

**ვასილ ცომაია, ბიორბი ბაჩეჩილაძე,
სოფიო ბორბიჯანიძე, მანანა ფხაკაძე**

**ნაზღვრეში წყალდიდობები და წყალმოვარდნები
საქართველოში**



**ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
INSTITUTE of HYDROMETEOROLOGY
ИНСТИТУТ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ**

*ვასილ ცომაია, გიორგი გაჩეჩილაძე,
სოფიო გორგიჯანიძე, მანანა ფხაკაძე*

**ნაზღვრები წყალდიდობები და
წყალმოვარდნები საქართველოში**

თბილისი – TBILISI _ ТБИЛИСИ

2009

ვასილ ცომაია, გიორგი გაჩეჩილაძე,
სოფიო გორგიჯანიძე, მანანა ფხაკაძე

**ნაზღვრები წყლადიდობები და წყალმოვარდნები
საქართველოში**

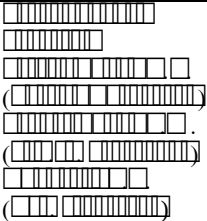
VASIL COMAIA, GIORGI GACHECHILADZE,
SOPHIO GORGIANIDZE, MANANA FKHAKADZE

Clogging Floods and Flows in Georgia

Завальные наводнения и паводки в Грузии

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
INSTITUTE of HYDROMETEOROLOGY
□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ
2009

სარედაქციო კოლეგია ნ. ბეგალიშვილი (მთავარი რედაქტორი) ბ. ბერიტაშვილი (რედაქტორის მოადგილე) თ. ცინცაძე (მენეჯერი და ტექნიკური რედაქტორი)	Editorial Board N. Begalishvili (Editor in Chief) B. Beritashvili (Deputy Ed.-in-Chief) T. Tsintsadze (Executive secretary)	
--	---	--

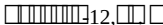
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
0112 თბილისის-12, დავით აღმაშენებლის გამზირი 150^ა

E-mail: nb@gw.acnet.ge

Institute of Hydrometeorology.
150^a David Agmashenebeli ave., Tbilisi, 0112, Georgia,

ტელ.

Tel. (995 32) 951 047
 952 028


0112.  12,  150^ა

ფაქსი

Fax (995 32) 95-11-60


საიდენტიფიკაციო №
Identification №


ISBN

რედაქტორი:

რეცენზენტები:

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
INSTITUTE of HYDROMETEOROLOGY
ИНСТИТУТ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ

2009

ა ნ ო ტ ა ც ი ა

შრომაში პირველად სისტემატიზებულია, გაანალიზებული და განზოგადებულია მდინარის ხეობების კლდე-ზვავებით, მეწყერებით, მყინვარული გამონატანით, თოვლის ზვავებითა და მდინარეული ყინულებით ჩახერგვასთან დაკავშირებული ჰიდროლოგიური მოვლენების ბუნება. შრომა შეიცავს ჩახერგვასა და გარღვევასთან დაკავშირებულ ჰიდროლოგიური მოვლენების შეფასების მეთოდებს, ხერხებს, წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების საშუალო პირობითი მოვლენების წინააღმდეგ ბრძოლის რეკომენდაციებს. ასევე, შედგენილია დაგუბებულ ტბებსა და მათი გარღვევის შედეგად წარმოშობილ წყალმოვარდნებზე ჰიდრომეტეოროლოგიური დაკვირვებების ორგანიზაციის, მიღებული მასალების სისტემატიზაციისა და დამუშავების მეთოდოლოგია.

შრომა განკუთვნილია ყველა პროფილის გეოგრაფებისათვის, იგი გამოადგებათ საპროექტო, სამეურნეო და ოპერატიულ ორგანიზაციებს.

S u m m a r y

Monograph presents systematization, analysis and generalization of the nature of hydrological phenomena related to blockages of river gorges with avalanches, river ices, glacial drifts, landslides and rock avalanches. Assessment methods and techniques of hydrological phenomena related to blockages and breakthroughs are given and floods and flows fighting recommendations are offered. Methodology on systematization and treatment of the obtained data, organization of hydrometeorological observations of flood lakes and flows formed as a result of their breakthroughs is compiled.

Monograph is intended for geographers of wide profile, it will be interesting for design, planning, economic and operation organizations.

А Н Н О Т А Ц И Я

შრომაში პირველად სისტემატიზებულია, გაანალიზებული და განზოგადებულია მდინარის ხეობების კლდე-ზვავებით, მეწყერებით, მყინვარული გამონატანით, თოვლის ზვავებითა და მდინარეული ყინულებით ჩახერგვასთან დაკავშირებული ჰიდროლოგიური მოვლენების ბუნება. შრომა შეიცავს ჩახერგვასა და გარღვევასთან დაკავშირებულ ჰიდროლოგიური მოვლენების შეფასების მეთოდებს, ხერხებს, წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების საშუალო პირობითი მოვლენების წინააღმდეგ ბრძოლის რეკომენდაციებს. ასევე, შედგენილია დაგუბებულ ტბებსა და მათი გარღვევის შედეგად წარმოშობილ წყალმოვარდნებზე ჰიდრომეტეოროლოგიური დაკვირვებების ორგანიზაციის, მიღებული მასალების სისტემატიზაციისა და დამუშავების მეთოდოლოგია.

შრომა განკუთვნილია ყველა პროფილის გეოგრაფებისათვის, იგი გამოადგებათ საპროექტო, სამეურნეო და ოპერატიულ ორგანიზაციებს.

შესავალი	9
1. მდინარეთა ხეობების ჩახერგვისა და ბარჯვების თავისებურებანი და მათი გავრცელების პირობები	
1.1. საქართველოს ბუნებრივი პირობების ზოგადი დახასიათება	15
1.2. კლდეზეგების, მეწყერების და მყინვარული გამონატანის გავრცელების თავისებურებანი და კატეგორიები	19
1.3. მდინარეთა ხეობების ჩახერგილი უბნების წარმოშობა და მათი კატეგორიები	25
1.4. დაგუბებული ტბების გავლენა სეისმურ პროცესებზე	28
1.4.1. სეისმურ რეჟიმზე წყალსატევების გავლენის თავისებურებანი	29
1.4.2. 1989 წლის ზოგიერთი ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების ანომალური ხასიათი და მასთან დაკავშირებული მოვლენების თავისებურებანი	32
2. ნაზღვევი წყალდიდობები და წყალმოვარდნები საქართველოში	42
2.1. ნაზღვევი წყალდიდობის და წყალმოვარდნების შესწავლის საერთო ცნობები	42
2.2. მყინვარული ნაზღვევი წყალმოვარდნა	43
2.2.1. მყინვარების წინწამოსვლის პროცესებთან დაკავშირებული დაგუბებული ტბები	44
2.2.2. მყინვარების უკანდახევასთან დაკავშირებული დაგუბებული ტბები	47
2.2.3. თოვლის ზეგვებით გამოწვეული წყალმოვარდნები	54
2.2.4. მდინარეული ყინულოვანი მოვლენებით გამოწვეული წყალდიდობები და წყალმოვარდნები	56
2.3. კლდე-ზეგებისა და მეწყერების მოვლენებთან დაკავშირებული წყალდიდობები და წყალმოვარდნები	61
2.4. შავი ზღვის სანაპირო ზონის ტრანზიტული მდინარეების კატასტროფული წყალმოვარდნების დატბორვასთან დაკავშირებული ნაზღვევი წყალმოვარდნა	64
2.5. ანთროპოგენური ფაქტორების გავრცელების ზონაში ნაზღვევი წყალდიდობები და წყალმოვარდნები	68

3. ხეობების ჩახერგვების და მათ გარღვევებთან დაკავშირებული მოვლენების ჰიდროლოგიური დახასიათება	75
3.1. ხეობის ჩახერგვების პროცესების გავლენა მდინარეებისა და მყინვარების რეჟიმზე	75
3.2. დაგუბებული ტბების ხანგრძლივობის თავისებურებანი	76
3.3. დაგუბებული ტბების დაცლის თავისებურებანი	78
3.4. დაგუბებული ტბების გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნების წყლის მაქსიმალური ხარჯები	79
3.5. დაგუბებული ტბების გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნების გავლენა მდინარეების წყლის რეჟიმზე	83
4. მდინარის ხეობების ჩახერგვასთან დაკავშირებული ჰიდროლოგიური მოვლენების შეფასების მეთოდი	88
4.1. დაგუბებული ტბების პარამეტრების განსაზღვრა	88
4.2. დაგუბებულ უბნებზე წყალსატევის შევსების ხანგრძლივობის პროგნოზი	91
4.2.1. წყალსატევის შევსების ხანგრძლივობის პროგნოზი მიმდინარე ჰიდროლოგიური პროცესების გათვალისწინებით	91
4.2.2. წყალსატევის შევსების ხანგრძლივობის პროგნოზი წყლის მაქსიმალური ხარჯის 1%-იანი უზრუნველყოფისათვის ($Q_{1\%}$)	93
4.3. დაგუბებული ტბების გარღვევასთან დაკავშირებული ნახლვლევი წყალმოვარდნის პარამეტრების განსაზღვრა (პროგნოზი)	96
4.3.1. დაგუბებული ტბების გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური დონის გამოთვლა კაშხალის გარღვევის ადგილას	96
4.3.2. დაგუბებული ტბის გარღვევასთან დაკავშირებული ნახლვლევი წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯის გამოთვლა კაშხალის გარღვევის ადგილას	97
4.4. წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფის პარამეტრების თავისებურებანი ჩახერგილ კაშხლის გარღვევის ადგილას და მათი გამოყენების შედეგები	98
4.5. ჩახერგილი კაშხლის გარღვევის ადგილას მის მთლიან	103

გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფის გაანგარიშება	
4.6. მდინარის ხეობის ჩახერგილი კაშხლის მდგრადობის შეფასება	107
4.7. დაგუბებული ტბების გარღვევასთან დაკავშირებული წყა- ლმოვარდნის წყლის მაქსიმალური დონეებისა და ხარჯების განსაზღვრა მდინარის ტრანზიტულ უბანზე	109
4.8. დაგუბებული ტბების გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნების წყლის მაქსიმალურ დონეთა და ხარ- ჯთა გამოსათვლელი (საპროგნოზო) ფორმულები	118
4.9. ნაზღვლევი წყალმოვარდნების წყლის მაქსიმალური ხარჯების გამოსათვლელი ფორმულების საწარმოო შემოწმების შედეგები	119
4.9.1. მდ. გენალდონი	119
4.9.2. მდ. რანგუ (ყაზახეთი)	119
4.9.3. მდ. ალაზანი	120
4.9.4. დარიალის კატასტროფა	123
4.9.5. მდ. ახტიჩაი	126
4.9.6. მდ. დიულტიჩაი	126
4.9.7. მდ. არაქსი	127
4.9.8. მდ.თერგი	128
4.9.9. მყინვარ ბაშკარას ტბები (ჩრდილოეთი კავკასია)	129
5. ნაზღვლევი წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების წინააღმდეგ ბრძოლის რეკომენდაციები	132
5.1. ნაზღვლევი წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების წინააღმდეგ ბრძოლის მეთოდების საერთო დახასიათება	132
5.2. პროგნოზების მეთოდოლოგიის ზოგიერთი საკითხები ნივალურ ზონაში	132
5.3. ოპერატიული შტაბის საქმიანობის შედეგები	135
5.4. მსოფლიო პრაქტიკის არსენალიდან ბრძოლის ზოგიერთი მეთოდების გამოყენების შედეგები	136
5.5. სპეციალური დაკვირვებები და გეოდეზიური აგეგმვა	138
5.6. რეკომენდაციები დაგუბებული ტბების გარღვევასთან და- კავშირებული ნაზღვლევი წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების თავიდან აცილების შესახებ	141
ლიტერატურა	146

შესავალი

XX საუკუნის ბოლო და XXI საუკუნის დასაწყისი წლებში, მეცნიერულ-ტექნიკური რევოლუციის ეპოქაში გახშირდა კატასტროფული სტიქიური მოვლენები. მათ ადგილი აქვთ დედამიწის მთელ რიგ რაიონებში, ამიტომ წარმოადგენენ გლობალური ხასიათის საშიშ მოვლენებს. ისინი დიდ ზარალს აყენებენ მსოფლიოს ეკონომიკას და ეს ზარალი ყოველწლიურად შეადგენს 30 მილიარდ დოლარს. მაგალითად, სომხეთის რესპუბლიკას 1988 წლის 7 დეკემბრის სპიტაკის 9-10 – ბალიანი სიმძლავრის მიწისძვრამ რამდენიმე წამში 8,5 მილიარდი დოლარის ზარალი მიაყენა ქვეყანას. მაგრამ ამით არ დამთავრებულა მისი მოქმედების საზღვარი. მიწისძვრის 4-5 – ბალიანი სიმძლავრის ტალღებმა საქართველოს ტერიტორიის მრავალ ადგილას გამოიწვია მთის ფერდობების დეფორმაცია, რომლის მდგრადობა დაირღვა, მომდევნო წელს დიდი რაოდენობით ზედაპირული წყლით გაჟღენთვის გამო, თოვლის საფარის ინტენსიური დნობისა და თავსხმა წვიმების შედეგად. მაგალითად, მდ. რიონის ღები-ონის მონაკვეთზე მიყენებულმა ზარალმა მიაღწია 17 მილიონ დოლარს, ონი-ამბროლაურის მონაკვეთზე – 2 მილიონ დოლარს; მაგრამ ყველა მოლოდინს გადააჭარბა რაჭა-ლეჩხუმის მიწისძვრამ (1991 წ. 29 აპრილის 13 სთ. 13წთ.), რომელმაც სულ რაღაც 20-25 წმ-ში 3 მილიარდი დოლარის ზარალი მიაყენა რესპუბლიკას – 5,5-6-ჯერ მეტი, ვიდრე 1987 წლის ანომალური სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების დროს. ყოველივე ეს ხდება დღევანდელ, მეცნიერულ-ტექნიკური რევოლუციის ეპოქაში; საჭირო გახდა ურთიერთ ინფორმაცია სტიქიური კატასტროფული მოვლენების შესწავლის, წინასწარმეტყველებისა და დაცვის მეცნიერული საფუძვლების შემუშავების შესახებ. გლობალური მასშტაბის პრობლემა გახდა 1990-2000 წლებში საერთაშორისო ათწლეულის ჩატარების საფუძველი.

საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი აქტიურად ჩაება სტიქიური უბედურებების ჰიდროლოგიური ბუნების შესწავლის საქმეში, რომელიც დღემდე საქართველოს და, საერთოდ, კავკასიისათვის შეუსწავლელი რჩებოდა და, ამის გამო, არ იყო შემუშავებული სტიქიურ უბედურებებთან დაკავშირებული ჰიდროლოგიური მოვლენების შეფასების,

წინასწარმეტყველების მეთოდები და ხერხები, მათი საშიშროების თავიდან აცილების რეკომენდაციები. საქმის ასეთი ვითარება შეიცვალა, როცა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის 1991 წლის 2 მაისის სპეციალურ გაფართოებულ სხდომაზე მიღებულ იქნა დადგენილება “საქართველოს მიწისძვრების მიზეზების შესწავლისა და კატასტროფის შედეგების ლიკვიდაციის ღონისძიებების შესახებ”, სადაც ერთ-ერთ პუნქტად იყო აღნიშნული ნაზღვლევი წყალმოვარდნის წინააღმდეგ ბრძოლის კონცეფციის შემუშავება.

შემდგომში წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების კატასტროფული ხასიათის გახშირებასთან და გაძლიერებასთან დაკავშირებით გამახვილდა ყურადღება მათი შესწავლის შესახებ. ამ მხრივ მნიშვნელოვანია 2008 წლის ორი საერთაშორისო კონფერენცია; პირველი (18-19 ნოემბერი) მიძღვნილი დედამიწის საერთაშორისო წლისადმი, ეხებოდა სტიქიურ კატასტროფებს სამხრეთ კავკასიაში; მეორე (10-15 დეკემბერი) კი ბუნებრივი კატასტროფების საფრთხეებსა და ქვეყნის მზად ტოვნას მათი თავიდან აცილებისათვის. ეს გზები დაიწყო ჯერ კიდევ 1953 წლიდან. მას შემდეგ დღემდე საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტსა და საქართველოს სახელმწიფო ჰიდრომეტეოროლოგიის დეპარტამენტთან ერთად მოეწყო სპეციალური გაერთიანებული ექსპედიციები ვ. ცომაიას ხელმძღვანელობით. შეგროვილი მასალებისა და ლიტერატურული წყაროების განზოგადებისა და ანალიზის საფუძველზე შედგენილ იქნა წინამდებარე მონოგრაფია ვ. გაჩეჩილაძის (თავი 1 და 5), ვ. ცომაიას (თავი 1-5), ს. გორგიჯანიძის (თავი 2- 3) და მ. ფხაკაძის (თავი 4) ავტორობით. მონოგრაფია გარკვეულ სარგებლობას მოუტანს დაინტერესებულ ორგანიზაციებს მდინარეთა ხეობების ჩახერგვებსა და გარღვევებთან დაკავშირებული საშიში ჰიდროლოგიური მოვლენების თავიდან აცილებისათვის ბრძოლაში. მაგრამ წინამდებარე შრომა უნაკლო არ იქნება. ავტორები დიდი სიამოვნებით მივიღებთ სამართლიან შენიშვნებს და გავითვალისწინებთ მათ შემდგომი შემუშავებისათვის.

დიდი მადლიერებით აღვნიშნავთ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის თანამშრომლებისა და ასპირანტების: ლ.

ხარბედიას, თ. ნატროშვილის, მ. ჯაფარიძის, რ. მესხიას, გ. ფიფიას, თ. ცინცაძეს ასევე საქართველოს სახელმწიფო ჰიდრომეტეოროლოგიის დეპარტამენტის თანამშრომლების: მ. ძაძამიას, გ. კობერიძის, ლ. სხირტლაძის, მ. სადღობელაშვილისა და ს. დონნაძის მონაწილეობას ექსპედიციებში, საჭირო მასალების შეგროვება-დამუშავებაში.

Preface

The high-frequency of catastrophic hazards was recorded in the last decades of the 20th century in the epoch of scientific-technical revolution. They occurred overall in the world and therefore these hazards have global character. They cause great damage to the world economy and this damage annually makes GEL 30 mlrd. For example, the Spitak destructive earthquake (M=9-10) occurred on 7 December, 1988, in Armenia led to GEL 8.5 mlrd damage in several seconds. However the process of its action was not finished by this. The waves of earthquake M=4-5 caused deformation of mountain slopes which stability was broken owing to the saturation with surface water as a result of intensive melting of snow cover and downpours in many regions of Georgia's territory. For example, at the section Ghebi-Oni of the river Rioni the damage reached GEL 17 million, at the section Oni-Ambrolauri – GEL 2 million. However, the Racha – Lechkhumi earthquake occurred on 29 April, 1991, at 13 h by local time, which in some 20-25 seconds brought the Republic GEL 3 mlrd damage, i.e. in 5.5-6 times more than during anomalous natural hydrometeorologic events of 1987, surpassed all expectations.

All these phenomena happen in the epoch of scientific-technical revolution: it becomes an urgent task to exchange information and develop scientific foundations in study of natural catastrophic hazards, forecasting and protection. The global scale of the problem gave the beginning to conduct the International Decade in 1990-2000.

The Institute of Hydrometeorology of the Georgian National Academy of Sciences is actively involved in the research of hydrological nature of hazards which has been unexplored in Georgia and entire Caucasus so far and due to this fact there were not developed assessment and forecasting methods and techniques, recommendations to avoid hazards. The situation has been cardinally changed when there was adopted a resolution “On study of the reasons of the earthquakes in Georgia and measures on catastrophes elimination” at the enlarged meeting of the Georgian National Academy of Sciences held on 2 May 1991. One of the main issues was to develop floods fighting concept.

From 1991 to 1992 there were arranged special expeditions of the Institute of Hydrometeorology of the Georgian Academy of Sciences jointly with Georgian State Department of Hydrometeorology headed by V.Tsomaia. The present monograph is composed on the basis of the analysis and generalization of the collected material and literature sources

under the authorship of V.Tsomaia (Ch.1-5), T.Tsintsadze (Ch.5) and S.Gorgijanidze (Ch.3). However, the present book might have some drawbacks. The authors will appreciate for critical reading of the monograph and take all remarks into consideration in further work.

Finally, we would like to thank the collaborators and post-graduates of the Institute of Hydrometeorology: L.Kharbedia, T.Natroshvili, M.Japaridze, R.Meskhia, as well as collaborators from Georgian State Department of Hydrometeorology: M.Dzadzamia, G.Koberidze, L.Skhirtladze, M.Sadgobelashvili and S.Dokhnadze for participation in expedition and assistance in collecting and treatment of the necessary material.

Предисловие

20-
 30
 7 1988 9-10
 8.5
 4-5
 17
 - 2
 29 1991 13.00
 20-25 3
 5.5
 1987

1990-2000 年期间，中国人口增长迅速，人口结构发生了显著变化。这一时期，中国人口总量持续增加，人口素质不断提高，人口结构呈现出老龄化、少子化等特征。

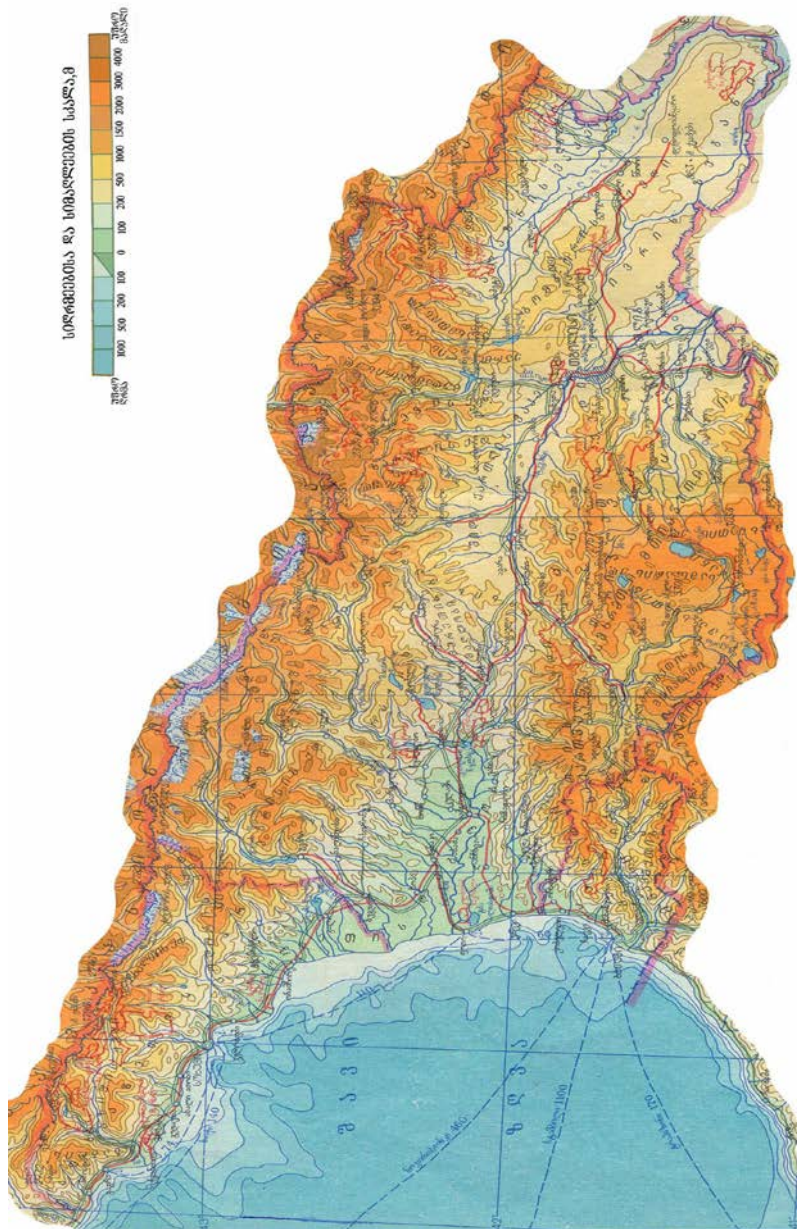
[illegible]

1. მდინარეთა ხეობების ჩახერგვისა და ბარდვების თავისებურებანი და მათი გავრცელების ძირითადი რაიონები

1.1. საქართველოს გუნებრივი პირობების ზოგადი დახასიათება

საქართველოს ტერიტორია, რომელსაც უკავია 69700 კმ² ფართობი, ხასიათდება ურთულესი ბუნებრივი პირობებით. მისი მთელი ტერიტორიის 84% წარმოადგენს მთაგორიან რელიეფს, რომელიც იწყება შავი ზღვის სანაპიროდან (აფხაზეთი, კოლხეთის დაბლობი, აჭარა) და მთაგრდება კავკასიონის ქედისა და მისი ჩრდილოეთით მდებარე გვერდითი ქედის წყალგამყოფებამდე 4500-5047 მ (მყინვარწვერი) (ნახ. 1). მთელი ეს ტერიტორია შედგება სხვადასხვა მიმართულების უამრავი ქედისაგან (გაგრის, ბზიფის, აფხაზეთის კავკასიონის, კოდორის, სვანეთის, ეგრისის, რაჭის, ლეჩხუმის, სურამის, ქართლის, აჭარა-იმერეთის, შავშეთის, არსიანის, თრიალეთის, ჯავახეთის და სხვა), რომლებიც ხასიათდებიან ფერდობების დიდი დახრილობით (15-90°) და ძლიერ დანაწევრებით, ღრმად, 1000-1500 მ ჩაჭრილი ვიწრო ხეობებით, სადაც მიედინებიან მდინარეები ბზიფი, კოდორი, ენგური, ხობი, ცხენისწყალი, რიონი, დიდი და პატარა ლიახვი, არაგვი, იორი, ალაზანი, სუფსა, აჭარისწყალი, მტკვარი, ფოცხოვი, ფარავანი, ქციახრაში და მრავალი მათი შენაკადი, რომელთა რაოდენობა 26000-ზე მეტია [13]. მთებს შორის მოქცეულია – სვანეთის, რაჭა-ლეჩხუმის, ახალციხის, ახალქალაქისა და სხვა ჩაკეტილი ღრმა ქვაბულები. მათ შორის, ბევრ პატარ-პატარა ქვაბულებში მოქცეულია სხვადასხვა ზომის 850 ტბა, 15-17 წყალსაცავი. [10,13,35,36].

