დაკარსტული ქანების საერთო მოცულობა.

მშენებლობა კარსტულ ქანებში გარკვეულ სიძნელებთანაა დაკავშირებული და ხორციელდება საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ჩატარების შემდეგ. იყენებენ კარსტული სიცარიელების ცემენტაციას.

ხსნარის ჩაჭირხვნის შედეგად მიიღება მინისქვეშა წყალშეუღწევადი ბარიერი (ეს მეთოდი გამოიყენეს ენგურის თაღოვანი კაშხლის მშენებლობის დროს). არსებობს სხვა მეთოდებიც: ზედაპირული და მინისქვეშა წყლების დრენაჟი, ჭაბურღილებიდან წყლის ამოტუმბვა, დონის დანევა და სხვ.

### 9.7. სუფოზია, დენადი ქანები

სუფოზია ლათინური სიტყვაა და გამოთხრას ნიშნავს. იგულისხმება მინისქვეშა წყლის მიერ ქანებიდან წვრილი ნაწილაკების გამოტანა-გამორეცხვის პროცესი, რომელსაც შეიძლება მოჰყვეს ზევით მდებარე ქანების დაჯდომა, დაბრებისა და ჩაქცევების წარმოქმნა.

სუფოზია კარსტის მსგავსია, იმ განსხვავებით, რომ ამ შემთხვევაში ქანების ქიმიურ გახსნასთან ერთად ხდება მისი შემადგენელი მასალის მექანიკური გამოტანა, მაგრამ არ წარმოიქმნება სიცარიელები.

არჩევნ მექანიკურ და ქიმიურ სუფოზიას და მათ ერთობლიობას. ეს პროცესი მიმდინარეობს ლიოსურ ქანებში, სადაც წყალი ქიმიურად ხსნის კარბონატულ ცემენტს და გამოაქვს თიხოვანი ნაწილაკები.

სუფოზიის ძირითადი გამომწვევი მიზეზია ჰიდროდინამიკური წნევების წარმოქმნა და ამავე დროს მინისქვეშა წყლების კრიტიკული სიჩქარის მომატება. ქანის ნაწილაკების გამოტანის შედეგად ფართოვდება მასში არსებული არხები,



მატულობს წყლის მოძრაობის სიჩქარე, რაც ხელს უწყობს უფრო დიდი ნაწილაკების გამოტანას.

ამ პროცესმა შეიძლება გამოიწვიოს ნაგებობების არათანაბარი ჯდომა და დეფორმაციები.

სუფოზიის ხანგრძლივმა მოქმედებამ ფერდობებზე, რომლებიც აგებულია თიხიან-ქვიშიანი ქანების მორიგეობით, შეიძლება გამოიწვიოს მენყრული დეფორმაციები.

სუფოზიის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების რეგულირება სადრენაჟო ქსელის მოწყობით და ქანების გამოფიტვის ინტენსიურობის შემცირება დამცავი საფარის გამოყენებით.

ფერდობის სიღრმეში წყლის ფილტრაციის შემცირება შესაძლებელია უკუფილტრების საშუალებით. კაშხლების საფუძველში, მაღალი ფილტრაციული თვისებების მქონე ქანებში, სუფოზიური დეფორმაციების თავიდან აცილების მიზნით, აკეთებენ თიხის ძირულებს, რითაც იზრდება ფილტრაციული ნაკადის მოძრაობის გზა და მცირდება ჰიდრაულიკური გრადიენტი და ფილტრაციის სიჩქარე. ზოგ შემთხვევაში მიმართავენ ქანების ფიზიკური თვისებების გაუმჯობესებას სილიკატიზაციისა და ცემენტაციის გამოყენებით. სუფოზიისადმი აქტიურ გრუნტებში უმჯობესია ხიმიანური ტიპის საძირკვლების გამოყენება.

**დენად ქანებს** უწოდებენ წყლით გაჯერებულ, დისპერსიულ, ფხვიერ ქანებს, ჩვეულებრივ ალევროლიტებს და ქვიშიან თიხებს, რომლებიც მიწის სამუშაოების წარმოების დროს (სამშენებლო ქვაბული, სამთო გამონამუშევარი) მოძრაობაში მოდის მძიმე, ბლანტი სითხის მსგავსად.

დენად მდგომარეობაში შეიძლება გადავიდეს სხვადასხვა გრანულომეტრიული შედგენილობის ქვიშები, ასევე თიხნარები და ქვიშნარები.

დენადი ქანების წარმოქმნის მიზეზი შეიძლება იყოს ფორებში არსებული წყლის ჰიდროდინამიკური წნევა, რომელიც ჩნდება გრუნტის წყლების წნევათა სხვაობის შედეგად ქვაბულის გაჭრის დროს.

დენადი ქანების მცირე წყალშელწევადობის გამო ჰიდრაულიკური გრადიენტი იწვევს ფილტრაციულ წნევას ქანის ნაწილაკებზე, რის შედეგადაც ამოძრავებს მათ განტვირთვის მიმართულებით, ე.ი. ქვაბულისაკენ.

მცურავი ქანების თვისებების ჩამოყალიბებაში, ჰიდროდინამიკური პირობების გარდა, მნიშვნელოვანია მისი შედგენილობაც. განასხვავებენ ცრუ და ჭეშმარიტ მცურავ ქანებს.

**ცრუ დენად ქანებს** მიეკუთვნება ქვიშები და ხრეშოვანი ქანები, რომლებსაც არა აქვთ სტრუქტურული კავშირები და მაღალი ჰიდროდინამიკური წნევის გამო გადადიან დენად მდგომარეობაში. ისინი ადვილად მოძრაობენ, მაგრამ ამასთანავე ადვილად გასცემენ წყალს. მათი ფილტრაციის კოეფიციენტი საკმაოდ მაღალია (2 და მეტი მ/დღე-ღამეში). გამოშრობისას წარმოქმნიან ფხვიერ მასას.

**ჭეშმარიტ დენად ქანებს** მიეკუთვნება ალევროლიტები და ქვიშები, რომლებშიც არის თიხოვანი მასალაც (თიხოვანი ქვიშა, ქვიშნარი).

## ირაკლი მიქაძე

თიხოვანი კოლოიდური ნაწილაკების შემცველობა განაპირობებს კავშირებს ქვიშის მარცვლებს შორის. ტენის შემწოვი კოლოიდური ნაწილაკების ირგვლივ შეკავშირებული წყლის აპკები ასუსტებს სტრუქტურულ შეჭიდულობას და ამცირებს წყალშელწევადობას. ასეთი ქანები წყალს ძნელად გასცემენ, რადგან მცირეა მათი ფილტრაციის კოეფიციენტი.

ჭეშმარიტი დენადი ქანები გამოშრობის შემდეგ გადაიქცევა შეცემენტებულ მასად. მათი დაშრობა ან რაიმე ქიმიური ნივთიერებებით გამაგრება ძნელია, რადგან ხსნარი ქანის სიღრმეში ვერ აღწევს, ხოლო კოლოიდური ნაწილაკების შეჭიდულობის უნარი უცხო ნივთიერებებთან სუსტია.

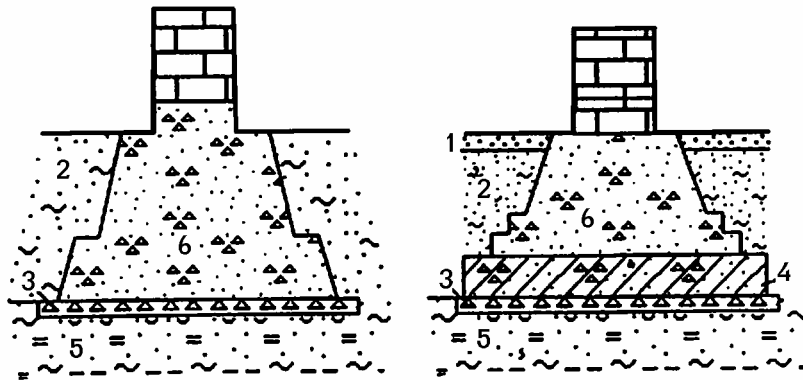
დენადი ქანები მკვეთრად ართულებს მშენებლობას ან სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვებას.

დენადი ქანების წინააღმდეგ იყენებენ შემდეგ ღონისძიებებს:

- 1) ხელოვნურ დაშრობას;
- 2) მათი გავრცელების შეზღუდვას შპუნტური ჯებირის საშუალებით;
- 3) დენადი ქანების ფიზიკური მდგომარეობის შეცვლას ტექნიკური მელორაციის მეთოდებით (სილიკატიზაცია, ცემენტაცია, გაყინვა, ელექტროქიმიური გამაგრება და ა.შ.).

თუ ნაგებობის კონსტრუქცია ფუძის ღრმად განლაგებას მოითხოვს, იყენებენ ხიმინჯურ საძირკვლებს, ღრმა ჭებსა და კესონებს, რომელთა სიღრმე შეიძლება რამდენიმე ათეული მეტრი იყოს.

მინისქვემა სამუშაოების დროს გამონამუშევარში დენადი ქანის შემოჭრის საწინააღმდეგოდ გამოიყენება სანგრევის წინმსწრები შემომზღუდი სამაგრი. გარდა ამისა მიმართავენ ქანების გაყინვას უშუალოდ სანგრევის ზონაში. იყენებენ ისეთ გამყვან ფარებს, რომელშიც იქმნება ჰაერის მაღალი წნევა, რაც გამოირიცხავს სანგრევი დენადი ქანების ან წყლის შემოჭრას.