საქართველოს მთელი ტერიტორია ხასიათდება ურთულესი გეოლოგიური აგებულებით – ვულკანური, კირქვების, მერგელების, ფიქლებისა და სხვა მრავალი ქანებით, გადაფარებული სხვადასხვა სისქისა და შემადგენლობის ნიადაგის საფარით. ურთულესია ჰიდრომეტეოროლოგიური პირობებიც. ატმოსფერული ნალექების დიდი სიუხვით გამოირჩევა შავი ზღვის სანაპირო (1500-3800 მმ), რომელიც მც-



ნახ. 1. საქართველოს ფიზიკური რუკა

ირდება აღმოსავლეთის მიმართულებით 200-250 მმ-მდე (საქართველოს აღმოსავლეთ რაიონებში); ჰაერის მაღალი საშუალო წლიური ტემპერატურებით (13-15°C) გამოირჩევა დაბალი რაიონები, აქედან კი წყალგამყოფებისაკენ მცირდება და 3600-3800 მ სიმაღლეზე შეადგენს -6 -7°C; ეს კი ხელს უწყობს გამყინვარებას, რომელსაც უკავია 511 კმ² [13,16,25] ფართობი, მდინარეების: ბზიფის, კოდორის, ენგურის, ცხენისწყლის, რიონის, ღიახვის, არაგვის, თერგის, ასას, შაროარდუნისა და პირიქითელი ალაზნის ზემო წელში. გამყინვარება შედგება 734 მყინვარისაგან, რომლებიც თავიანთი რეჟიმის რყევადობის გამო (დეგრადაცია, პულსაცია, აქტივობა) ქმნიან ურთულეს გლაციალურ გარემოს.

ჰაერის ტემპერატურის ზეგავლენით იცვლება ატმოსფერული ნალექების მოსვლის ხასიათი. მყარი ნალექების წილი იზრდება სიმაღლის ზრდასთან ერთად 3-5%-დან დაბალ რაიონებში, 90-100 %-მდე 4000 მ-ის სიმაღლეზე. მყარი ნალექები ქმნიან თოვლის საფარს, რომლის სისქე ცალკეულ დიდთოვლიან წლებში (1902, 1911, 1924, 1934, 1964, 1970, 1975, 1987, 1989 წწ) აღწევს 5-8 მეტრს. დიდი თოვლიანობა იწვევს თოვლის საფარის მდგრადობის დარღვევას და მისი გრავიტაციული პროცესების ზემოქმედებით წარმოიშობა თოვლის ზეგებები (ნახ. 2).

საქართველო მთლიანად მოქცეულია ტექტონიკური აქტივობის ზონაში. ამას ადასტურებს ხშირი და ძლიერი მიწისძვრები: ქ. გორში (1920 წ), ტაბაწყურში (1940 წ), გუდამაყარში (1947 წ), გარე კახეთში (1950 წ), მთათუშეთში (1951 წ), სენაკში (1957 წ), აჩიგვარში (1969 წ), ბორჯომში (1970 წ), დმანისში (1978 წ) და სხვა. მათ შორის, 1991 წელს 16-17 დღის შუალედით 29 აპრილს და 16 მაისს ერთიმეორესთან ახლომდებარე რაიონებში რაჭა-ლეჩხუმსა და მდ. პატარა ღიახვის ხეობაში ვანათში განმეორდა 9 - ბალიანი სიძლიერის კატასტროფული მიწისძვრები. 1988 წლის სპიტაკის უძლიერესი (9-10 ბალი) მიწისძვრის 4-5 - ბალიანი ტალღების ზონაში მოექცა საქართველო მთლიანად, რომლის საშიშმა მოვლენებმა თავი იჩინა 1989 წელს.

საქართველოს ურთულესი ტექტონიკური და ტექტოგენური ფაქტორების ურთიერთმოქმედება წარმოშობს მთელ რიგ საშიშ მოვლენებს. მათთანაა დაკავშირებული

ეგრეთ წოდებული კლდე-ზვავების, მეწყერების, მყინვარული გამონატანის, თოვლის ზვავების, მდინარეების ყინულოვანი მოვლენების წარმოშობა, რომლებიც შემდგომში კიდევ უფრო ართულებენ გარემო პროცესებს. აქედან, კლდე-ზვავების, მეწყერებისა და მყინვარული გამონატანის წარმოშობის საფუძველი განსხვავდება თოვლის ზვავებისა და მდინარის ზამთრის მოვლენების წარმოშობის საფუძვლისაგან და ასევე განსხვავებულია მათი შედეგებიც.



ნახ. 2. "მაიორჰას" თოვლის ზვავი, რომელმაც ბალაქა შარაბზა კულაბინის ხილის ზემოთ (1987წ.) (ჯერის უღელტეხილთან ახლოს)

12. კლდე-ზვავების, მეწყრების და მყინვარული გამონატანის გავრცელების თავისებურებანი და კატეგორიები

კლდე-ზვავების, მეწყრების და მყინვარული გამონატანის გავრცელების შესახებ მრავალი ლიტერატურა არსებობს. ამასთან, 1989, 1992, 2000-2008 წლებში შეგროვილი მასალები კიდევ უფრო ამდიდრებენ ინფორმაციას მათი გავრცელების შესახებ; მათი განზოგადება საშუალებას გვაძლევს აღვნიშნოთ, რომ კლდე-ზვავების, მეწყრების და მყინვარული გამონატანის გავრცელების ხასიათი ძლიერ ცვალებადია ტერიტორიისა და დროის მიხედვით. მათ ვხვდებით თითქმის ყველგან, დაწყებული შავი ზღვის სანაპიროდან, დამთავრებული კავკასიონისა და გვერდითი მთავარი ქედების 4048 მეტრის სიმაღლემდე (მთა ბაგნი, მყინვარ აბანოს მარცხენა ყინულგამყოფზე) [4,5,21,47]. ამას ხელს უწყობს მთაგორიანი რელიეფი. განსაკუთრებით ძლიერი გავრცელებით გამოირჩევიან მდინარეების ვიწროდ და ღრმად ჩატრილი ციცაბო (45-90⁰) ფერდობიანი კანიონისებური ხეობები, მდინარეების ეროზიული მოქმედებით, როგორიცაა მდ. მტკვარი და ფარავანი ჯავახეთში, მდ. ცხენისწყალი ღვინტხი-ცაგერის მონაკვეთზე, მდ. რიონი ღები-ონის მონაკვეთზე. ასევე დიდი სიძლიერით გამოირჩევიან გზებისათვის ჩატრილი ციცაბო (45-90⁰) ფერდობები. მაგალითად, თბილისი-ფოთის მთავარი მაგისტრალური საავტომობილო გზის საუდელტეხილო მონაკვეთი 685/788 კმ რიკოთის გვირაბის აღმოსავლეთით 738/695 კმ-დე (იმავე გვირაბის დასავლეთით). საერთოდ, მყინვარულ გამონატანს ვხვდებით კავკასიონის ქედის გამყინვარების ზონაში. მეწყერები გავრცელებულია შავი ზღვის სანაპიროზე, აფხაზეთსა (ახალი ათონი) და აჭარაში, ქვემო რაჭასა და ოკრიბაში, გომბორის ქედზე, მტკვრის ზემო წელის ხეობაში (სახელმწიფო საზღვრიდან ასპინძამდე), სამეგრელოს ცენტრალურ (ბორცვიან) ნაწილში, მესხეთში, სვანეთში, აჭარაში, გურიაში, ქართლის ზოგიერთ ნაწილში და სხვა. კლდე-ზვავებს (ქვათა მეწყერები, მთათა ჩამონანგრევები) ვხვდებით საქართველოს მთელ რიგ რაიონებში; დიდი სიძლიერით გამოირჩევიან კანიონისებური ხეობები, ციცაბო

(45-90⁰) ფერდობები, მდინარეების ძლიერი ეროზიული მოქმედების ზონა და სხვა.

კლდე-ზვავების, მეწყრებისა და მყინვარული გამონატანის გავრცელებაში განასხვავებენ მუდმივად და სპორადულად მოქმედ კატეგორიებს. მუდმივად მოქმედ კატეგორიებს ეკუთვნის ის კლდე-ზვავები, მეწყრები ან მყინვარული გამონატანი, რომელთაც ადგილი ჰქონდათ 2-ჯერ და უფრო მეტად. ამ კატეგორიას ეკუთვნის მშფოთვარე მყინვარები. მის ტიპურ მაგალითს წარმოადგენს მყინვარი დევდორაკი (ყაზბეგის გამყინვარება); მართალია, ბოლო მშფოთვარებას ადგილი ჰქონდა 153 წ წინათ (1854 წ) და წინა 78 წ განმავლობაში 7-ჯერ გაიარა მშფოთვარების ციკლა (1776, 1785, 1808, 1817, 1832, 1844 და 1854 წწ), დევდორაკი მაინც რჩება მშფოთვარე მყინვარად (ნახ. 3). [5,13.16,21,25,32,35,36,37,47,48] იგი შეიძლება განმეორდეს მომავალშიც. მაგალითად, მყინვარმა კოლკამ თავისი მშფოთვარების პირველი ციკლი გაიარა 1902 წ [21], მეორე – 67 წ-ის შემდეგ, 1969 წ [13,25,39,47,50], მესამე 2002 წ [40] მყინვარმა მურკარმა (დადესტანი) მშფოთვარების ციკლები გაიარა 1941 [25] და 1960 [25,47] წლებში. დღეისათვის ცნობილია არა მარტო ის, რომ ისინი მშფოთვარე მყინვარებს წარმოადგენენ, არამედ ცნობილნი არიან მშფოთვარების შედეგად მყინვარული გამონატანის გავრცელების ხასიათით და საზღვარით. ისინი ვრცელდებიან ხეობების მიმართულებით 12 კმ (მყინვარი კოლკას გამონატანი 1902 წ) და მთელ ამ სიგრძეზე ხეობა ჩახერგილია მყინვარული გამონატანით [21,25,39]. მაგრამ არის მყინვარების გამონატანის იძულებითი გაჩერება, როგორც ამას ადგილი აქვს მყინვარ დევდორაკის მშფოთვარების დროს (ნახ. 4). აქ მხოლოდ 1844 და 1854 წწ მყინვარის გამონატანით ჩახერგილი იყო მისგან გამომდინარე მდ. დევდორაკის ხეობა; [6,21,25,39,42,58] სხვა დანარჩენ წლებში მან ჩახერგა მდ. დევდორაკის ხეობის გაგრძელებაზე, მდ. ამაღის ხეობაც და განიცადა იძულებითი შეჩერება მდ. თერგის ხეობაში, რომელიც თითქმის მართობულადაა მდ. დევდორაკისა და მის გაგრძელებაზე, მდ. ამაღის ხეობის მიმართულებით. ასეთივე ხასიათი აქვს მყინვარ მურკარის გამონატანსაც (ნახ. 5); ამით ამოვსებულია თვით იმავე სახელწოდების მდინარის ხეობა მთელ მის სიგრძეზე, შემდეგ კი პე-

რპენდიკულარულად მდებარე მდ. სელდის ხეობაში განიცადა იძულებითი შეჩერება.

მუდმივმოქმედ კატეგორიას ეკუთვნის ღრმად და ვიწროდ ჩაჭრილ ციცაბო (45-90⁰) ფერდობიან ხეობებში კლდე-ზვავები და მეწყრები, რომელთა შორის თავისი გრანდიოზულობით გამოირჩევიან მდინარეების მტკვრისა (ბერთა ყანებისა და ვარძიის კლდე-ზვავები) და ფარავნის კანიონისებური ხეობების კლდე-ზვავები ჯავახეთში. მოქმედ კატეგორიას ეკუთვნის აგრეთვე გზებისათვის ხელოვნურად ჩაჭრილი ციცაბო (45-90⁰) ფერდობების კლდე-ზვავები და მეწყრები. ასეთებია თბილისი-ფოთის მთავარი მაგისტრალური საავტომობილო, საუ-ღელტეხილო გზის მონაკვეთი 685/788-738/695 კმ-ს შორის, თბილისი-ყაზბეგის გზის მე-80 კმ და სხვა. განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს, რომ 1989-2006 წწ კლდე-ზვავებისა და მეწყრების ახალი კერები გაჩნდა, მაგალითად, ეკის მთის ძირას, ქ. სენაკში, მამულიას ქუჩის ზედა დასახლების მცოცავი მეწყერი, მდ. რიონის მარცხენა ფერდობზე, დები-ონის მონაკვეთზე, შავი ზღვის სანაპირო სოფ. კვარიათი-სარფის გზის მე-40 კმ-ზე (1992 წ. 25 თებერვალი), აჭარაში და სხვა. რაც მიგვანიშნებს იმაზე, რომ ასეთი ახალი კერები მომავალშიც გაჩნდებიან, რადგან საქართველოს მთავორიანი ტერიტორია პოტენციურად კლდე-ზვავების, მეწყრებისა და მყინვარული გამონატანის საშიშ ზონას წარმოადგენს.

1.3. მდინარეთა ხეობების ჩახერგილი უბნების წარმოშობა და მათი კატეგორიები

კლდე-ზვავების, მეწყრების, მყინვარული გამონატანის, თოვლის ზვავებისა და მდინარის ყინულების წარმოშობის შემდეგ იწყება მათი მოძრაობა. მოძრაობის შედეგად ისინი ჩამოდიან ხეობის ძირამდე. ავიწროებენ მდინარეებს, აჩენენ ჭორომებს, ჭაობებს, ზოგან კი გადაკეტავენ მათ და წარმოშობენ, ეგრეთ წოდებულ, ჩახერგილ უბნებს.

მდინარეთა ხეობების ჩახერგილი უბნები ხასიათდებიან სხვადასხვა მორფომეტრიული პარამეტრებით. განსაკუთრებით გამოირჩევიან კლდე-ზვავებით, მეწყრებითა და მყინვარული გამონატანით ჩახერგილი უბნები. მათი სიგრძე აღწევს: 4,5 კმ (1969წ) - 12 კმ-ს (1902 და 2002წწ) მდ. გენაღდონის ხეობაში (13, ნახ. 6), 6,5-7 კმ (1776, 1785, 1808, 1817 და 1832 წწ) მდინარე დევდორაისწყლისა და მის გაგრძელებაზე, მდ. ამაღის ხეობაში (14, ნახ. 6), 2,5 კმ ხახიეთისწყლის ხეობაში (1991 წ 29 აპრილი) (11, ნახ. 6), 2 კმ მდ. თერგის ხეობაში სოფ. გველეთთან (15, ნახ. 6) (1832 წ 20 აგვისტო) და მდ. ჩხალთას ხეობაში, აწვარას მთის მახლობლად (1963 წ. 16 ივნისი) (7, ნახ. 6), 850 მ მდ. ფაწას ხეობაში (1991 წ. 29 აპრილი) (12, ნახ. 6), 450 მ მდ. სხალთას ხეობაში, სოფ. წაბლანაში (26, ნახ. 6) (1989 წ. 27 აპრილი), 300 მ მდ. კელასურის ხეობის მე-18 კმ-ზე შესართავიდან (1978 წ. 22 აპრილი) (6, ნახ. 6) და სხვა. ჩახერგილი მასა გამოირჩევა ასევე დიდი სისქით: 70-120 მ. მდ. გენაღდონის ხეობაში (მყინვარ კოლკას გამონატანი ნახ. 7); 60-100 მ მდინარეების: დევდორაისწყლის, ამაღისა და თერგის (სოფ. გველეთთან) ხეობებში (მყინვარ დევდორაის გამონატანი ნახ. 4); 30-40 მ სხვა დანარჩენი მდინარეების ხეობებში (კლდე-ზვავები და მეწყრები). უფრო მცირე მორფომეტრიული პარამეტრებით, 10-15 მ-მდე სისქით გამოირჩევიან თოვლის ზვავებით ჩახერგილი უბნები, კიდევ უფრო მცირე - (2-3 მ-მდე) მდინარეული ყინულებით ჩახერგილი უბნები.

საერთოდ, ჰიდროლოგიურ და გლაციოლოგიურ, ასევე გეოლოგიურ, გეომორფოლოგიურ, გეოფიზიკურ ლიტერატურაში არ არის შემუშავებული კლდე-ზვავებით, მეწყრებით, მყინვარული გამონატანით, თოვლის ზვავებით და მდინარეული

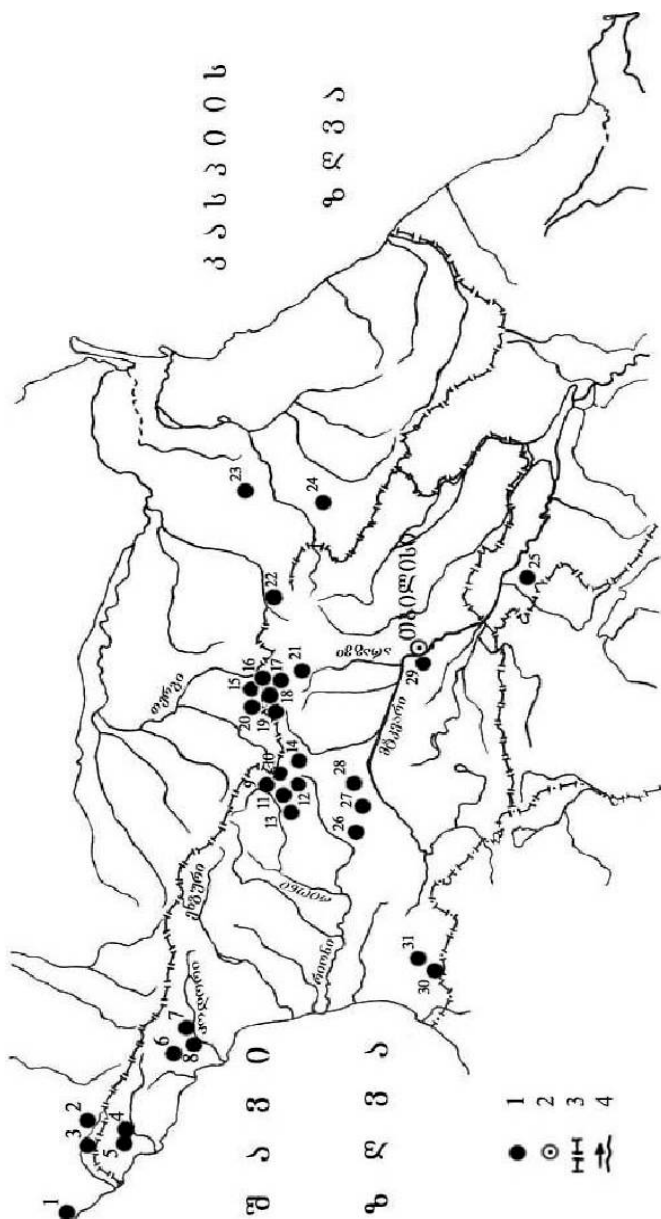
ყინულებით ჩახერგილი უბნების კატეგორიებად დაყოფის პრინციპი.

ზემოთ მოყვანილი ხერგილის სიგრძისა და სისქის მიხედვით საქართველოს პირობებისათვის გამოიყოფა მდინარის ხეობების ჩახერგილი უბნების შემდეგი კატეგორიები (ცხრ. 1).

ცხრილი 1

მდინარეთა ხეობების ჩახერგილი უბნების კატეგორიები სიგრძისა და სისქის მიხედვით

მდინარეთა ხეობების ჩახერგილი უბნების კატეგორიები	სიგრძე, კმ	სისქე, მ	ჩახერგვის მიზეზი და მისი წილი საერთო მასაში, %
1	2	3	4
მცირე	0.1–0.5	2–3	მდინარეული ყინულებით, (100%)
პატარა	0.4–0.7	5–10	თოვლის ზეგვებით (100%)
საშუალო	0.8–1.5	10–25	თოვლის ზეგვებით (15%), კლდე-ზეგვებით, მუწყერებით, (85%)
დიდი	1.5–3.0	25–70	კლდე-ზეგვებით, მუწყერებით (35%), მყინვარული გამონატანით (65%)
უდიდესი	4.0–12.0	80–100	მყინვარული გამონატანით (100%)



ნახ. 6. ღაგრისის ტაძრის გარეგნული სურათი კანკალიძის
 1- ღაგრისის ტაძარი, 2- ქალაქი, 3- სახელმწიფო საზღვარი, 4- მდინარეები



ნახ. 7. მყინვარ კოლკას პულსაციის შედეგად წინ წამოსული ენა კურორტ ტმენიკაუს წყაროებთან. (წინა პლანზეა მყინვარ კოლკას დარტყმის შედეგად მოგლეჯილი მყინვარ მაილის ენის ნაწილი თეთრ ფერში)

1.4. დაზუბავული ტბების გავლენა სეისმურ პროცესებზე

მყინვარების პულსაციის დროს, როგორც ავღნიშნეთ, ადგილი აქვს წყლის დაგუბებას, რომლის მასა ჩახერგილი მყინვარული გამონატანით აღწევს 100 მლნ.ტ, ამის გამო, მეტად საინტერესოა ამ გადატვირთვის გავლენის შედეგები. ცხადია, ეს შედეგები უნდა იყოს ისეთი, როგორიც არის წყალსაცავის შემთხვევაში.

14.1. სეისმურ რეჟიმზე წყალსატევების გავლენის თავისებურებანი

გეოლოგიებისა და გეოფიზიკოსების ერთ-ერთ საერთაშორისო თათბირზე, რომელიც შედგა ქ. ბაქოში, 1991 წ. ივნისში, აღნიშნული იყო, რომ რაც მეტია დაგროვილი ინფორმაციის მოცულობა, მით გაძნელებულია მიმდინარე პროცესების რეალური ახსნა. მაგრამ მეცნიერები მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ არსებობს მჭიდრო კავშირი მიწისძვრებსა და წყალსატევებს შორის. 1945-1991 წწ მიწისძვრას ადგილი ჰქონდა 70 წყალსაცავის რაიონში. აქედან, მიწისძვრების 11 შემთხვევა აღინიშნა 5 ბალზე მეტი სიძლიავრის. ექსპერიმენტი შაორის წყალსაცავის მაგალითზე, ამტკიცებს, რომ წყალსაცავის სრული ავსების გამო იზრდება მისი შემოგარენის სეისმური აქტივობა, მაგრამ, უნდა აღინიშნოს, რომ ბევრი წყალსაცავი არ ახდენს გავლენას მიწისძვრებზე [31]. ჩვენში ამის ტიპიურ მაგალითს წარმოადგენს ტყიბულის წყალსაცავი, რომელიც პირდაპირ ხაზზე სულ მცირე 12 კმ დაშორებული და თითქმის იმავე ზონაშია მოქცეული, სადაც შაორის წყალსაცავი; ასეთი ურთიერთ-საწინააღმდეგო მოსაზრება მოითხოვდა ანალიზის გაგრძელებას. დადგინდა, რომ მიწისძვრებსა და წყალსატევებს შორის არსებობს კავშირი მხოლოდ გარკვეულ გეოლოგიურ და ჰიდროლოგიურ პირობებში. კერძოდ, სეისმურობის გაძლიერებას ადგილი აქვს იმ წყალსაცავების რაიონებში, სადაც მათი სიღრმე აღემატება 100 მ. ამ კატეგორიას შეიძლება მივაკუთვნოთ 270 მ სიმაღლის კაშხლის მქონე ჯვრის წყალსაცავი მდ. ენგურზე. აქ პირველი სერიოზული ბიძგები დაიწყო 1976 წ. აპრილ-მაისში. ეს იყო წყალსაცავის ავსების დაწყების პერიოდი. შემდგომში, როგორც კი იცვლებოდა წყალსაცავის წყლის დონე, ადგილი ჰქონდა 1,5-2 თვის მორიგეობით სუსტი მიწისძვრების სერიას. მეორე მხრივ, შაორის წყალსაცავის ავსების გამო მიწისძვრების აქტივობა გამოწვეულია კირქვებში არსებული ნაპრალოვანი და წყალსაცავიდან ფილტრაციული წყლების წნევის გაზრდით. რომლის მსგავსი პირობები ტყიბულის წყალსაცავის შემთხვევაში არ გვაქვს, მაშინ როდესაც ორივე წყალსაცავის ფართობი და წყლის მასა თითქმის ერთნაირია.

შემდგომში ანალიზმა გვიჩვენა, რომ სეისმურობის გაძლიერებას უკავშირებენ წყალსაცავებში წყლის დონის

მკვეთრ დაცემას. ტიპურ მაგალითებად მოჰყავთ კასპიის ზღვა და სევანის ტბა, სადაც ბოლო წლებში ადგილი ჰქონდა წყლის დონეების დაცემას, რასაც უკავშირებენ მიწისძვრის სისშირესა და სიძლიერეს, რომლებსაც ადგილი ჰქონდა მახაჩკალისა და სპიტაკის რაიონებში; ამ კატეგორიათა ჯგუფს შეიძლება მივაკუთვნოთ 70 მ-ის სიღრმის ზონკარის წყალსაცავი მდინარე პატარა ღიახვზე, რომელიც 1991 წ. 29 აპრილს მიწისძვრების დროს დაცლილი იყო და ხელი შეუწყო მიწისქვეშა ენერგიის განტვირთვას; საბერძნეთის კრემასტას წყალსაცავის მაგალითზე იმასაც აღნიშნავენ, რომ 1965 წ. ივნისიდან 1966 წ. თებერვლამდე, როცა წყალსაცავში წყლის დონე აღწევდა 120 მ, ხშირად ხდებოდა მიწისძვრები (8-9 ბალი) და მათი ეპიცენტრები თანდათან უახლოვდებოდნენ წყალსაცავს. ჩვენში ასეთ მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ იგივე ზონკარის წყალსაცავი, რომელსაც 3 კმ-მდე მიუახლოვდა 8-9 ბალიანი მიწისძვრის ეპიცენტრი (1991 წ. 16 მაისი). იმავე წლის 29 აპრილის მიწისძვრის ეპიცენტრთან შედარებით, ის დაშორებული იყო 25-30 კმ-ით. ასე რომ, წყლის ობიექტის (წყალსაცავი, ზღვა, ტბა) მიწისძვრის ურთიერთკავშირის საფუძველზე გამოთქმულ იქნა დებულებები იმის შესახებ, რომ სეისმური აქტივობა ძლიერდება, როდესაც წყალსაცავებში წყლის დონე აღემატება 100 მ, როდესაც ადგილი აქვს წყლის დონის სწრაფ დაცემას, როდესაც მეტია წყალსაცავის ფართობი. სეისმური აქტივობის გაძლიერება წყალსაცავების რაიონში გრძელდება რამდენიმე წლის მანძილზე, შემდეგ კი წყნარდება.