ნახ. 41. დენად ქანებზე განლაგებული საძირკვლების სქემა

1. ქვიშის საფარი; 2. თიხნარი; 3. ხრეშის ფენა;
4. რკინაბეტონის ბალიში; 5. მცურავი ქანი;
6. ბეტონის საძირკველი

### 9.8. ლიოსური ქანების დეფორმაციები

ლიოსი ეწოდება რბილ, ფქვილისმაგვარ, მტვრისებრ, ხშირად მაკროფორიან, კარბონატულ, არაშრეებრივ თიხნარს. გარდა ტიპური ლიოსებისა, ბუნებაში გავრცელებულია ლიოსების დაშლისა და ხელმეორედ დალექვის შედეგად მიღებული თიხნარები, ქვიშნარები და იშვიათად თიხები, ე.წ. ლიოსისმაგვარი ქანები. პირველადი ლიოსებისათვის დამახასიათებელია ერთგვაროვნება. ლიოსისმაგვარი ქანები კი ხშირად შრეებრივია და შეიცავს ქანების ნამტვრევებსაც.

ლიოსებისათვის დამახასიათებელია ძლიერ ციკაბო და ვერტიკალური ფერდობები.

ლიოსების გრანულომეტრიულ შედგენილობაში ჭარბობს მტვროვანი ფრაქცია (70-85%), ქვიშიანი ფრაქცია არ აღემატება 10%-ს, ხოლო თიხოვანი – 10-14%-ს. ლიოსების დამახასიათებელი თვისებაა მაღალი ფორიანობა (44-55%), გარდა ამისა ეს ქანები შეიცავენ მაკროფორებს. ტენიანი კლიმატის პირობებში ლიოსური ქანების ტენიანობაა 10-12%; მათთვის დამახასიათებელია ფილტრაციული თვისებების ანიზოტროპიულობა.

სტრუქტურის დაშლისა და გრუნტის შემკვრივების გამო ლიოსების დამახასიათებელი თვისებაა ჯდომადობა, რომელიც ვითარდება მათი დასველების შედეგად.

ლიოსები:

- 1) ჯდომად დეფორმაციას განიცდიან საკუთარი სიმძიმის ძალის გამო;
- 2) ჯდომად დეფორმაციას განიცდიან ნაგებობათა სიმძიმის ძალის გავლენით;
- 3) უმნიშვნელოდ ჯდებიან ნაგებობათა სიმძიმის ძალის გავლენით და ზოგჯერ წინასწარ იბურცებიან;
- 4) ხასიათდებიან მდგრადი სტრუქტურით და არ რეაგირებენ წყლის ზემოქმედებაზე.

ბუნებრივი სტრუქტურისა და მცირე ტენიანობის მქონე ლიოსები საკმაოდ მდგრად საფუძველს წარმოადგენენ, მაგრამ მათ გააჩნიათ დეფორმაციის პოტენციური უნარი ნაგებობის საძირკველის დასველების დროს, ამიტომ ლიოსებზე მშენებლობა საჭიროებს წინასწარი ღონისძიებების გატარებას.

ღონისძიებათა შერჩევა ხდება ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზის საფუძველზე, რომლის დროსაც გათვალისწინებული უნდა იქნეს:

- 1) საფუძვლის გრუნტების ტიპი;
- 2) ჯდომადი გრუნტების სიმძლავრე და ჯდომის სიდიდე;
- 3) ნაგებობათა კონსტრუქციული თავისებურებები.

ლიოსების თვისებების გაუმჯობესების ფიზიკურ-ქიმიურ ხერხებს მიეკუთვნება თერმული ხერხი, რომელიც გულისხმობს გრუნტების გამონვას ჭაბურღილებში ცხელი ჰაერის (600-800°C) ჭავლის საშუალებით. იყენებენ მეორე ხერხსაც – გრუნტის სიღრმულ გამონვას თხევადი ან აირული სანვავით. ლიოსს ამაგრებენ სილიკატიზაციის მეთოდითაც – გრუნტში ჩაჭირხნიან თხევადი მინის

ხსნარს; გარდა ამისა იყენებენ ცემენტისა და თიხის ხსნარს, ბიტუმს, ფისებსა და სხვადასხვა მასალას (ვ. ობრუჩევი, 1933).

### 9.9. სეზონური და მუდმივი მზრალობა

სეზონურ და მუდმივ მზრალობას შეისწავლის **გეოკრიოლოგია**. არსებობს გრუნტების სეზონური გაყინვა ანუ სეზონური მზრალობა, რომელიც შეიმჩნევა შემოდგომა-ზამთარში.

სეზონურად მზრალი გრუნტები ნაგებობათა საფუძველში არსებული არამდგრადი გრუნტებია. მათთვის დამახასიათებელია გაყინვის ბურცვა, ხოლო გალხობის შედეგად, პირიქით, გრუნტი დაბლა იწევს. ამგვარი არათანაბარი ვერტიკალური გადაადგილება იწვევს ნაგებობების დეფორმაციას. გაყინვის ბურცვა ყველაზე კარგად ვლინდება მტვრისებრ თიხნარებსა და ქვიშნარებში.

სეზონური გაყინვით გამოწვეული ბურცვის დეფორმაციის გავლენა შენობის მდგრადობაზე შეიძლება აცილებულ იქნეს საძირკვლის ჩაჭრით იმ სიღრმემდე, სადაც ზამთრის გაყინვის გავლენა აღარ შეიმჩნევა.

გრუნტების ხანგრძლივი გაყინვის პროცესს, რომელიც შეიძლება რამდენიმე წლიდან ათასეულ წლებამდე გრძელდებოდეს, მუდმივი გაყინულობა ანუ **მზრალობა** ეწოდება.

მუდმივად მზრალი ქანების ტემპერატურა მათი ერთიანი გავრცელების ადგილებში  $-5^{\circ}\text{C}$ -ზე დაბალია; წყვეტილი გავრცელების არეებში კი  $-1,5-2^{\circ}\text{C}$ , ხოლო კუნძულოვანი გავრცელების ზონებში  $-0^{\circ}\text{C}$ .

მოქმედი ფენის სიმძლავრე არსებით გავლენას ახდენს მშენებლობის პირობებზე, ხოლო დროში მისი ცვალებადობის ხასიათის დადგენა განაპირობებს სამშენებლო სამუშაოთა ნორმალურად წარმართვას.

მუდმივი მზრალობის წყებები შეიძლება იყოს უწყვეტი და ფენებრივი.

ფიზიკური მდგომარეობის მიხედვით მუდმივ მზრალობას ყოფენ 3 სახედ:

1. მყარად მზრალი, სადაც ქვიშების, ქვიშნარის, თიხნარის და თიხის შემადგენელი ნაწილაკები შედუღაბებულია ყინულით ერთიან მონოლითურ მასად.

2. პლასტიკურმზრალი – იგივე ქანები ავლენენ პლასტიკურობის თვისებებს, მაგალითად, იკუმშებიან დატვირთვის ქვეშ, რადგან ფორები შევსებულია ყინულით და ნაწილობრივ გაუყინავი წყლით.

3. ფხვიერმზრალი, როდესაც ტენიანობის სიმცირის გამო ქვიშიანი და ხრეშიანი ქანები არ არიან შედუღაბებული ყინულით და ინარჩუნებენ სიფხვიერეს.

ყინული მზრალ ქანებში ცემენტის როლს ასრულებს. ფორებში არსებული ყინულის წონის შეფარდებას აბსოლუტურად მზრალი ქანის წონასთან **ყინულოვნება** ეწოდება. მზრალი ქანები ყინულთან ერთად შეიცავენ გაუყინავ წყალსაც. ყინულისა და წყლის საერთო რაოდენობა, შეფარდებული აბსოლუტურად მზრალ ქანთან, შეადგენს მუდმივად მზრალი ქანის საერთო ტენიანობას (პროცენტებში).

მუდმივად მზრალი ქანების გავრცელების ადგილებში გამოვლინებულია მზრალობსზედა, მზრალობშორისი და მზრალობქვედა მინისქვემა წყლების ჰორიზონტები.

მზრალობზედა წყლები დაკავშირებულია მოქმედ ფენასთან და წარმოადგენენ ტიპურ უდანეგო გრუნტის წყლებს. ისინი ზამთარში მთლიანად ან ნაწილობრივ იყინებიან.

მზრალობშორისი წყლები მეტწილად წნევიანია და მუდმივი მზრალობის გამლხვალ შუა შრეებთანაა დაკავშირებული.

მზრალობქვედა მინისქვემა წყლები მოძრაობენ მუდმივი მზრალობის ქვეშ. ყველა ზემოჩამოთვლილი წყალი ურთიერთკავშირშია, აქვს რთული რეჟიმი და არსებით გავლენას ახდენს ნაგებობების მდგრადობაზე.

მუდმივი მზრალობის ქანების გავრცელების არეებში შეიმჩნევა სხვადასხვაგვარი ფიზიკურ-გეოლოგიური მოვლენები, რომლებმაც შეიძლება საშიშროება შეუქმნას მშენებარე თუ ექსპლუატაციაში მყოფ ნაგებობებს. ამ თვალსაზრისით საყურადღებოა თერმოკარსტი, მინაყინები, ბურცვის გორაკები და სოლიფლუქცია.

**თერმოკარსტი.** განამარხებული ყინულების ან ყინულოვანი ფხვიერი ქანების გავრცელების ადგილებში შეიმჩნევა ზედაპირული კარსტული ფორმების მსგავსი ჩაღრმავებები და ჩაქცევები. მათი წარმოშობა დაკავშირებულია მინისქვემა ყინულის აქა-იქ დნობასთან, ამ მოვლენას თერმოკარსტი ეწოდება. მისი განვითარება დაკავშირებულია კლიმატური პირობების ცვალებადობასთან და ადამიანის სამეურნეო საქმიანობასთან, როგორცაა ტყის გაჩეხვა, ყამირის ათვისება, მელიორაციული ღონისძიებები და სხვ.