დასასრულ, შეგროვილი მასალების ანალიზის საფუძველზე შენიშნულ იქნა, რომ მიწისძვრების ეპიცენტრები ხშირად მდებარეობენ რამდენიმე ასეული კმ დაშორებით წყალსაცავებიდან, ზღებიდან, ტბებიდან, რომელიც 5-10-ჯერ აღემატება აღნიშნული წყლის ობიექტების სიდიდეს. ეს კი მიგვანიშნებს იმაზე, რომ წყლის ობიექტები (წყალსაცავი, ზღვა, ტბა) არ წარმოადგენენ მიწისძვრის გააქტიურების ერთ-ერთ ფაქტორს. აღნიშნავენ, რომ ამ საქმეში გარკვეული წვლილი მიუძღვის მიწისქვეშა ატომურ აფეთქებებს, საბადოების მოპოვებით წარმოებას და ომსაც კი. ყველა ამ შემთხვევაში აფეთქების სიდიდე განსაზღვრავს სეისმურ

აქტიუობას, რაც უფრო მეტია აფეთქების მუხტი, მით მეტია ინციდენტული მიწისძვრების მოვლენათა რაოდენობა.

აღნიშნული და სხვა ტექნოგენური ფაქტორები ხშირად ერთად მოქმედებენ. ამ შემთხვევაში ძლიერდება და ჩქარდება მიწისძვრა. მის კლასიკურ მაგალითად თვლიან 1976 წ. მიწისძვრას გაზღში. იგი იყო სემიპალატინსკისა და გაზმოპოვებითი აფეთქებების ურთიერთმოქმედების შედეგი [4]. მაშინ მეცნიერები მოითხოვდნენ – დამყარებული ყოფილიყო მათ წარმოებაზე უმკაცრესი კონტროლი, წინააღმდეგ შემთხვევაში მოსალოდნელი იყო ახლო მომავალში განმეორებულიყო კიდევ უფრო ძლიერი მიწისძვრა. მართლაც, არ გასულა 8 წელი და განმეორდა მიწისძვრა. მაშინ, როდესაც ბუნებრივ პირობებში მის განმეორებას დასჭირდებოდა არა ნაკლებ 10000 წელი [24]. მიწისძვრის ასეთი დაჩქარებისა და გაძლიერების ზონაშია კავკასია, შუა აზია, სადაც დღესაც არ ცხრება მიწისძვრები და მასთან დაკავშირებული სხვა მოვლენები. აღნიშნულიდან გამომდინარე წყალსაცავების მაგალითზე საშიში სიტუაცია იქმნება, როდესაც მათი სიღრმეები აღემატება 100 მ, ასევე როცა ადგილი აქვს წყლის დონეების მკვეთრ დაცემას, ან როდესაც ამგებელი ქანები ნაპრალოვანია, თუნდაც შრეებრივად არის განლაგებული; ასევე თუ ობიექტი დიდ ფართობს მოიცავს.

ასეთ პირობებს მოკლებულია მთის თანამედროვე გამყინვარება, რადგან საქართველოს მაგალითზე მყინვარების საშუალო სისქე ნაკლებია 50-60 მ. გამოთქმული იყო მოსაზრება, რომ 1832წ. 13 აგვისტოს მყინვარ დევდორაკის (ნახ. 4, 17, ნახ. 6) უძლიერესი კატასტროფული პულსაცია დაკავშირებული იყო შემახის (აზარბაიჯანი) ძლიერ მიწისძვრასთან [25]. ასეთი შემთხვევები მყინვარების მაგალითზე ამჟამადაც მრავალია, როდესაც ნაზღვლევ წყალმოვარდნას ხელი შეუწყო მიწისძვრებმა. აქ უნდა აღინიშნოს, რომ აქ მათი სიძლიერე არ აღემატება 2-3 ბალს, მაგარამ ხელს უწყობს კლდეზავების და მეწყერების მოქმედების განვითარებას. საერთოდ, რაც უფრო დიდია დედამიწის ზედაპირის აღგზნებული ტერიტორია, მით უფრო მეტად ვლინდება ძლიერი ჰიდრომეტეოროლოგიური ანომალიები. ამის მაგალითს ჩვენში 1989 წ. წარმოადგენს,

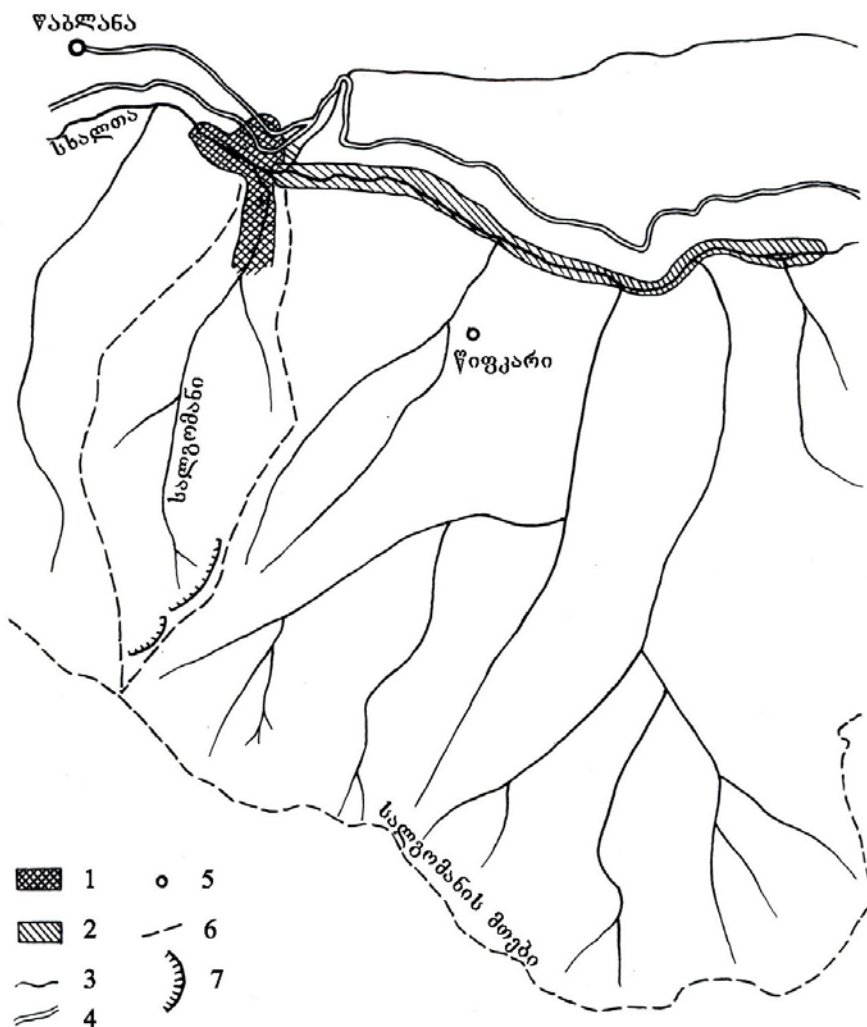
რომელიც მოჰყვა 1988 წ 7 დეკემბრის სპიტაკის ძლიერ კატასტროფულ მიწისძვრას.

1.4.2. 1989 წლის ზოგიერთი ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების ანომალიური ხასიათი და მასთან დაკავშირებული მოვლენების თავისებურებანი

1989 წელი გამოირჩეოდა ურთულესი ექსტრემალური ანომალიური პროცესებით. პირველ ასეთ სიტუაციას ადგილი ჰქონდა მარტ-აპრილში, სამხრეთ საქართველოს დასავლეთ რაიონებში, მდინარე ყვირილას წყალშემკრები აუზის ჩათვლით. აქ, როგორც ამტკიცებენ გეოლოგები, გავრცელდა 1988 წ 7 დეკემბრის სპიტაკის ძლიერი მიწისძვრის ტალღები 4-5 ბალის სიძლიერით, ხოლო შემდეგში რამდენჯერმე ადგილი ჰქონდა სხვადასხვა სიძლიერის მიწისქვეშა ბიძგებს, რის შედეგადაც დაირღვა გრუნტი - ნიადაგის მდგრადობა ფერდობებზე. მრავალ ადგილას გაჩნდა ნაპრალები; მარტი-მაისის თვეში დიდი სისქის (3-6 მ) თოვლის საფარის ინტენსიური დნობის და კოკისპირული წვიმების შედეგად ნაპრალებში დაგროვდა თოვლისა და წვიმის წყლის დიდი რაოდენობა; ძლიერად გაუღნითილი წყლით გრუნტი-ნიადაგის საფარი ვერ ჩერდებოდა ფერდობზე, მას მოჰყვა ძლიერი და ხშირი მეწყრები, კლდე-ზვავები, რომლებმაც დიდი ზარალი მიაყენეს ქვეყნის ეკონომიკას. 1989 წ 8-9 მარტს მეწყრები თოვლთან ერთად შეიჭრნენ ზესტაფონის რაიონის სოფლებში: ქვალეთში, მღეთაში, შროშაში, სანახშირეში, სვირში, ილეთში, არგვეთში, ქვედა საქარასა და ბასლევაში, ხარაგაულის რაიონის სოფლებში: კიცხში, წყალსურეთში, ვარძიაში, მაქათუბანში, ჩხერში, სადაც დაზიანდა 600-ზე მეტი საცხოვრებელი სახლი. ასობით ჰექტარი მიწა დაიფარა ჩამოტანილი ქვა-ღორღით და უვარგისი გახდა იგი აგრონომიული წესით დამუშავებისათვის. შეწყდა მოძრაობა რკინიგზის ხარაგაული-მარელისი, ზესტაფონი-ჭიათურის მონაკვეთებზე; ყველაზე დიდი მეწყერი, რომელმაც მიიპყრო ყურადღება, იყო მდ. ცხენისწყლის მარცხენა ფერდობიდან 15 მარტს ჩამოსული მეწყერი, რომელმაც დააგუბა მდინარე. თბილისი-ფოთის მაგისტრალური საავტომობილო გზის 685/748-

738/695 კმ მონაკვეთზე, ფერდობის მხარეზე, ყოველ 100-200 მეტრზე ჩამოსული იყო მეწყერები, რომელთა მოწყვეტის საზღვარი საშუალოდ 3-5 მ მაღლა გადიოდა ადრინდელი მოწყვეტის საზღვართან შედარებით. ბევრი მათგანი, განსაკუთრებით პირველ 10-12 კმ, რიკოთის გვირაბის დასავლეთით წარმოადგენენ ეგრეთ წოდებულ გრუნტული თოვლის ზეგებებს. ისინი შერჩენილი იყვნენ 1989 წ. ივლისის ბოლომდე, მაშინ, როდესაც სხვა, მეზობლად მდებარე თოვლის ზეგებების გამოზიდვის კონუსები დნობისაგან გამქრალნი იყვნენ მაისის ბოლოს და ივნისის დასაწყისში.

ინტენსიური იყო მეწყერები აჭარაში; ყველაზე დიდი დაფიქსირდა მდ. სხალთას ხეობაში, ხულოს რაიონის სოფელ წაბლანაში (ნახ. 8). აქ, 1989 წ. 19 აპრილს 19-20 საათზე მდ. სხალთას მარცხენა ფერდობზე საღგომანის მთას მოწყდა მეწყერი. მისი მოწყვეტის საზღვარი გადიოდა თითქმის მთის წყალგამყოფზე, 300-400 მ მანძილზე. მეწყერი ჩამოვიდა ორ ტალღად. პირველი ტალღის დროს მთლიანად იქნა დამარხული სოფელი წაბლანა, სადაც ცხოვრობდა 4 ოჯახი. ამასთან, მეწყერმა ჩახერგა მდ. სხალთას ხეობა. მას მოჰყვა მეორე ტალღა, რომლის დროს დაიდუბა მგზავრები, რომლებიც საშველად იყვნენ მოსულნი. მეორედ ჩამოსულმა მეწყერმა კიდევ გააძლიერა მდინარის ჩახერგილი უბანი, დამარხა საავტომობილო გზა, რომელიც მოპირდაპირე (მარჯვენა) ფერდობზე გადიოდა. ჩახერგილი მასის საერთო მოცულობა შეადგენდა 1,3 მლნ. მ³, სიგანე კი მდ. სხალთას გასწვრივ — 450 მ, სისქე ჩახერგილი კაშხლის თხემამდე 45 მ. ჩახერგილი კაშხლის ზემოთ მდ. სხალთა დაგუბდა და წარმოიშვა დაგუბებული ტბა, რომელსაც 1989 წ. 21 აპრილის 17 საათისათვის ჰქონდა — სიგრძე 2,5 კმ, სიგანე საშუალოდ 75 მ, კაშხალთან - 110-120 მ, სიღრმე - 30 მ (კაშხალთან). მისი მოცულობა შეადგენდა 2,8-3,0 მლნ. მ³, მდ. სხალთას წყლის ხარჯის 20,0 მ³/წმ და წყლის ფილტრაციის 0,2-0,3 მ³/წმ-ის დროს.



ნახ. 8. მდ. სხალთას კლდე-ზვავებით ჩახერბილი უბანი და დაბუბებული ტბა სოფ.ვაზლანაში (1989 წლის 14 აპრილი). (1. ჩახერგილი უბანი; 2-დაბუბებული ტბა; 3-მდინარე; 4-გზა; 5-სოფელი; 6-ბილიკი; 7-კლდოვანი ნაპირები).