**მინაყინები.** მინისქვემა წყლების ზედაპირზე გამოსვლის ადგილებში, აგრეთვე ტბიური, მდინარეული და მინისქვემა წყლების გაყინვის შედეგად ზედაპირზე წნევით ამოსვლის ადგილებში წარმოიქმნება ყინულოვანი ნადენები – მინაყინები. მათი ფორმა დამოკიდებულია ადგილმდებარეობის მორფოლოგიაზე და შეიძლება მრავალფეროვანი იყოს. უმეტესად მათ აქვთ ნადენი ფორმების, ნაკადების განფენების და ყინულის ბორცვების სახე.

მშენებლობისას განსაკუთრებით საშიშია გრუნტის წყლების მინაყინები. წყალი შედის შენობების სარდაფებში, მინისქვემა არხებში და ანგრევს მათ. გარდა ამისა მინაყინები ხშირად არღვევს სატრანსპორტო კომუნიკაციებს, ავსებს ხიდის გასასვლელებს და მწყობრიდან გამოყავს ზედაპირული სადრენაჟო ნაგებობები.

მინაყინებს ებრძვიან ე.წ. გაყინვის სარტყლებით: გზიდან ან ნაგებობიდან მოშორებით, იმ ადგილებში, საიდანაც მოსალოდნელია მინაყინის ფორმირება, ამოიღებენ მცირე სიღრმის ფართო არხს, რომლის ქვეშ გრუნტი სწრაფად იყინება და წარმოიშობა ბარიერი, რომელიც გზას უღობავს წყალს და წარმოქმნის მინაყინს არხის ზემოთ. მინაყინების საწინააღმდეგოდ გამოიყენება ხელოვნური ნაგებობებიც.

**ბურცვის გორაკები.** ქანებში მინისქვემა წყლების შემოჭრა და მისი შემდგომი გაყინვა იწვევს ზედაპირზე ამობურცვის თავისებური ფორმების წარმოქმნას, რომელთაც ბურცვის გორაკები ეწოდება. ისინი შეიძლება იყოს სეზონური

## ირაკლი მიქაძე

და მრავალწლიანი. სეზონური გვხვდება დანანევრებული რელიეფის პირობებში: ფერდობების ძირას, პატარა მდინარეების ხეობებში, ხევებში და სხვ.

ბურცვის გორაკები ხშირად აზიანებს შენობებს, მათი დეფორმაცია შეიძლება მოხდეს როგორც გაყინვის შედეგად ნიადაგის ბურცვისას, ასევე მისი გაღბობისას. მინისქვეშა წყლების მოქმედებით წარმოშობილ ბურცვის გორაკებს, რომელთაც გუმბათისებური მოყვანილობა აქვთ, ეწოდება **ჰიდროლაკოლითები**. მათი დიამეტრი რამდენიმე ათეულ და ზოგჯერ ასეულ მეტრს აღწევს.

**სოლიფლუქცია** ეწოდება ფერდობის გასწვრივ წყალგაჯერებული ფხვიერი ნალექების გადაადგილებას, რომელიც გამონვეულია სიმძიმის ძალით და ამ ნალექების პერიოდული გაყინვა-გაღბობით. სოლიფლუქციის წარმოშობის ძირითადი მიზეზი ფხვიერი ქანების ნაჯერი გატენიანებაა, რაც განაპირობებს მათ დენად კონსისტენციას. ხშირად გადაადგილება ხდება მცირე ზომის ხევებში და წარმოიქმნება ე.წ. **მინის ნაკადები**.

მიუხედავად დამცავი საინჟინრო ღონისძიებების ჩატარებისა, მუდმივი მზრალობის რაიონებში მშენებლობის დროს ხშირია გართულებანი, რომლებიც წარმოიშობა შენობებისა და ნაგებობების დეფორმაციაში მათი არათანაბარი ჯდომის გამო. წარმატებული და უავარიო მშენებლობა ბევრად არის დამოკიდებული საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების საფუძვლიან შესწავლაზე.

### 9.10. ქანების დეფორმაციები მინისქვეშა სამუშაოების დროს

ქანები დედამიწის ქერქში მუდმივად დაძაბულ მდგომარეობაში იმყოფება, რასაც ძირითადად მათი წონა განაპირობებს. ეს დაძაბულობა ემორჩილება ჰიდროსტატიკურ კანონს, ე.ი. დამოკიდებულია ქანების განლაგების სიღრმეზე და მათ მოცულობით წონაზე. ქანების ბუნებრივად დაძაბულ მდგომარეობაზე არსებით გავლენას ახდენს ტექტონიკური ფაქტორიც. მინის ქერქის როგორც ნაოჭა, აგრეთვე წყვეტილი დეფორმაციები ხელს უწყობენ ჰიდროსტატიკური წნევის გაზრდას.

ბუნებრივად დაძაბულ პირობებში მყოფ ქანებში სამთო გამონამუშევრის გაყვანა, ე.ი. მინის ნიალიდან ქანის გარკვეული მოცულობის ამოღება, იწვევს წონასწორული ჰიდროსტატიკური პირობების დარღვევას და მასივში წნევის განაწილების მკვეთრ შეცვლას. ამიტომ მათში წარმოიქმნება სხვადასხვა ხასიათის დეფორმაციები – ზოგ უბნებში ადგილი აქვს ქანების შეკუმშვას, ზოგან კი გაფართოებას და ძვრას.

გვირაბის სიახლოვეს შეიმჩნევა დაძაბულობის კონცენტრაცია, რომელიც **სამთო წნევის** სახელწოდებითაა ცნობილი. იცვლება ქანების ფიზიკური მდგომარეობა, ისინი ნაპრაღდებიან, იმსხვრევიან, ფხვიერდებიან და ხშირად იბურცებიან.

ამ მოვლენის შესასუსტებლად სამთო გამონამუშევრებში იყენებენ სამაგრს. ამრიგად, წარმოიქმნება ორკომპონენტიანი ანუ ბინარული სისტემა: გეოლოგიური გარემო და სამთო გამონამუშევარი სამაგრიტურთ, რომლის ერთობლივი მუშაობა უზრუნველყოფს სამთო სამუშაოების ნორმალურად წარმართვას.

წნევას, რომელსაც გამონამუშევრის გარემომცველი ქანები გადასცემენ სამაგრს და კედლებს – **სამთო წნევა** ეწოდება.

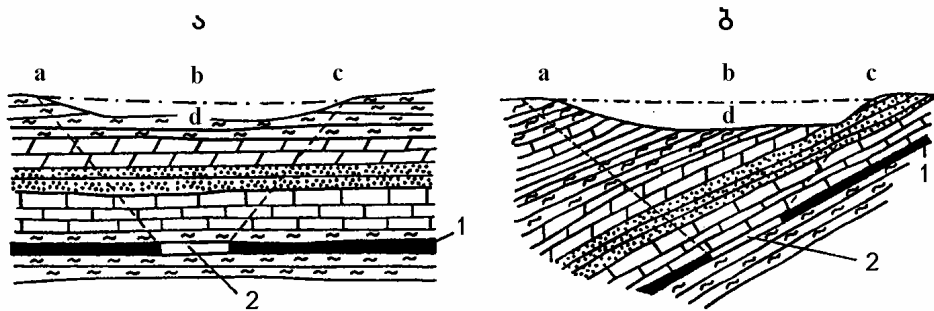
წნევების გადანაწილების გამო ქანები გადაადგილდებიან გამომუშავებული სივრცისაკენ, რის გამოც გვირაბის სამაგრზე აღინიშნება წნევის ინტენსიური განვითარება. იგი დეფორმაციას განიცდის, გამოდის მწყობრიდან და საჭიროებს გადამაგრებას ან შეცვლას.

ამრიგად, სამთო წნევად შეიძლება მივიღოთ დანოლის ის სიდიდე, რომელსაც გვირაბში ქანი ავითარებს სამაგრის ერთეულ ფართობზე. სამთო წნევის სიდიდე დამოკიდებულია: უბნის გეოლოგიურ აგებულებაზე, ქანების თვისებებზე, გამონამუშევრის განლაგების სიღრმეზე, განივკვეთზე, კონსტრუქციაზე და სამაგრის ხასიათზე.

მაღალი სამთო წნევები აღინიშნება რთულ გეოლოგიურ და ტექტონიკურ პირობებში, სადაც არის ინტენსიური დანაოჭება, წყვეტილი აშლილობები, ხოლო ქანებს ახასიათებს დაბალი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები. ამ მხრივ გამოირჩევა თიხები და თიხოვანი ქანები, რომლებიც განიცდიან პლასტიკურ დეფორმაციებს, იბურცებიან და სერიოზულ სიძნელეებს ქმნიან მინისქვეშა მშენებლობისა და სასარგებლო წიაღისეულის დამუშავების დროს.

**ზედაპირის ძვრას** სამთო საქმეში უწოდებენ იმ ქანების დეფორმაციას, რომლებიც უშუალოდ სამთო გამონამუშევრების ზევით არიან განლაგებული. დედამიწის ზედაპირზე წარმოქმნილ ჩაქცევებსა და გალუნვებს ეწოდება **ძვრის ანუ ჯდომის მულდა**.

ზედაპირის ძვრის სიდიდე დამოკიდებულია წიაღიდან ამოღებული ქანის მასის მოცულობაზე და მასივის სიმტკიცეზე.