დაბუბებული ტბის გარღვევისა და მასთან დაკავშირებული კატასტროფული წყალმოვარდნის თავიდან აცილების მიზნით, ტბის შეესების დროიდან დაწყებულ იქნა არხის

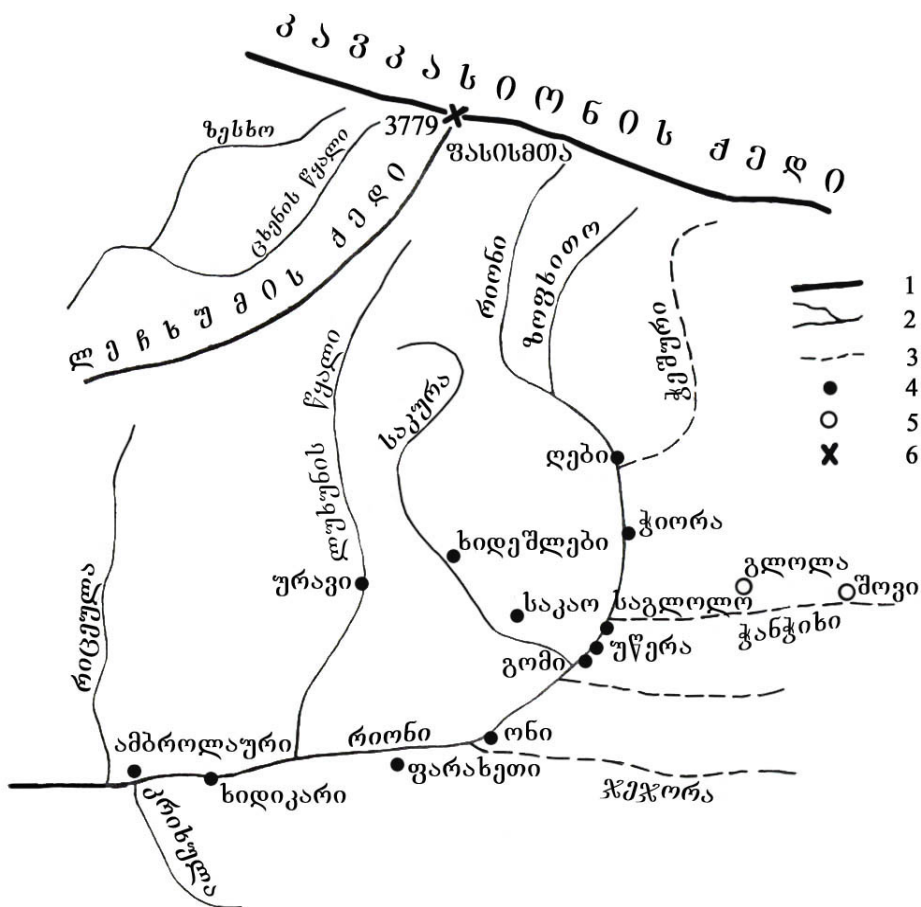
გაყვანა გამოზიდვის კონუსისა და მარჯვენა ფერდობის კონტაქტთან (ნახ. 9). არხით ძირს დაეშვა დაგუბებული წყალი და ამით თავიდან იქნა აცილებული საშიში წყალმოვარდნა.



ნახ. 9. მდ. სხალთას კლდე-ზვავით ჩახერბილი უბანი და დაგუბებული ტბა 1989წ 14 IV (სოფ. წაბლანა).

1989 წ 21 აპრილს მსგავსი მძლავრი მეწყერი ჩამოვიდა რიკოთულას გვირაბის აღმოსავლეთ პორტალიდან 400-500 მ ქვემოთ მდ. სურამულას მარცხენა ფერდობიდან. მეწყერის მოწყვეტის საზღვარი გადიოდა 70-90 მ სიმაღლეზე, 80-100 მ სიგანით; მან დაფარა გზა 100-130 მ სიგრძით, 5-6 მ სისქით, რის შედეგად 2 დღით შეწყდა ტრანსპორტის მოძრაობა. უფრო ხანგრძლივი პერიოდით დაიკეტა თბილისი-ყაზბეგის მაგისტრალური საავტომობილო გზა მე-80 კმ, სოფელ მლე-თასთან, მდ. თეთრი არაგვის ხეობის მარცხენა ფერდობიდან 1989 წ 6 მაისს ჩამოსული მეწყერის გამო. ამ დღეს მეწყერის ჩამოსვლას ადგილი ჰქონდა ორჯერ, შემდეგ პერიოდულად გაგრძელდა იმავე წლის 20 მაისამდე. ამით დამთავრდა მეწყერების აქტივობის პირველი პერიოდი. მეორე პერიოდი განმეორდა შუა ზაფხულში, ამჯერად მდინარე რიონის

სათავეებში. იგი დაიწყო 12 აგვისტოს, ღამით. მაშინ, ღამის საათებში მოვიდა 12-30 მმ წვიმა, რომელიც მთლიანად ჩაიჟონა ნიადაგში და მდინარეების წყლის რეჟიმი თითქმის არ შეუცვლია. ორი დღის შემდეგ, 15 აგვისტოს კელაჟ განმეორდა წვიმა. 5-14 საათებში მოვიდა: 15 მმ მამისონის უღელტეხილზე (2854 მ), 25 მმ შოგში (1507 მ), 23 მმ ონში (788 მ), 35 მმ ამბროლაურში (544 მ) და 44 მმ ალპანაში (366 მ). მაგრამ უფრო ძლიერ თავსხმა წვიმებს, რომელსაც თან ახლდა ძლიერი სეტყვაც, ადგილი ჰქონდა მდინარე რიონის მარჯვენა მხარეს; მისი ცენტრი მდებარეობდა თვით მდ. რიონისა და მისი მარჯვენა შენაკადების მდ. საკაურასა და ლუხუშის წყლის სათავეების შესაყარში (ნახ. 10). მას მოჰყვა დიდი წყალმოვარდნა, რომლის მაქსიმალურმა დონემ და წყლის ხარჯმა გაიარეს 11-14 საათებში (ნახ. 11). წყლის დონემ 140-240 სმ გადააჭარბა წინა დღის წყლის დონეებს. იგი შეადგენდა 350 სმ (146 სმ) მდ. რიონი - ქ. ონთან და 375 სმ (202 სმ) მდ. რიონი - სოფ. ალპანასთან. (ფრჩხილებში ნაჩვენებია წყალმოვარდნამდე წინა დღის დონეები გრაფიკის ნულიდან). კიდევ უფრო მეტი იყო წყლის მაქსიმალური დონეები მდ. საკაურასა და ლუხუშის წყალზე, სადაც მათი მნიშვნელობები შეადგენდნენ 3-4 მ წინა დღის დონეებთან შედარებით. საერთო მატება დაბალ დონეებთან შედარებით შეადგენდა შესაბამისად 288 სმ და 255 სმ; ამასთან, ონში წყლის დონემ 40 სმ-ით გადააჭარბა მრავალწლიურ მაქსიმალურ დონეს, რომელსაც ადგილი ჰქონდა 1960 წ. 6 ივნისს. სოფ. ალპანასთან ეს დონე, პირიქით, 75 სმ-ით ნაკლები იყო 1922 წ. 22 ოქტომბრის კატასტროფული წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალურ დონეზე. წყლის დონეების ასეთ უეცარ მატებას ადგილი არ ჰქონია მდ. რიონის მარცხენა შენაკადებზე (ჭანჭახი-შესართავისა და ჯეჯორა-სოფ. პიპილეტის მონაცემებით). აქ დონის მატება არ იყო 25-30 სმ-ზე მეტი, რაც კარგად ჩანს ნახ. 11-ზე წარმოდგენილი ჰიდროგრაფებიდან. თვით ამ თავსხმა წვიმების ცენტრის არეში მოექცა მდ. ცხენისწყლისა და მისი მარჯვენა შენაკადის მდ. ზესხოს სათავეები; აქაც, თავსხმა წვიმებს მოჰყვა წყალმოვარდნა, რომლის წყლის მაქსიმალურმა დონემ გადააჭარბა 148 სმ, ზესხო-სოფ. ზესხოსთან, 155, 202 და 205 სმ, შესაბამისად მდ.



ნახ. 10. მლ. რიონის ზემო წელის ჰიდროგრაფიული სქემა 1989 წლის 15 აგვისტოს წყალმოვარდნის გავრცელების საზღვრებში.

1-წყალგამყოფი ქედი; 2-მდინარეები, სადაც გაიარა 1989 წლის 15 აგვისტოს წყალმოვარდნა; 3-მდინარეები, სადაც არ გაუვლია 1989 წლის 15 აგვისტოს წყალმოვარდნა; 4-დასახლებული პუნქტები. 5-დასახლებული პუნქტები, სადაც არ გაუვლია 1989 წლის 15 აგვისტოს წყალმოვარდნა. 6-მწვერვალი.

ცხენისწყალის სოფ. ლუჯთან, რცხმელურთან და ხიდთან წინა დღის დონეებს. მაგრამ თვით ეს დონე იმავე წლის წყლის მაქსიმალურ დონეზე ნაკლები იყო, ასევე ნაკლები იყო მრავალწლიურ წყლის მაქსიმალურ დონეებზე. იმავე ნახაზზე ნათლად ჩანს, რომ 22 აგვისტოს თავსხმა წვიმების ცენტრმა გადაინაცვლა მდ. ჭანჭახის სათავეებისაკენ. აქ, მამისონის უღელტეხილის მონაცემებით, ნალექების რაოდენობა წვიმების სახით შეადგენდა 50 მმ-ს, ქვემოთ კი ნალექები 20-30 მმ-ზე ნაკლები იყო. მაგრამ ამ წვიმებს დიდი ცვლილებები არ გამოუწვევია დონეების რეჟიმში; წყლის დონის მატება 20-30 სმ-ზე ნაკლები იყო, რაც წყალმოვარდნათაც არ ჩაითვლება; მოყვანილი მონაცემები ამტკიცებს, რომ აღნიშნულ მდინარეთა სათავეების შესაყარ რაიონში ადგილი ჰქონდა ძლიერ თავსხმა წვიმებს, რომლის მსგავსი არ ახსოვს უხუცეს ადამიანებსაც. ამას, თავის მხრივ, ადასტურებს 15 აგვისტოს წყალმოვარდნის კატასტროფული ხასიათი, რომლის მსგავსს ადგილი არ ჰქონია, ყოველ შემთხვევაში, 1725 წ – მეფე ვახტანგ მეექვსესა და მისი ათას ორასიანი ჯარის გავლის შემდეგ. უფრო მეტი ყოფილა ვიდრე 1895 და 1922 წწ ოქტომბერის წყალმოვარდნების წყლის მაქსიმალურ დონეებზე. ამაზე შედეგები მეტყველებენ. აღიდებულმა მდ. რიონმა ღები-ონის მონაკვეთზე მწყობრიდან გამოიყვანა და სრულიად უვარგისი გახადა 30 კმ სიგრძის მაგისტრალური საავტომობილო გზა, დაანგრია სოფ. საგლოლოში, სოფ. გლოლასა და კურორტ შოვთან დამაკავშირებელი 5 კაპიტალური ხიდი, სოფ. ღებში ორი ხიდი, ფარახეთსა და გომში თითო ხიდი. წალეკა და წაიღო ხუთი მაღალი ძაბვის ანძა. საგლოლო-ღების უბანზე კი 10კმ სიგრძის ელექტროგადამცემი ხაზი. მოშალა 48 კმ სიგრძის კავშირგაბმულობის კომუნიკაციები, წაიღო 4 საცხოვრებელი სახლი სოფელ ჟამურეთში, 2 – სოფელ ღებში, ასფალტის ქარხანა, საწყოები, მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა თავისი საქმიანი ეზოებით და ორი სახერხი ქარხანა ქ. ონში; მოშალა და მწყობრიდან გამოიყვანა ქ. ონის ჟიჟორეთის წყალსადენი, გაარღვია, გადააბრუნა და წაიღო უკანასკნელ წლებში ძვირადღირებული ჯებირი ჭიორას ჭალაზე. დატბორა სოფელ ხიდიკარის სამკურნალო აბანო, წაიღო მისი სოფლის კოლმეურნეობის ფერმა. აღიდებულმა მდ. საკაურამ სოფ.

დების, ხიდემლებისა და საკაოს მიდამოებში მოგლიჯა და წაიღო 5 ხიდი. კრიხულამ ამბროლაურში დააზიანა წყალსადენი, ქუჩები, დაანგრია ნაპირ-სამაგრი ჯებირები, დატბორა 60 – ბინიანი საცხოვრებელი სახლის პირველი სართული და ეზო, საგზაო მშენებლობის საქმიანი ეზოები, მდ. რიცეულამ მთლიანად გადარეცხა წესურების ტყეში მისასვლელი გზები, დააზიანა სასოფლო სამეურნეო სავარგულები. იგივე განმეორდა ღუხუმის წყლისა და ასკის წყალმოვარდნის დროს.

მდინარე რიონის ხეობაში, მთავარი გზის პირას გაჩნდა მეწყერების მრავალი უბანი; ზოგი სახლი და კარმიდამო ხეობის ძირას ჩამოიტანა. მარტო სოფ. დებში 30-ზე მეტი ოჯახი დააზიანა, მდინარის პირას ათობით კექტარი სავარგულები დამუშავებისათვის სრულიად უვარგისი გახდა.

მთლიანად სტიქიურმა უბედურებამ 19 მლნ დოლარის ზარალი მიაყენა ონისა (17 მლნ დოლარი) და ამბროლაურის რაიონების ეკონომიკას.