ნახ. 42. ზედაპირული ძვრები მინისქვეშა გამონამუშევრების გავლენით

ა – შრეების თარაზული განლაგებისას; ბ – შრეების დახრილი განლაგებისას;

abc – მინის ზედაპირის სანყისი მდებარეობა;

adc – ჯდომის მულდის ზედაპირი;

1 – ქვანახშირის ფენა; 2 – გამომუშავებული სივრცე

## ირაკლი მიქაძე

ზედაპირის ძვრა იწყება გვირაბის თაღში შრეების დეფორმაციით და დანაპრალიანებით, რასაც თანდათან მოჰყვება ზევით მდებარე შრეების გადაადგილება. მტკიცე ქანებში გაყვანილ მცირე მოცულობის გვირაბში ეს პროცესი ხანგრძლივია, სუსტ ქანებში მასივის დეფორმაცია უფრო სწრაფად აღწევს ზედაპირამდე, სადაც შეიმჩნევა ნაპრალები, ჩაქცევები და ზედაპირის არათანაბარი ჩაღუნვა.

თუ პლასტიკური ქანები მტკიცე ქანების ქვეშ მდებარეობს, ჯდომის მუღდის წარმოქმნისას ზედაპირის შეცვლა უფრო მკვეთრია, ვიდრე მაშინ, როდესაც ისინი განლაგებული არიან მტკიცე ქანებზე.

ჯდომის მუღდის სიდიდე დამოკიდებულია გამონამუშევრის განლაგების სიღრმეზე. რადგან ძვრა ვრცელდება არა მარტო ვერტიკალურად, არამედ ჰორიზონტისადმი გარკვეული კუთხითაც, რომელსაც ძვრის კუთხე ეწოდება, ჯდომის მუღდის ფართობი გაცილებით მეტია გამომუშავებული სივრცის ფართობზე. ძვრის კუთხის სიდიდე დამოკიდებულია ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე. შრეების ჰორიზონტალური მდებარეობის დროს მტკიცე ქანებში მისი სიდიდე საკმაოდ მაღალია (80-85<sup>0</sup>), სუსტ ქანებში კი მკვეთრად კლებულობს (60<sup>0</sup>).

ქანის მასივის ძვრის ხანგრძლივობა, გარდა მიწისქვეშა გამონამუშევრების სიღრმისა, დამოკიდებულია ქანების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე. ჯდომის მუღდის ფორმირება შეიძლება გრძელდებოდეს თვეებისა და წლების განმავლობაში.

ჯდომის პროცესს მნიშვნელოვნად აჩქარებს პლასტიკური ქანების არსებობა ან ქანების დანაპრალიანება.

მიწისქვეშა გამომუშავებული სივრცის სიახლოვეს წარმოქმნილი ქანების დეფორმაციები ხშირად იწვევს ზემდებარე შრეების დაძვრა-გადაადგილებას, რაც დედამიწის ზედაპირზე გამოვლინდება შენობა-ნაგებობების დაზიანებასა და ნგრევაში.

იმ ადგილებში, სადაც არის ზედაპირის ძვრის წარმოქმნის საშიშროება, საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს სამეურნეო ნაგებობათა და საცხოვრებელი სახლების შესაძლო დეფორმაციათა ხასიათი. ჯდომის მუღდის ცენტრალურ ნაწილში ნაგებობათა დაჯდომა მეტწილად თანაბრად ხდება. ამ მხრივ უფრო საშიშია მუღდის პერიფერიული ნაწილები, სადაც ზედაპირის არათანაბარი გადაადგილების გამო შენობები მნიშვნელოვნად ზიანდება.

ეს საკითხები სამთო წარმოებაში მომუშავე ინჟინერ გეოლოგებს ეხება. მათ მარკშიდერებთან ერთად უნდა გაითვალისწინონ გეოლოგიური ჭრილის ყველა თავისებურება და განსაზღვრონ ზედაპირის შესაძლო დეფორმაციათა ინტენსიურობა და სიდიდე.

ზედაპირის ძვრის პროგნოზისათვის საჭიროა მასივის გეოლოგიური პირობების ცოდნა და სწორი გაანგარიშებების შესრულება.



### 9.11. საინჟინრო გეოლოგია, დაკავშირებული სამშენებლო სამუშაოებთან

სამშენებლო სამუშაოები გარკვეულ ზემოქმედებას ახდენს გარემოზე და ცვლის ქანების ფიზიკურ მდგომარეობასა და თვისებებს. თითოეულ ნაგებობას თავისი სპეციფიკა ახასიათებს, რის მიხედვითაც ნაგებობები იყოფა 5 კლასად:

პირველი კლასის ნაგებობებში შედის ჰიდროტექნიკური, სახელმწიფოებრივი მნიშვნელობის შენობები, სამრეწველო და სატრანსპორტო ობიექტები, რომელთა საექსპლუატაციო ვადა განისაზღვრება 60 და მეტი წლით.

მეორე კლასის ნაგებობებში შედის კაპიტალური საცხოვრებელი შენობები, ელევატორები, სამედიცინო და სასწავლო სამეცნიერო დაწესებულებები, რომელთა საექსპლუატაციო ვადა 40 წელი და მეტია.

მესამე კლასის ნაგებობებში შედის მასობრივი მშენებლობისას გამოსაყენებელი გამარტივებული ტიპის ნაგებობები, რომელთა საექსპლუატაციო ვადა <40 წელზე.

მეოთხე კლასის ნაგებობებში შედის დროებითი ნაგებობები, საცხოვრებელი სახლები, საწყობები და დროებითი სათავსები, რომელთა საექსპლუატაციო ვადა 5-10 წელია.

კლასგარეშე ნაგებობებს განეკუთვნება ისტორიული მნიშვნელობის მონუმენტური ნაგებობები ან ისეთი ობიექტები, რომლებიც ხანგრძლივ პერიოდზეა (100 წელი და მეტი) გათვლილი.

ზემოაღნიშნული კლასიფიკაციის მიხედვით განისაზღვრება საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების დეტალურობა და მოცულობები.

საინჟინრო მშენებლობებისათვის პირველი სტადია პროექტია, რომლის შესადგენად საჭიროა საკვლევე ტერიტორიის სოციალურ-ეკონომიკური, ტოპოგრაფიული, გეოდეზიური, საინჟინრო-გეოლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური და ეკოლოგიური შესწავლა და ამ ინფორმაციის საფუძველზე მშენებლობასთან დაკავშირებული ყველა საკითხის შეფასება.

საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისად პროექტის შედგენისა და რეალიზაციისათვის მიღებულია 2 ეტაპი: მშენებლობის წინა და თანმხვედრი.

მშენებლობის წინა ეტაპზე ტარდება პროექტის შედგენისათვის აუცილებელი სამუშაოების კომპლექსი, განისაზღვრება მშენებლობის სტრატეგია, მატერიალური და ორგანიზაციული საკითხების დასაბუთება.

მშენებლობის თანმხვედრ ეტაპზე მშენებლობის პროცესში ხდება ტექნიკური დეტალების დაზუსტება.

ორივე ეტაპზე გათვალისწინებულია საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების მოცულობები, რომელთა ძირითადი ნაწილი სრულდება მშენებლობის წინა ეტაპზე. მშენებლობის თანმხვედრ საინჟინრო-გეოლოგიურ სამუშაოებში შედის დამატებითი მოცულობების შესრულება და პროგნოზული მონაცემების შემოწმება.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ხასიათი, მოცულობა და თანმიმდევრობა დამოკიდებულია ასაგები ობიექტის გაბარიტებზე, ფორმაზე და გეოლოგიური პირობების სირთულეზე.

## ირაკლი მიქაძე

საქალაქო და სამრეწველო ობიექტების მშენებლობისას საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების საფუძველზე განისაზღვრება ასაგები შენობის შესაძლო ჯდომის პროგნოზირება.

შენობისათვის განსაკუთრებით საშიშია არათანაბარი ჯდომა, რაც გამოწვეულია არაერთგვაროვანი გეოლოგიური პირობებით, საძირკვლის ქანების განსხვავებული ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით, საძირკვლის ფუძეზე არათანაბარი დატვირთვით, კონსტრუქციულად სხვადასხვა ტიპის საძირკვლების გამოყენებით და შესაძლებელია, მეზობლად არსებული შენობების გავლენით.

შენობის საძირკვლების საინჟინრო-გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური გამოკვლევების დროს საძიებო სამუშაოები მოიცავს როგორც საინჟინრო-გეოლოგიური თვალსაზრისით არამდგრად, ასევე მდგრად ქანებსაც. ლაბორატორიის საშუალებით განისაზღვრება ყველა სახესხვაობის ქანის საინჟინრო-გეოლოგიური და ნყლოვანი თვისებები.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები ტარდება შენობების მთლიანი ან ნაწილობრივი რეკონსტრუქციის (სართულების დაშენება და სხვა ხასიათის ცვლილებები) დროსაც.

საძირკვლის ქანების ამტანობის უნარის გამოკვლევისას გასათვალისწინებელია, რომ შენობის წონის ხანგრძლივი გავლენით ისინი შემკვრივებულია და აქვთ ჭარბი ამტანობის უნარი. ქვიშიანი ქანები ასეთ მდგომარეობას იძენს მშენებლობის დამთავრებიდან ერთი წლის შემდეგ, ქვიშიან-თიხიანი – 1,5-2,0 წლის შემდეგ, თიხები – 2-3 წლის შემდეგ. საძირკვლის ქანების ამტანობის უნარის შემოწმება ხდება უშუალოდ საძირკვლიდან აღებული ნიმუშის მექანიკური თვისებების შედარებით შენობის კონტურის გარეთ აღებულ იმავე ტიპის ნიმუშთან.

**გზების მშენებლობის მიზნით** საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები 2 ეტაპად მიმდინარეობს: მშენებლობისწინა – საპროექტო, და მშენებლობის პარალელურად.

საპროექტო სტადიაში საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ამოცანაა გზის ტრასის ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევა, რომლის მთავარი კრიტერიუმებია:

- 1) გზის შემაერთებელ პუნქტებს შორის უმოკლესი მანძილი;
- 2) ტრანსპორტის მოძრაობისათვის მოსახერხებელი გრძივი პროფილი და გეგმა;
- 3) მშენებლობისათვის აუცილებელი სამშენებლო და მინის სამუშაოების მინიმალური მოცულობა.

ტრასის ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევისათვის განკუთვნილი საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების დროს მთავარი ყურადღება ექცევა ბუნებრივი გარემოს ძირითად ელემენტებს: რელიეფს, გეოლოგიურ აგებულებას, გეოლოგიური პროცესებისა და მოვლენების გავრცელებას, სამშენებლო მასალების საბადოების გამოყენების შესაძლებლობებს და ეკოლოგიური მდგომარეობის დაცვას.

პირველ ეტაპზე თითოეულ საპროექტო ვარიანტზე ტარდება სამუშაოების კომპლექსი: ტოპოგრაფიული, გეოდეზიური, გრძივი და განივი პროფილირება, საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვა (მისი მასშტაბი და ფართობი დამოკიდებულია

გეოლოგიური პირობების სირთულეზე და შესწავლილობის დონეზე). საჭიროების შემთხვევაში ტარდება გეოფიზიკური სამუშაოებიც. ტრასის ერთგვაროვანი უბნებისათვის იგება ტიპური განივი ჭრილები მინის ვაკის კონსტრუქციებით. ჭრილების დაპროექტებისას ყურადღება ექცევა ქანების გამოფიტვის ხარისხს, ნაპრალოვნებას, მათ დაძაბულ მდგომარეობას.

მიწაყრილების საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების შეფასებისას ყურადღება ექცევა ძირითადი ყრილის საფუძვლის ქანების მდგომარეობას. მაღალი (20-25 მ) ყრილების საფუძვლის ქანებზე დატვირთვა 0,4-0,5 მპა-ს აღწევს. ასეთი სიმაღლის ორლიანდაგიანი რკინიგზის ყრილის ფუძის სიგანე 120 მ-ს აღწევს, ხოლო ფერდობის დახრა 1:3; ყრილისათვის ყველა ქანია გამოსადეგი, მაგრამ უპირატესობას ანიჭებენ ლორლს, ხრეშს და კაჭარ-კენჭნარს.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები გრძელდება გზის ვაკისის მოწყობის დროსაც, რომლებიც ითვალისწინებენ ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების კვლევებს სავლე პირობებში, პროგნოზული მონაცემების და გეოლოგიური ჭრილების ელემენტების შემოწმებას და ა.შ.

განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა სახიდე გადასასვლელებსა და გვირაბებს, მათ პორტალურ ნაწილებს, ხიდების მისასვლელებსა და ბურჯებს. ასეთი ადგილები საგულდაგულოდ, დეტალურად შეისწავლება.

**ჰიდროტექნიკური ნაგებობები** მოითხოვს დიდი მოცულობისა და დეტალურობის საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ჩატარებას. კაშხლის ასაგებად მომზადებული ქვაბული უკვე წარმოადგენს რთულ ნაგებობას, რომელიც მოითხოვს გეოლოგიური პირობების ყოველმხრივ შესწავლას.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ფუძეში ქანების შემკვრივების, კაშხალქვეშა და შემოვლითი ფილტრაციის, ფილტრაციული დეფორმაციების, სუფოზიისა და კარსტის გააქტიურების, წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავების ინტენსიურობის და მენყრული პროცესების გააქტიურების პროგნოზირება.

ჰიდროტექნიკური ნაგებობები იყოფა ძირითად (კაშხლები, წყალსაგდებები, სადერივაციო გვირაბები და არხები, წნევიანი მილსადენები, ჰიდროელექტროსადგურის შენობები) და დამხმარე (ზღუდარები, საფარი კედლები, წყალსარინი გვირაბები, არხები და ა.შ.) ნაგებობებად.

ჰიდროტექნიკური პროექტის შედგენის პირველ ეტაპზე მუშავდება მდინარის კომპლექსური გამოყენების სქემა. ტარდება მდინარის ხეობისა და მიმდებარე ტერიტორიის საშუალომასშტაბიანი საინჟინრო-გეოლოგიური აგეგმვა. დეტალური საინჟინრო-გეოლოგიური მსხვილმასშტაბიანი (1:1000-1:5000) აგეგმვით იფარება წინასწარ შერჩეული უბნები. ჰიდროგეოლოგიური სამუშაოებით შეისწავლება ქანების ფილტრაციული თვისებები და კეთდება ფილტრაციული დეფორმაციების პროგნოზირება კაშხლის აგების ადგილზე და მის საფუძველში.

უფრო დეტალური საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები მიმდინარეობს ჰიდროტექნიკური ობიექტის განლაგების ადგილის საბოლოოდ შერჩევის შემდეგ. ეს სამუშაოები ტარდება მსხვილი ჰიდროკვანძების განლაგების ადგილებში, ძირითადად კაშხლებზე (ნაპრალოვნების შესწავლა, ხოლო სეისმურად აქტიურ რაიო-

ნებში – მიკროსეისმური დარაიონება), სადერივაციო არხებზე, გვირაბებსა და წყალსაცავებზე. მომავალი დატბორვის ტერიტორიის ფარგლებში შეისწავლება ქანების ფილტრაციული თვისებები და კეთდება ნაპირების შესაძლო გადამუშავების პროგნოზი.

მშენებლოს პერიოდში საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები შედის დასკვნით სტადიაში. ამ დროს გრძელდება უშუალოდ ნაგებობის კონტაქტში მყოფი ქანების შესწავლა, გვირაბებში მიმდინარეობს გეოლოგიური დაკვირვებები, მუშავდება ჰიდროტექნიკური ობიექტების დამცავი საინჟინრო ღონისძიებათა რაციონალური სქემა. განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა გარემოსდაცვითი ღონისძიებების დაგეგმვასა და მათ ეტაპობრივ შესრულებას.

**მინისქვეშა მშენებლობები** დაკავშირებულია სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვებისათვის აუცილებელი სამთო გამონამუშევრების გაყვანასთან, საექსპლუატაციოდ მომზადებასთან, ასევე სატრანსპორტო და სხვა დანიშნულების გვირაბებისა და მინისქვეშა სივრცეების შექმნასთან.

მინისქვეშა მშენებლობების დაპროექტების დროს საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების საშუალებით მოიპოვება ინფორმაცია ქანების სიმტკიცის და დეფორმაციული თვისებების, სამთო მასივის ბუნებრივი დაძაბული მდგომარეობის და მისი შესაძლო სახეცვლილების შესახებ. გარდა ამისა კეთდება მინისქვეშა სამუშაოების შესრულებისას მოსალოდნელი გეოლოგიური პროცესებისა და მოვლენების პროგნოზირება.

მაღალმთიან რეგიონებში და წყლის ქვეშ გვირაბების დაპროექტებისათვის საჭირო საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები შეზღუდულია საძიებო გამონამუშევრების გაყვანის სირთულის და შეზღუდულობის გამო.

დიდი ქალაქების ფარგლებში სხვადასხვა დანიშნულების ობიექტების მინისქვეშა სივრცეებში განთავსება სულ უფრო ფართოდ ინერგება. ამ ტიპის ნაგებობებს მიეკუთვნება: მინისქვეშა გადასასვლელები, კომუნალური ნაგებობები, საწყობები, მაცივრები, ნავთობისა და გაზის საცავები, სამოქალაქო თავდაცვის ობიექტები, საავტომობილო და სარკინიგზო ხაზები და სადგურები, მეტროს სატრანსპორტო ქსელი და ა.შ.

ქალაქის ფარგლებში მინისქვეშა მშენებლობების დაპროექტებისას იქმნება აუცილებლობა გათვალისწინებულ იქნეს ის უარყოფითი ზეგავლენა, რომელიც შესაძლებელია, რომ შეიქმნას მინისქვეშა ნაგებობებისა და მათი ექსპლუატაციის შედეგად. ეს განსაკუთრებით ეხება მინისქვეშა სატრანსპორტო ქსელებს, რადგან ამ დროს მოსალოდნელია რხევებისა და ვიბრაციის გადაცემა საცხოვრებელი შენობების საძირკვლებზე. ამის გამო შესაძლებელია, რომ დაიზაროს და დაირღვეს ნაგებობების მდგრადობა. ამ უარყოფითი ზეგავლენის შესამცირებლად აუცილებელია საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ჩატარება, რომელთა მასშტაბი დამოკიდებულია გეოლოგიური პირობების სირთულეზე.

მცირე სიღრმეზე განლაგებული მინისქვეშა ნაგებობების კონსტრუქციები და ფუძე-საძირკვლები მათ ქვევით მდებარე ქანებს გადასცემენ დატვირთვებს, რომელთა სიდიდე მშენებლობის პროცესში ამოღებული ქანების წონით გამოწ-

ვეულ დატვირთვებს არ აღემატება. ამ შემთხვევაში განსაკუთრებით ყურადღება ექცევა თაღურ ნაწილში განლაგებული ქანების საინჟინრო-გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური თვისებების და პარამეტრების განსაზღვრას.

მეტად სპეციფიკურია **მილსადენებით** ნავთობის, ნავთობპროდუქტების, ბუნებრივი აირის, წყლის, ცემენტის, ფქვილის და ა.შ. ტრანსპორტირება, რადგან მათი გადატანა ხშირ შემთხვევებში ხდება ძალიან დიდ მანძილებზე.