მესამე პერიოდი დაიწყო ნოემბერში; თვის ბოლო სამი დღის განმავლობაში ადგილი ჰქონდა ინტენსიურ განუწყვეტელ თოვას, რომლის შედეგად თოვლის საფარის სისქემ საშუალოდ მიაღწია 185 სმ. მთებში კი გადააჭარბა 2 მ-ს. ამას მოჰყვა კოკისპირული წვიმები, რამაც გამოიწვია თოვლის საფარის ინტენსიური დნობა და ყოველივე ამან ბევრგან წარმოშვა მეწყერები. აჭარაში, სოფელ განახლებაში მეწყერული ზონიდან 10 ოჯახი გახიზნეს. ახალი მეწყერი გაჩნდა ხისაძირში, არგანეთის მთა კვლავ გაიბზარა და საფრთხე შეუქმნა სოფ. თავოს, ასეთივე მდგომარეობა შეიქმნა სოფ. კორტოხში. სოფ. აჭარისწყალში ისევ ჩამოვიდა მეწყერი 100000 მ³ მოცულობით და კვლავ გადაკეტა ცენტრალური გზა და მდ. აჭარისწყალი. დაგუბების უბანში დაიწყო მდინარის წყლის დონის ინტენსიური მატება. დატბორვა ემუქრებოდა მდინარის მიმდებარე ტერიტორიაზე განლაგებულ სხვადასხვა სახის სამეურნეო ობიექტებს, მაგრამ თვით მდინარემ გაარღვია ჩახერგილი მეწყერული კაშხალი და ამით გადარჩა რაიონის დოვლათი სტიქიისაგან, თუმცა მწყობრიდან გამოვიდა 200 მ სიგრძის გზის მონაკვეთი, ელექტრო და სატელეფონო ხაზები. მეორე ასეთ დიდ კერას ადგილი ჰქონდა ღუხუმში. როცა განმეორდა მეწყერების ჩამოსვლა ცაგერში, იმ ადგილებში,

სადაც წლის დასაწყისში ჰქონდა აღვილი. ამასთან, გაჩნდა ახალი მეწყერები სოფ. ბარდნალაში, ლუხვანსა და თვით რაიონულ ცენტრში — ცაგერში. საერთოდ კი, მაშინ წვიმების შედეგად გაძლიერდა მეწყერები, რომლებიც შეეხო ცაგერის რაიონის თითქმის ყველა კუთხეს; ძლიერი მეწყერი იყო 9 სოფელში, სადაც მთლიანად დანგრეულ იქნა 7 საცხოვრებელი სახლი, საცხოვრებლად უვარგისი გახდა 300-მდე სახლი, ჩხუტელის, აღვის, წიფელის, ქვედა ცაგერის, ლაჯანას, ლაცორიის, საათაგორის, ღვრისის, წილამურისა და ზუბის სოფლებში. 27 ნოემბერს ქ. ცაგერში მეწყერმა ჩააქცია სოფ. ზედა ღვრისის სასაფლაო, რომელიც ასეული წლობით არსებობდა. მდინარის ადიდების შედეგად დაიტბორა ცაგერში საცხოვრებელი სახლების პირველი სართულები. ადიდებული მდ. ლაჯანური შეიჭრა სოფ. ლაჯანაში, ხოლო სოფ. ჩხუტელში ადიდებულმა ღელემ იმსხვერპლა ადამიანის სიცოცხლე.

2. ნაზღვლევი წყალდიდობები და წყალმოვარდნები საქართველოში

2.1. ნაზღვლევი წყალდიდობების და წყალმოვარდნების შესწავლის სამართო ცნობები

ნაზღვლევი წყალდიდობა და წყალმოვარდნა არის მდინარის წყლის რეჟიმის ერთ-ერთი სახე, რომელიც გამოწვეულია მდინარის ხეობის ჩახერგვით, მისი დაგუბებითა და ჩახერგილი უბნის გარღვევით. თავისი ბუნებით ნაზღვლევი წყალდიდობა და წყალმოვარდნა მიეკუთვნება საშიშ კატასტროფულ მოვლენათა კატეგორიას, რომელიც ისევე საშიშია მოსახლეობისათვის, როგორც მიწისძვრა, ქარიშხალი და სხვა. მას მთის მოსახლეობა უხსოვარი დროიდან იცნობს. განსაკუთრებით ყურადღების ცენტრში იყო მყინვარების პულსაციასთან დაკავშირებული ნაზღვლევი წყალდიდობა, რომელიც ცნობილია ლიტერატურაში „ყაზბეგის ჩამონაქცევის“ სახელწოდებით. მას ადგილი ჰქონდა 1776, 1785, 1808, 1817, 1832, 1844 და 1854 წწ მყინვარ დეველორაკზე, რომელიც დღესაც გრძელდება: 2002 წწ მყინვარ კოლკაზე და 2007 წ 2 აგვისტო მყინვარ დეველორაკზე და სხვა. მაშინ ჩატარდა სპეციალური საველე კვლევა-ძიება მათი ბუნების შესწავლისათვის. ამას ხელს უწყობდა ის ვითარება, რომ მყინვარების პულსაციასთან დაკავშირებული გლაციალური მოვლენები გამოირჩეოდნენ დიდი კატასტროფულობით და გაგრცელების ფართო მასშტაბით. მიღებული შედეგები დროულად შექდებოდა მრავალ გლაციოლოგიურ და საგზაო მშენებლობის ლიტერატურაში. ისინი არაერთხელ ყოფილა აღნიშნული მოვლენების განზოგადების საფუძველი. მათ დღესაც არ დაუკარგავთ თავისი მნიშვნელობა და წარმოადგენენ ერთ-ერთ წყაროს მყინვარების პულსაციასთან დაკავშირებული მოვლენების რესტავრაციისა და ანალიზისათვის.

შემდგომში მსგავს წყალმოვარდნებსა და წყალდიდობებს არაერთხელ ჰქონია ადგილი, მაგრამ საჭირო გამოხმაურება არ მიუღია ლიტერატურაში, რჩებოდა კვლევა-ძიების გარეშე,

რადგან თვლიდნენ მათ მთის ჩვეულებრივ მოვლენად. ამას ხელს უწყობდა ის ვითარება, რომ შენეღდა მყინვარების პულსაციის პროცესები და თუ ჰქონდა ადგილი (1969 წ. მყინვარი კოლკა) მათთან დაკავშირებულ შედეგებს უვნებლად ჩაუვლიათ. ყოველივე ზემოთ ნათქვამის გამო არ დამუშავებულა და არ შედგენილა სპეციალური დაკვირვების, დამუშავებისა და სისტემატიზაციის მეთოდოლოგია. მაგრამ ბოლო 10-15 წ განმავლობაში გახშირდა კლდე-ზვავებითა და მეწყრებით მდინარის ხეობების ჩახერგვები, დაგუბებები, გარღვევები და კატასტროფული წყალმოვარდნები, რომლებმაც ასობით მილიონი დოლარის ზარალი მოუტანა ქვეყნის ეკონომიკას. კვლავ გამახვილდა ყურადღება ზემოთ აღნიშნულ კატასტროფულ მოვლენებზე; მოეწყო არაერთი სპეციალური ექსპედიცია, რის საფუძველზეც დაგროვდა მდიდარი მასალა, რომელსაც დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. უპირველეს ყოვლისა ისინი საჭიროა ნაზღვლევი წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების წინააღმდეგ ბრძოლის მეცნიერული კონცეფციის შემუშავებისათვის.

მაგრამ ნაზღვლევი წყალდიდობა და წყალმოვარდნა თავისი გენეზისით არ არის ერთგვაროვანი, რადგან თვით ეს პროცესი სხვადასხვაა და იგი დაკავშირებულია მიწისძვრასთან, მყინვარულ და ვულკანურ მოქმედებებთან, ეგზოგენურ პროცესებთან, ასევე, მდინარის ყინულოვან მოვლენებთან. მათი ზეგავლენით წარმოშობილი ნაზღვლევი წყალმოვარდნები და წყალდიდობები მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისგან თავიანთი ხასიათით, სიძლიერით, გაანგარიშება – პროგნოზირებით, მასშტაბებით და ბრძოლის მეთოდებით.

2.2. მყინვარული ნაზღვლევი წყალმოვარდნა

მყინვარულ ნაზღვლევი წყალმოვარდნას ადგილი აქვს მყინვარების წინ წასვლისა და უკან დახევის დროს. ამასთან დაკავშირებულია დაგუბებული ტბების წარმოშობა, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან თავიანთი სიძლიერით, ხანგრძლივობით, ხასიათით და სხვა თვისებებით. ამიტომ ცალკე გამოიყოფა მყინვარების წინ წამოსვლისა და უკან დახევის შედეგად წარმოშობილი დაგუბებული ტბები.

2.2.1. მყინვარების წინწამოსვლის პროცესებთან დაკავშირებული დაზუბავალი ტბები

მყინვარის რეჟიმში დამახასიათებელია მყინვარების წინ სვლა. ჩვეულებრივ პირობებში მათი გადაადგილება შეადგენს 35-60 მ-ს წელიწადში. მაგრამ არის შემთხვევები, როდესაც მყინვარები უეცრად ამოძრავდებიან და დიდი სიჩქარით (რამდენიმე წუთში) ძირს ეშვებიან 10-12 კმ. მათ მშფოთვარე (პულსაციური) მყინვარებს უწოდებენ. ძირს დაშვებული მყინვარები მარხავენ და ანგრევენ ყველაფერს, რაც კი შეხვდებით გზაზე.

მსგავს მყინვარულ კატასტროფებს ხშირად აქვს ადგილი კავკასიონზე, მათ შორის საქართველოშიც. ამ მხრივ, განსაკუთრებით გამოირჩევა მყინვარწვერის გამყინვარების რაიონი (14-15, ნახ. 6) და ცნობილია ისტორიაში ყაზბეგის ჩამონაქცევის სახელწოდებით. მას, მყინვარ დევდორაის პულსაციის (15, ნახ. 6) შედეგად, ადგილი ჰქონდა 1776, 1785, 1808, 1817, 1832, 1842 და 1854 წწ. მაშინ მყინვარმა კატასტროფულად წინ წაიწია 3-5 კმ, შედეგად დაირღვა მყინვარის მასის მთლიანობა. აღნიშნულ მანძილზე ჩაიხერგა ხეობა ყინულისა და კლდის ღოდებით, მორენებით, ქვა-ღორღით. როგორც დარჩენილ, ასევე წინ წამოსული მყინვარის ენის გავრცელების ზონაში გაჩნდა უამრავი ურთიერთგადახლართული ყინულოვანი ნაპრალები, ჩავარდნილი და ამოწეული რელიეფის ფორმები, ყინულში და ყინულქვეშ სიცარიელები. ადგილი ჰქონდა ნადნობი წყლის დაგროვებას, რომელიც კიდევ უფრო აძლიერებდა წინ წამოსული მყინვარის კატასტროფულ მდგომარეობას. ხშირი იყო შემთხვევა, როცა დაგუბებული წყალი მაღალი წყლის ტემპერატურის გამო აღნობდა ყინულოვან ჯებირებს და აღწევდა ხეობის ძირას, სადაც იგი აღადგენდა ძველ მდინარეულ კალაპოტს. მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ იგი გადახურული იყო ყინულისა და მორენების მძლავრი ფენით. ამასთან, არის შემთხვევებიც, როცა ყინულოვანი ჯებირების დნობის პროცესი ჩამორჩება წყლის დაგროვებას. ამის გამო, ნადნობი წყალი ინტენსიურად გროვდებოდა აღნიშნული რელიეფის უარყოფით ფორმებში; ეს

უკანასკნელი კი დიდი დაწოლის გამო არღვევდა ყინულოვან ჯებირებს, რასაც მოსდევდა კატასტროფული წყალმოვარდნა. უძლიერესი კატასტროფული ხასიათი 1832 წ. 20 აგვისტოს მომხდარმა წყალმოვარდნამ მიიღო. მაშინ, დევდორაის წინწამოწეული ენის 12-13 მლნ.მ³ მოცულობის მასამ მთის ნაშალ მასალასთან ერთად ამოავსო მდ. დევდორაისწყლის ხეობა, ზემოთ დაგუბდა წყალი, შემდეგ გაარღვია ყინულოვანი ჯებირი, წყალი დაეშვა ძირს და მის გაგრძელებაზე მდინარე ამალი გადააქცია გლაციალურ ღვარცოფად (15, ნახ. 6). ამ უკანასკნელმა დიდი (40-50 მ/წმ) სიჩქარით ჩამოიტანა უფრო დაბლა 15 მლნ.მ³ მოცულობის ნაშალი მასა, რომელიც ყინულის, თოვლის, ფირნის, ქვის ლოდებისა და ქვადორღისაგან შედგებოდა. მან ჩახერგა მდ. თერგი ღარიადის ხეობაში, სოფ. გველეთის ქვემოთ, 2 კმ სიგრძეზე, 90-100 მ სისქით. 4 საათით შეჩერდა მდ. თერგის დინება. მის ზემოთ დაგუბდა წყალი, რომლის მოცულობამ მიაღწია 20-25 მლნ.მ³-ს, სიღრმემ 80-90 მ-ს, შემდეგ გაარღვია ყინულის ჯებირი. მას მოჰყვა კატასტროფული წყალმოვარდნა, რომელმაც დიდი ზარალი მიაყენა მდ. თერგის ხეობის მოსახლეობას, ღარიადის ხეობის ქვემოთ თითქმის კასპიის ზღვამდე.

მსგავსი მოვლენა განმეორდა 1902 წ.; ამჯერად მყინვარწვერის ჩრდილოეთ ფერდობზე და ისტორიაში ცნობილია სამეხას (გენალდონის) კატასტროფის სახელწოდებით. მყინვარი კოლკას პულსაციის შედეგად (14, ნახ. 6) წინ წამოსულმა თოვლის, ყინულის, ქვებისა და კლდის ლოდებით შემდგარმა ნაკადმა დიდი ზარალი მიაყენა მოსახლეობას, გაანადგურა კურორტი ტმენიკაუ; 12 კმ მანძილზე გენალდონის ხეობა აქცია საშინელ სანახაობად. ამ სიგრძეზე ხეობა ამოივსო 100-140 მ სისქის, 70-75 მლნ.მ³ მოცულობის ჩამოტანილი მასით, რომელმაც 10-12 წელი იარსება.