მილსადენები არის რამდენიმე ტიპის: მიწისზედა, ნახევრად მიწისქვეშა და მიწისქვეშა. მათ გასწვრივ განლაგებულია სატუმბი სადგურები, რეზერვუარები, კომპრესორები, შენობა-ნაგებობები, საავარიო მოედნები და ა.შ., რომელთა დაპროექტებისათვის აუცილებელია საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ჩატარება.

მილსადენების ექსპლუატაციის პროცესში წარმოიქმნება მექანიკური, ტემპერატურული და ნნევით გამოწვეული დეფორმაციები, რასაც შეიძლება ხელი შეუწყოს ქანების არამდგრადობამ. ამ მიზეზებით შესაძლებელია მილსადენის გადაადგილება და ჰერმეტიზაციის დარღვევა შედუღების ადგილებში.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების სიზუსტე განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მდინარეთა ხეობების გადაკვეთის უბნებზე. ამ დროს ყურადღება ექცევა ეროზიის პროცესების ინტენსივობას, სეისმურობას, მოხეტიალე დენების არსებობას, გრუნტის წყლების განლაგებას, მზრალი ქანების არსებობას და ა.შ.

საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების ინტენსივობა იზრდება მენყრული, დაკარსტული და სხვა რთული უბნების გადაკვეთისას (დ. ჩხეიძე, 1979).

## ლიტერატურა

1. Ананиев В.Н., Коробкин. В.Г. Инженерная геология. Москва. 1973.
2. Бондарик Г.К. Методика инженерно-геологических исследований. Москва. Недра. 1986.
3. Газизов М.С. Карсты. Наука. 1971.
4. Гидрогеология СССР, т.Х. Грузинская ССР, М., Недра, 1970.
5. Коломенский Н.В., Комаров И. С. Инженерная геология. Высшая школа. 1964.
6. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология, Инженерная геодинамика. Недра. 1977.
7. ვ. ლომთაძე. საინჟინრო გეოლოგია. განათლება. თბილისი. 1985.
8. ვ. ლომთაძე. საინჟინრო პეტროლოგია. განათლება. თბილისი. 1987.
9. ვ. ლომთაძე. ქანების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების ლაბორატორიული კვლევის მეთოდები. განათლება. თბილისი. 1989.
10. Медведев С.Д. Инженерная сейсмология. Госстройиздат. 1962.
11. Обручев. В.С. Проблемы лесов. 1933.
12. Паниюков П.Н. Инженерная геология. Госгортехиздат. 1962.
13. Пешковский Л.С., Перескокова Т.И. Инженерная геология. Москва. 1971.
14. Попов И. В. Инженерная геология. Москва. МГУ. 1959.
15. Сергеев Е.М. Инженерная геология. Москва. МГУ. 1982.
16. Сергеев Е.М. Общее грунтоведение. МГУ. 1959.
17. ნ. სხირტლაძე. პეტროგრაფია მინერალოგიის საფუძვლებით. განათლება. თბილისი. 1979.
18. Страхов. Н.М. Основы теории литогенеза. Изд. АН СССР. 1960.
19. Тейлор Д. Основы механики грунтов. Госстройиздат. 1960.
20. Терцаги К. Пек. Р. Теория механики грунтов. Госстройиздат. 1961.
21. Толстой М., Малигин В. Основы гидрогеологии и инженерной геологии. Москва. Недра. 1976.
22. ო. ქუცნაშვილი. საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების საფუძვლები. ტექნიკური უნივერსიტეტი. თბილისი. 1997.
23. Цытович Н.А. Механика грунтов. Высшая школа. 1968.
24. Швецов М.С. Петрография осадочных пород. Госгеолиздат. 1958.
25. დ. ჩხეიძე. საინჟინრო გეოლოგია. განათლება. თბილისი. 1979.
26. ე. წერეთელი და სხვ. საქართველოში გეოდინამიკური მოვლენების საშიშროების მასშტაბები XXI საუკუნეში და ქვეყნის მდგრადი განვითარების პრობლემები. მეცნიერება. თბილისი. 2004.
27. გ. ჭოხონელიძე. ლაბორატორიული პრაქტიკული საინჟინრო გეოლოგია-ში. სპი. თბილისი. 1961.
28. გ. ჭოხონელიძე. საქართველოს ლიოსისებური გრუნტები. თბილისი. 1976.

## უცხო და საგნობრივი ტერმინების განმარტება

### ა

**აბრაზია** – წყლის ტალღებისა და მოქცევის შედეგად წყალსატევების (ოკეანეების, ზღვების, ტბების, საგუბარების) სანაპირო ზონაში ქანების მექანიკური ნგრევა და წყლის მიერ დამსხვრეული და ატივინარებული მასის გადაადგილება; აბრაზიის შედეგად იქმნება რელიეფის სპეციფიკური ფორმები: აბრაზიული საფეხურები, ტალღის მოქცევის წყალქვეშა ბუდეები, პლაჟები, აბრაზიული ტერასები ან პლატფორმები.

**აბსორბცია** – გრუნტის ნაწილაკების მიერ ნივთიერებათა ფიზიკური შთანთქმა ხსნარებიდან.

**ადსორბცია** – სხვადასხვა ნივთიერებათა ფიზიკური ზედაპირული შთანთქმა წყლის ხსნარებიდან, გრუნტის დისპერსიული ნაწილაკების მიერ.

**აზონალური წყლები** – მიწისქვეშა წყლები, რომლებიც არ არიან დაკავშირებული ჰორიზონტალურ (კლიმატურ) და ვერტიკალურ (ჰიდროდინამიკურ) ზონალობასთან.

**აზოტიანი წყლები** – ბუნებრივი წყლები, რომლებიც შეიცავენ აზოტს და მის თანმდევ იშვიათ გაზებს (ჰელიუმს, ნეონს, არგონს, კრიპტონს, ქსენონს და ა.შ.) გახსნილ მდგომარეობაში.

**არიდული ზონა** – ტერიტორია, რომლისათვისაც დამახასიათებელია მშრალი (არიდული) კლიმატი, სადაც აორთქლება სჭარბობს ნალექებს.

**არტეზიული წყლები** – მიწისქვეშა წყლები, რომლებიც მდებარეობენ წყალგაუმტარ ფენებს შორის, იმყოფებიან დაწნევის ქვეშ და მათი დონეები ჭაბურღილებით გახსნის შემთხვევაში მდებარეობენ წყალშემცველი ფენის სახურავის ზევით.

**ასეკვენტური მენყრები** – მენყრები, განვითარებული ერთგვაროვან (არაშრეებრივ) ქანებში; ქანების გადაადგილება ხდება დაცურების დინამიკური ზედაპირის მრუდზე.

**ალმავალი წყარო** – წყარო, რომელსაც აქვს ალმავალი ნაკადი.

### ბ

**ბიოსფერო** – გლობალური თვითმონესრიგებული ღია სისტემა, რომელიც ცოცხალი ორგანიზმების წარსული და თანამედროვე საქმიანობის გავლენით მოიცავს ლითოსფეროს, ჰიდროსფეროს და ატმოსფეროს უმეტესი ნაწილის ნივთიერებებს და გარდაქმნის მათ.

**ბიოცენოზი** – ცოცხალი არსებების ერთობლიობა (მიკროორგანიზმები, მცენარეები, ცხოველები), რომლებიც ცხოვრობენ ერთსა და იმავე ბიოსივრცეში.

## *ირაკლი მიქაძე*

**ბუდობი** – დედამიწის წიაღში ან მის ზედაპირზე სამრეწველო მნიშვნელობის ბუნებრივი მინერალური ნედლეულის დაგროვება.

**ბუნებრივი გაზი** – გაზები, რომლებიც ავსებენ ქანების ფორებსა და სხვა სიცარიელებს და რომლებსაც შეიცავენ მინერალები და მინისქვეშა წყლები.

**ბურღვა** – უმეტესწილად საბურღი ინსტრუმენტის გამოყენებით, ქანების დამსხვრევის და სანგრევიდან მოცილების გზით, წრიული ფორმის სიღრმული სამთო გამონამუშევრის გაყვანის პროცესი.

## **ბ**

**გაზკონდენსატი** – მაღალი წნევების პირობებში ნავთობში გახსნილი გაზი, რომელიც მეთანთან ერთად დიდი რაოდენობით შეიცავს მის ჰომოლოგებს და თხევად პარაფინულ, ნაფტენურ და არომატულ ნახშირწყალბადებს.

**გაზსაცავი** – ბუნებრივი ან ხელოვნური სათავსი დიდი მოცულობის გაზის შესანახად და მისი მინოდების მოსაწესრიგებლად გაზის არათანაბარზომიერი მოხმარების პირობებში.

**გაზური რეჟიმი** – ნავთობის ბუდობის მუშაობის რეჟიმი, რომლის დროსაც ნავთობი გამოიდევენება ჭაბურღილების სანგრევისკენ გაფართოებული გაზის შედარებით მოძრავი მასისაგან, რომლებიც ფენაში წნევის დანევის გამო გადავიდნენ გახსნილიდან თავისუფალ მდგომარეობაში.

**გაზური ფაქტორი** – ბუნებრივი გაზის რაოდენობა ( $m^3$ ), რომელსაც შეიცავს 1 ტონა ან 1  $m^3$  გაზი.

**გაზწნევიანი წყლები** – წყლები, რომლებიც ამოდიან ნაპრალების ან ჭაბურღილების საშუალებით გაზის წნევით ან წყალში გახსნილი გაზის წყლებიდან გამოყოფის შემდეგ.

**გაზის საბადო** – გაზის ბუდობების ერთობლიობა, რომლებიც მიეკუთვნება მინის ზედაპირის გარკვეულ უბანს და კონტროლდებიან ერთიანი სტრუქტურული ელემენტით.

**გაჯირჯევა** – თიხოვანი გრუნტების მოცულობის გადიდება (გაფუებას) წყალთან ურთიერთქმედების დროს.

**გეიზერები** – ცხელი წყლის და ორთქლის შადრევნები, რომლებიც გავრცელებულია თანამედროვე ან ახლო პერიოდში ჩამქრალ ვულკანებთან, სადაც მიმდინარეობს თბური ენერჯის ინტენსიური მოდინება მაგმური კერიდან.

**გეოანტიკლინი** – 2000 კმ-მდე სიგრძის და 50-150 კმ სიგანის დედამიწის ქერქის ხაზობრივი, ასიმეტრიული ამალღებები, რომლებიც გამოყოფენ ერთმანეთისაგან ჩაღრმავებულ გეოსინკლინებს.

**გეოლოგიური ასაკი** – გარკვეული გეოლოგიური მოვლენიდან (მთის ქანების შრეების დაღეჟვა, ზღვის ტრანსგრესია ან რეგრესია, ლავების ამოფრქვევა და აშ.) გასული დრო; განასხვავებენ აბსოლუტურ და შეფარდებით გეოლოგიურ ასაკს.



**გეოლოგიური საუკუნე** – გეოლოგიური ეპოქის გეოქრონოლოგიური ქვედანაყოფი, დროის მონაკვეთი, რომლის განმავლობაშიც დაილექა გეოლოგიური სართულის ამგები გარკვეული სიმძლავრის ქანები. იზოტოპური გამოკვლევების თანახმად გეოლოგიური საუკუნის ხანგრძლივობა შეადგენს პალეოზოური ერისათვის – 10 მლნ წელს, მეზოზოურისა და კაინოზოური ერებისათვის – დაახლოებით 5-6 მლნ წელს.

**გეოლოგიური ჭრილი** – დედამიწის ქერქის ვერტიკალური კვეთი მისი ზედაპირიდან სიღრმეში.

**გეოსინკლინი** – დედამიწის ქერქის მოძრავი ნაწილი, რომელიც აქტიურად იძირება ხანგრძლივ გეოლოგიურ დროში და სადაც გროვდება დიდი სიმძლავრის ნალექები.

**გეოთერმული გრადიენტი** – სიდიდე, რომლითაც იზრდება ტემპერატურა სიღრმის (1 ან 100 მეტრით) ზრდასთან ერთად; საშუალოდ ყოველ 100 მეტრში ტემპერატურა იზრდება 3<sup>0</sup>-ით.

**გეოთერმული რესურსები** – დედამიწის სიღრმული, თბური რესურსები, რომელთა ექსპლუატაცია შესაძლებელია თანამედროვე ტექნიკური საშუალებებით.

**გეოფიზიკა** – მეცნიერების კომპლექსი, რომელიც ფიზიკური მეთოდების საშუალებით იკვლევს დედამიწის წარმოშობას, ევოლუციას, აგებულებას და ბუნებრივ და ტექნოგენურ პროცესებს, რომლებთაც ადგილი აქვთ დედამიწის სიღრმეში და მის გარსებში (ატმოსფეროში, ჰიდროსფეროში, ლითოსფეროში და ა.შ.).

**გეოქიმია** – მეცნიერება, რომელიც სწავლობს ქიმიური ელემენტების გავრცელებას, განაწილებას და მიგრაციას დედამიწის გეოსფეროებში.

**გრანიტი** – კრისტალური, ინტრუზიული, იშვიათად მეტასომატური, მჟავე მთის ქანი, რომელიც შედგება კვარცის, ქარსის და მინდვრის შპატიისაგან.

**გრავიტაციული წყალი** – წყალი, რომელიც გადაადგილდება სიმძიმის ძალით; მასზე მოქმედებს ჰიდროსტატიკური დაწნევა.

**გრიფონი** – მიწისქვეშა წყლის ნაკადი, რომელიც გამოდის ფენიდან და წარმოადგენს წყაროს ნაწილს.

**გრუნტების მელიორაცია** – გრუნტების თვისებების ხელოვნური გაუმჯობესება სხვადასხვა სახეობების მშენებლობის შედეგად.

**გრუნტის წყლები** – მიწის ზედაპირიდან პირველი წყალშემცველი ჰორიზონტი, რომელიც მდებარეობს პირველ წყალგაუმტარ ფენაზე და აქვს თავისუფალი წყლის ზედაპირი.

დ

**დებიტი** – წყლის მოცულობა, რომელსაც იძლევა ჭაბურღილი, წყარო ან ჭა.

**დეპრესიის ძაბრი** – უდაწნეო წყლების თავისუფალი ზედაპირის ან დაწნევიანი წყლების პიეზომეტრიული დონის დაწევა გამონამუშევრიდან წყლის ამოქაჩვის დროს.

## *ირაკლი მიქაძე*

**დეჰიდრატაცია** – ქანებიდან წყლის გამოყოფის პროცესი.

**დიაბაზი** – ფუძე მაგმური ქანების (ბაზალტისა და დოლერიტის) ფუძე ანალოგი.

**დინამიკური დონე** – მინისქვეშა წყლების დონე, რომელიც დაინია ამოქაჩვის შედეგად ან ამოინია წყლის ჩატუმბვის შედეგად.

**დინამიკური მარაგები** – მინისქვეშა წყლების ნაკადის ბუნებრივი ხარჯი.

**დრენაჟი** – გრუნტის წყლების დონის დაწევა სხვადასხვა დრენებით (ჰორიზონტალურით ან ვერტიკალურით) ჭარბტენიანი მინების დაშრობის მიზნით.

## 2

**ეკოსისტემა** – სპეციფიკური ფიზიკურ-ქიმიური გარემოს (ბიოტოპი) ცოცხალი ორგანიზმების ერთობლიობა (ბიოცენოზი).

**ეკოსფერო** – ბიოსფეროსა და პარაბიოსფერული გარემოს მიერ შექმნილი სისტემა (ატმოსფეროს ქვედა ნაწილი და ღრმა დანალექი ფენები).

## 3

**ვადოზური წყლები** – ატმოსფერული წარმოშობის მინისქვეშა წყლები.

**ვოკლიუზები** – კარსტებთან დაკავშირებული დიდი, მაგრამ არასტაბილური დებიტის წყაროები.

**ვულკანური წყლები** – წყლები, რომლებიც გამოდიან ვულკანური ლავებიდან, მათი გაცივების დროს ან ორთქლის კონდენსაცია ვულკანის ამოფრქვევის დროს.

## ი

**იზოპიეზები** – იზოხაზები რუკაზე ან გეგმაზე, რომელებიც აერთებენ იდენტურ პიეზომეტრულ დონეებს.

**ინსეკვენტური მენყრები** – მენყრები, სადაც დაცურების სიბრტყე კვეთს შრეობრიობის ზედაპირს.

**ისტორიული გეოლოგია** – მეცნიერება, რომელიც შეისწავლის დედამიწის გეოლოგიური განვითარების ისტორიას.

**ინფილტრაციული წყლები** – მინისქვეშა წყლები, რომლებიც წარმოიქმნება ქანების ფორებსა და ნაპრალებში ატმოსფერული ნალექების ჩაჟონვის შედეგად.

**იუვენური წყლები** – წყლები, რომლებიც წარმოშობილი არიან დიდ სიღრმეებში ორთქლისაგან და შესაძლებელია, წყალბადისა და ჟანგბადის დისოცირებული ატომებისაგან.

## კ

**კარსტი** – ხსნადი ქანების გამოტუტვის პროცესი.

**კაპილარული წყალი** – მიწისქვეშა წყალი, რომელიც სრულად ან ნაწილობრივ ავსებს კაპილარულ სივრცეებს.

**კონსეკვენტური მენყრები** – მენყრები, რომლებიც მოძრაობენ შრეებრიობის დახრილი სიბრტყის ან მკვიდრი და დელუვიური ნალექების გამყოფი ზედაპირის გასწვრივ.

**კონსტიტუციური წყალი** – მინერალში არსებული წყალი, რომელიც შედის მის კრისტალურ ბადეში იონების ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}^+$ ) სახით ისე, რომ თვით წყალი წარმოიქმნება მხოლოდ მინერალის სრულად დაშლის შემდეგ.

**კრისტალიზაციური წყალი** – წყალი მინერალებში, რომელიც იმყოფება კრისტალურ ბადეში  $\text{H}_2\text{O}$  მოლეკულების სახით.

## ლ

**ლამინარული დინება** – ხსნარის ან გაზის დინება ცალკეული, ძალიან თხელი ან პარალელური ნაკადების სახით, რომლებიც არ კვეთენ ერთმანეთს.

**ლითოლოგია** – გეოლოგიის დარგი, რომელიც სწავლობს დანალექ ქანებს მათი შემადგენილობის, ქიმიურ-ფიზიკური თვისებების, წარმოშობისა და სხვა პარამეტრების მიხედვით.

**ლითოსფერო** – დედამიწის გარე, შედარებით მყარი გარსი, რომელიც განლაგებულია ნაკლებად ბლანტ და ბევრად პლასტიკურ ასტენოსფეროზე.

## მ

**მაგმა** – ძირითადად სილიკატური წარმოშობის, გამდნარი, ცეცხლოვან-თხევადი მასა, წარმოქმნილი დედამიწის ქერქში ან ზედა მანტიაში და რომლისგანაც წარმოიქმნება მაგმური ქანები.

**მაგნიტური კაროტაჟი** – ჭაბურღილში ჩასატარებელი გეოფიზიკური კვლევის მეთოდი, დამყარებული მთის ქანების მაგნიტური ამთვისებლობის პრინციპზე.

**მეგანტიკლინორიუმი და მეგსინკლინორიუმი** – მიწის ქერქის რეგიონალური ანტიკლინური და სინკლინური სტრუქტურები, რომლებიც შედგებიან ანტიკლინებისა და სინკლინების სისტემებისაგან.

**მენყრის ბაზისი** – მენყრის დაცურების ქვედა დონე.

**მთათაშუა ღრმული** – ნაოჭა მთის სისტემებს შორის არსებული ტექტონიკური ღრმული, შევსებული მძლავრი დამსხვრეული ქანებით, წარმოქმნილი დედამიწის ქერქის დაძირვის და მთათა სისტემის ამონევის ერთდროული პროცესების შედეგად.

**მინერალური რესურსები** – სასარგებლო წიაღისეულის ერთობლიობა, გამოვლენილი რეგიონების, ქვეყნების, კონტინენტების, ოკეანის ფსკერის ან მთლიანად დედამიწის წიაღში, რომლებიც მისაწვდომია სამრეწველო გამოყენებისათვის, როგორც წესი, რაოდენობრივად შეფასებული გეოლოგიური გამოკვლევებისა და გეოლოგიური დაზვერვის გზით.

**ნ**

**ნახშირწყალბადიანი გაზები** – გაზები, რომელთა შემადგენლობაშიც ქარბოტენ მეთანი და მისი ჰომოლოგები: ეთანი, პროპანი და ბუტანი.

**ნიადაგის წყლები** – ნიადაგის ფენაში არსებული მინისქვეშა წყლები.

**რ**

**რეგრესია** – ხმელეთის ამონევის, ოკეანის ფსკერის დაძირვის ან ოკეანეში წყლის მოცულობის შემცირების შედეგად გამოწვეული ზღვის თანდათანობითი უკან დახევა.

**რესურსული კომპლექსი** – გარემოს მთლიანობის (მინის, წყლის, ბიოცენოზის – ანუ აქტიური პროცესების) ზონის ერთეული, რომელიც ჩამოყალიბდა ბუნებრივი რესურსების ათვისების გარკვეულ პერიოდში და რომელიც იქნება მისაღები, რათა არ დაირღვეს გარემო პირობები.

**ს**

**სამრეწველო წყლები** – წყლები, რომლებიც გახსნილ მდგომარეობაში შეიცავენ სამრეწველო მნიშვნელობის სასარგებლო ნივთიერებებს (ბრომს, იოდს, რადიუმსა და სხვ.).

**სოლფატარები** – ვულკანების გავრცელების ზონებში ნაპრალებიდან გამოყოფილი 100-200°C ტემპერატურის მქონე გაზის ჭავლები; უპირატესად, შედგება გოგირდოვანი გაზის, გოგირდწყალბადის, ნახშირორჟანგისა და წყლის ორთქლისაგან.

**სუბაკვალური წყარო** – წყარო, რომელიც გამოდის წყლის ქვეშ, ფსკერზე ან წყალსატევის კიდეზე.

**სუფოზია** – ქანების გამოტუტვის და წყლის მიერ ნაწილაკების გამოტანის შედეგად მინის ზედაპირის დაჯდომა.

**ტ**

**ტერიგენული ნალექები** – ფხვიერი ნალექები ან კლასტური ქანები, რომლებიც შედგებიან ხმელეთის ნგრევის შედეგად წარმოქმნილი ქანების ნატეხების ან მინერალების მარცვლებისაგან; მათი დაგროვება ხდება წყალსატევეებში (ზღვებში, ტბებში) ან ხმელეთზე.

**ტრანსგრესია** – ხმელეთის დაძირვის, ოკეანის ფსკერის ამონევის ან ოკეანეში წყლის მოცულობის მომატების შედეგად, ზღვის მიერ ხმელეთის ნაპირის თანდათანობითი დაკავება.

**ფ**

**ფენის წნევა** – წნევა, რომლის ქვეშ იმყოფება სითხე და გაზი ნავთობის ბუდობში.

**ფლიშური ნალექები** – მეტად თუ ნაკლებად ერთგვაროვანი, მძლავრი, ზღვიური წარმოშობის ტერიგენული ან კარბონატულ-ტერიგენული ნალექები, რომლებიც დამახასიათებელია ნაოჭა-მთიანი ოლქებისათვის და წარმოდგენილია რითმულად შრეებრივი, კანონზომიერად განმეორებადი ქანების (კონგლომერატების ან ქვიშაქვების, ალევრიტების, თიხებისა და მერგელების, ზოგჯერ კირქვების) მორიგეობით.

**ფლუვიოგლაციური დანალექები** – მყინვარების გადნობის შედეგად წარმოშობილი ნაკადის დანალექები.

**ფორიანობა** – ქანის ნაწილაკებს შორის არსებული სიცარიელების საერთო მოცულობა.

**ფუმაროლები** – ვულკანის ზედაპირიდან ან ახალწარმოქმნილი ლავური ნაკადების და განფენების ნაპრალებიდან გამომავალი სანვაკვი, ვულკანური გაზების, ჭავლებისა და ორთქლის მასის სახით.

## ქ

**ქანი** – ბუნებრივი მინერალური (ფართო გაგებით – მყარი სხეულები, წყალი, ნავთობი და გაზები) აგრეგატები, რომელთა საშუალებით აგებულია დედამიწის ლითონფერო, როგორც დამოუკიდებელი გეოლოგიური სხეული.

**ქანების აბსოლუტური ანუ რადიოლოგიური გეოლოგიური ასაკი** – ქანების ასაკი, გამოხატული დროის აბსოლუტურ ერთეულებში (წლებში, უმეტესად ათას ან მილიონ წლებში), რომელიც დგინდება სხვადასხვა რადიომეტრიული მეთოდების გამოყენებით რადიოაქტიული ელემენტების დაშლის პროდუქტების დაგროვების მიხედვით; აღრიცხვა წარმოებს თანამედროვე ეპოქიდან გეოლოგიური წარსულისაკენ, ე.ი. დაღმავალი რიგით.

**ქანების შეფარდებითი გეოლოგიური ასაკი** – დედამიწის ისტორიის ამა თუ იმ მოვლენათა დროის ხანგრძლივობა სხვა გეოლოგიური მოვლენების მიმართ, რომელიც დგინდება ჭრილში ფენების ურთიერთმდებარეობის მიხედვით: ფენების დაურღვეველი განლაგების პირობებში ქვედა შრეები შედარებით ადრეული ასაკისაა, ხოლო ზედა – ახალგაზრდა. გეოლოგიურ ქანებში არსებულ ორგანული წარმოშობის ორგანიზმთა ნარჩენებისა და აღნაბეჭდების საშუალებით ხდება შრეების მიბმა საერთო სტრატиграფიულ სვეტთან და დანალექი და ვულკანური წყებების დროებითი შეპირისპირება, რომლებიც მდებარეობენ ერთმანეთისაგან დაშორებულ რაიონებში.

**ქვედა წყლები** – წყალშემცველი ჰორიზონტის წყლები, რომლებიც განლაგებულია ნავთობგაზიანი ფენების ქვევით და მათგან ჰიდრავლიკურად იზოლირებულია.

## შ

**შლეიფი** – ფხვიერი ნალექების გროვა, რომელიც შეიქმნა გამოტანის კონუსების შეერთებით და ზოლად გასდევს მთის ძირს.

## *ირაკლი მიქაძე*

**შურფი** – ვერტიკალური ან დახრილი მიწისქვეშა გამონამუშევარი, რომელიც უშუალოდ გამოდის დღის ზედაპირზე და გამიზნულია სასარგებლო წიაღისეულის დასაზვერად.

## ნ

**წყალშემცველი ჰორიზონტი** – ერთგვაროვანი ფაციალურ-ლითოლოგიური შემადგენლობის და ჰიდროგეოლოგიური თვისებების მქონე წყალგამტარი ქანების შრეები, გაჯერებული გრავიტაციული წყლებით.

**წყლის რესურსი** – გრავიტაციული წყლის რაოდენობა წყალშემცველ ფენაში, რომელიც ხვდება მიწისქვეშა ნაკადში და განსაზღვრავს მის ხარჯს.

**წყლის სიხისტე** – წყლის თვისება, რომელიც გამოწვეულია მასში კალციუმისა და მაგნიუმის იონების არსებობით.

## ჰ

**ჰიდროლაკოლითები** – ამობურცვის ზედაპირი, წარმოშობილი მიწისქვეშა წყლის გაყინვის შედეგად მარადმზრალ ქანებში.

**ჰიდროსფერო** – დედამიწის სფეროს წყვეტილი წყლის გარსი, რომელიც მდებარეობს დედამიწის ქერქის ზედაპირზე და მის წიაღში და წარმოადგენს ოკეანეების, ზღვებისა და ხმელეთის წყლის (მდინარეები, ტბები, ჭაობები, მიწისქვეშა წყლები) ერთობლიობას, მყარ ფაზაში მყოფი წყლის მასების (მყინვარების) ჩათვლით.

**ჰუმიდური ზონა** – ტენიანი კლიმატის ზონა, სადაც ნალექების რაოდენობა აღემატება აორთქლებას.

გარეკანის დიზაინი      ზაზა მიქაძე

გამომცემლობის რედაქტორი      ცირა ჯიშკარიანი  
კომპიუტერული უზრუნველყოფა      ნინო ვაჩეიშვილი

0179 თბილისი, ი. ჭავჭავაძის გამზირი 14

14 Ilia Chavchavadze Avenue, Tbilisi 0179

Tel 995(32) 25 14 32

[www.press.tsu.ge](http://www.press.tsu.ge)