მყინვარების პულსაციას პერიოდული ხასიათი აქვს. მაგალითად, მყინვარმა კოლკამ 1969 წ. 29 სექტემბერსა და 20 ნოემბერს ორი ტალღით გაიარა პულსაციის მორიგი ციკლი. [27,39,40,47]. მაშინ, წინ წამოსულმა მყინვარმა 4,5 კმ სიგრძით, 100-120 მ სისქით ამოავსო მდინარე გენალდონის ზემო წელის ხეობა. მაგრამ მყინვარის ამ პულსაციას კატასტროფული წყალდიდობა არ გამოუწვევია. თოვლისა და მყინვარის ნაღწობმა წყალმა ადვილად გაიკვლია გზა ჩახერგილი მასის

ძირას და წყლის დაგუბება არ მოყოლია, შენეღდა დნობაც, ამით გენაღდონის ხეობა გადაურჩა მორიგ კატასტროფას. მსგავსი მოვლენები ცნობილია სხვაგანაც. 1963 წ. მაის-ივნისში მეღვევის მყინვარმა (პამირი) უეცრად წინ წაიწია და გადაკეტა მდ. ვანჩას ზემო წელის შენაკადი აბდუკაგორი, გამოიწვია მასში წყლის დაგუბება. წარმოიშვა 80 მ სიღრმის, 20-25 მლნ მ³ მოცულობის იმავე სახელწოდების ტბა [19,20]. ასევე 1840 წ. მდ. ინდი (ჰიმალაი) 250 მ გადაკეტა წინწამოსულმა მყინვარმა.

მყინვარების პულსაცია შეიძლება გამოიწვიოს არა მარტო მყინვარების ენდოგენურმა, არამედ ეგზოგენურმა პროცესებმაც. ამის ტიპურ მაგალითს წარმოადგენს მყინვარი აბანო ყაზბეგის გამყინვარებიდან (16, ნახ. 6). აქ, 1909 წ. ივნისის პირველ რიცხვებში მყინვარის მარცხენა მხარეზე, ყინულ ჩანჩქერთან ახლოს მდებარე მთა ბაგნას (4048 მ) მოსწყდა უზარმაზარი სამხრეთ ფერდობი, რომელიც კლდე-ზვავის სახით დაეცა მყინვარ აბანოს 3550-3560 მ სიმაღლეზე ზღვის დონიდან და დაიკავა მთელი მისი 350-400 მ სიგანის ზედაპირი [21,25,47]. ფაქტიურად, ეს იყო მყინვართა დაკავებული ხეობის კლდე-ზვავით ჩახერგვის ერთ-ერთი მაგალითი. დაცემამ მყინვარ აბანოს 1,82 კმ სიგრძის ენა ფაქტიურად მოსწყვიტა და წინ წაწია რამდენიმე ათეული მეტრით. ამ პროცესის გამო დაირღვა მყინვარ აბანოს მდგრადობის პირობები. გაჩნდა უამრავი ურთიერთშორის გადახლართული სხვადასხვა სიგრძის, სიღრმისა და სიგანის ნაპრაღთა ქსელი, ჩავარდნილი და ამაღლებული ადგილები, ყინულშიდა და ყინულქვეშა სიცარიელები; შეიქმნა ყველა ის პირობა, რომელიც იწვევს წყლის დაგროვებას. გაჩნდა უამრავი პატარ-პატარა ღია და დახურული ტბები. ამან თავის მხრივ კიდევ უფრო გააძლიერა მყინვარის კატასტროფული მდგომარეობა. დაახლოებით მეექვსე დღეს, ე.ი. 1909 წ. 6 ივნისს დაგუბებული წყლის დაწოლის შედეგად გაირღვა ჯებირები და ძირს დაეშვა წყლის ნაკადი, რომელსაც მოჰყვა გლაციალური ღვარცოფი. მან მდ. ჩხერის ხეობაში დიდი ზარალი მიაყენა სოფ. გერგეთს, ჩახერგა სამხედრო გზა, ხიდი და მდ. თერგი ყაზბეგთან. ჩახერგვა იმდენად ძლიერი იყო, რომ 2 საათით შეაჩერა მდ. თერგის დინება. ჩახერგილი უბნიდან 15 კმ ქვემოთ სოფ. გველეთის მცხოვრებნი განცვიფრებულნი იყვნენ მდინარის ასეთი უჩვეულო „დაშრობის“ გამო; ორი

საათის შემდეგ გაირღვა ჯებირი და წყლის ნაკადი ძირს დაეშვა წყალმოვარდნის სახით. მომდევნო დღეებშიც ადგილი ჰქონდა მყინვარის დნობას, მაგრამ წყალი თავისუფლად გაედინებოდა მყინვარიდან. ხოლო ნარჩენი წყალი ზამთრის დღეებში გაიყინა და გადაკეტა წყლის სადენი გზები. მომავალი წლის გაზაფხულზე კი მას ისევ მოჰყვა წყლის დაგროვება აღწერილ უარყოფით ფორმებში. წყლის ზედმეტ დაგროვებას კი კაშხლების გარღვევა იგი განმეორდა 4-ჯერ - 14, 27, 29 ივნისს და 3 ივლისს [21,25,47]. ძირს დაშვებულმა წყალმა იმავე დღეებში გამოიწვია დიდი წყალმოვარდნები; უძლიერესი იყო ის 29 ივნისს, რომელმაც 1909 წ. 6 ივნისის წყალმოვარდნის მსგავსად დიდი ზარალი მიაყენა სოფ. გერგეთს და ჩახერგა მდ. თერგი მდ. ჩხერის შესართავთან. სამწუხაროდ, სხვა ცნობები წყლის მაქსიმალური ხარჯების შესახებ არ გაგვანია. მაგრამ გარღვევები რომ მომხდარი ყოფილიყო ერთხელ, მაშინ უფრო ძლიერ კატასტროფულ წყალმოვარდნას ექნებოდა ადგილი. საერთოდ კი, მიღებული შედეგები ადასტურებენ ბოლო წლებში გამოთქმულ დებულებას იმის შესახებ, რომ, რაც უფრო ხშირად ხდება დაგუბებული ტბის დაცლა, მით ნაკლებია მისი გარღვევების შედეგად წარმოშობილი წყალმოვარდნების წყლის მაქსიმალური ხარჯები და პირიქით. მაგალითად, ისლანდიის გრიმსვოტის რაიონში დაგუბებული ტბის გარღვევას ადრინდელ წლებში ადგილი ჰქონდა ყოველ 9-12 წლის შემდეგ; მაშინ მის შედეგად წარმოშობილ წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი აღწევდა 40000 მ³/წმ. [18,19,26] მაგრამ ბოლო წლებში უფრო გახშირდა მისი გარღვევა და ადგილი ჰქონდა ყოველ 4-6 წლის შემდეგ. ასეთი ხშირი დაცლის გამო გამოწვეული წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი გარღვევის ადგილას არ აღემატებოდა 10500 მ³/წმ. [18,19,26].

2.2.2. მყინვარების უკანადახმავსთან დაკავშირებული დაბუზბული ტბები

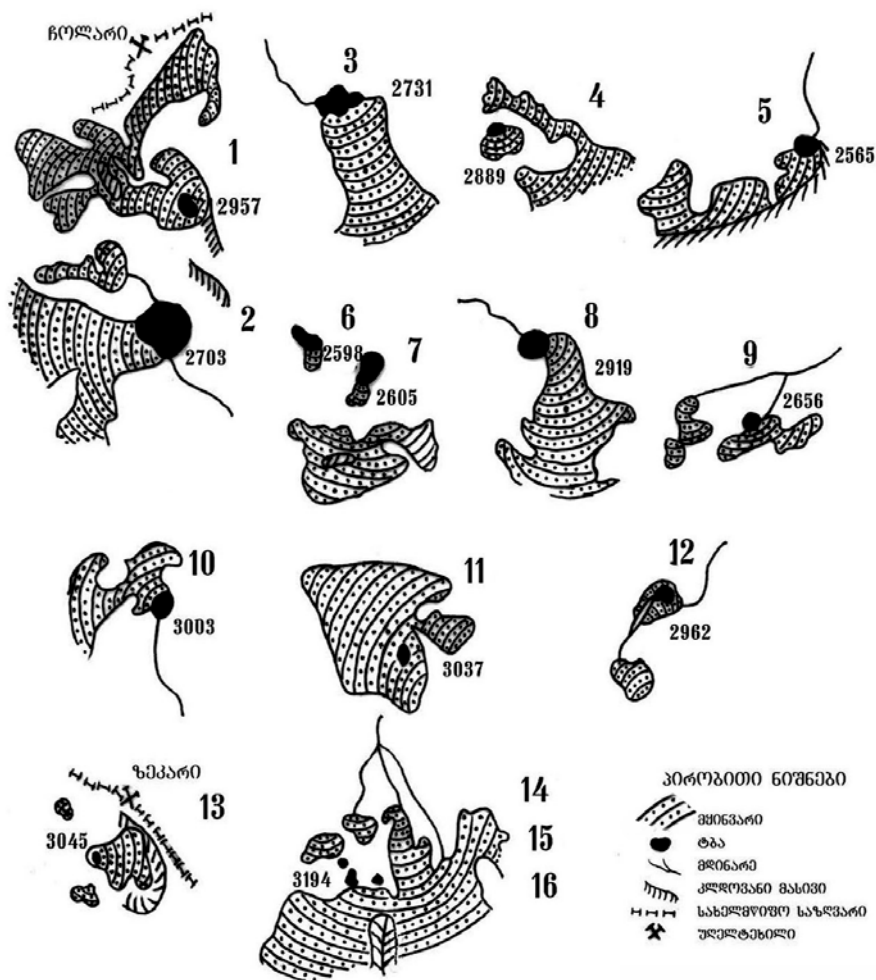
მყინვარებს ახასიათებს უკან დახევაც, (რომელიც ძირითადად დაიწყო „ვარნაუს“ სტადიიდან, 1850წ) რის შედეგადაც ისინი ტოვებენ მათ მიერ ჩამოტანილ ნაშალ

მასალას, ე.წ., ბოლო მორენებს. ასევე ჩნდებოდა რელიეფის უამრავი უარყოფითი ფორმები, სადაც გროვდებოდა წყალი და წარმოიქმნებოდა მორენული დაგუბებული ტბები. მათ ახასიათებთ ფართო გავრცელება დასავლეთი კავკასიონის ნივალურ-გლაციალურ ზონაში, უკავიათ უმნიშვნელო ფართობები (100-დან 10000 მ²-ნდე) და სიღრმე (0,5-დან 10 მ-მდე) [1,22,23]. ისინი მყინვარის ენის დაბოლოებაზე არიან მიბჯენილი, ან უშუალოდ მყინვარში არიან მოთავსებული, ზოგიერთი მათგანის გარღვევას მნიშვნელოვანი წყალმოვარდნა და გლაციალური ღვარცოფი მოყვება [1,22,23]. ამ კატეგორიას ეკუთვნის ცილის ტბათა ჯგუფი (18, ნახ. 6) წარმოშობილი იმავე სახელწოდების მყინვარის უკან დახევის შედეგად მდ. თერგის სათავეში; ასეთია კარდივანის ტბათა ჯგუფიც (2, ნახ. 6) მდ. მზიმთას ზემო წელში კარდივანის მყინვარების უკან დახევის შედეგად. ამ კატეგორიას ეკუთვნოდა მყინვარ მნას ენის ბოლოზე მდებარე იმავე სახელწოდების მორენული ტბა (17, ნახ. 6), რომელიც 1953 წ. 18 აგვისტოს ინტენსიური თავსხმა წვიმის დროს (127 მმ) მყინვარის აუზიდან წამოსულმა წყალმა გაავსო. მორენულმა კაშხალმა ვერ გაუძლო წყლის დაწოლას; გაირღვა იგი და ძირს დაეშვა წყალმოვარდნის სახით. მდინარე მნასხევი გადაიქცა 4-5 მ-ის სიმაღლის ღვარცოფულ ნაკადად, რომელიც მოადგა სოფელ მნას ზემოთ, მაგრამ წყალმა სოფელს გვერდით ჩაუარა და გადარჩა იგი. იმ დიდი თავსხმა წვიმის დროს მყინვარწვერის მყინვარების უკან დახევის შედეგად დატოვებული ნაშალი მასალა გახდა მიზეზი, რომ მდინარე თერგის შენაკადები გადაქცეულიყო ღვარცოფებად, შემზარავი გუგუნით, ქვალორდის ნაკადად დაეშენნ მდ. თერგში. წყლის დონემ 3-4 მ აიწია, შენაკადებიდან შემოჭრილი ღვარცოფების ადგილას კი 5-6 მ-ით. ასეთმა გაძლიერებულმა წყლის ნაკადმა დაანგრია მდ. თერგის ნაპირები, ხიდები, სანაპირო ჯებირები, გზები, კესარას კანიონი გადააქცია გაუვალ ხეობად, თრუსოს დასახლება კი მოსწყვიტა ყაზბეგის რაიონის ცენტრს. [5,7,25,46].

ამ მაგალითიდან გამომდინარე შესწავლილ იქნა საქართველოს მყინვარებზე არსებული ტბები. მათ კვლევას საფუძვლად დაედო 1956-1964 წწ. 1:25000 მასშტაბიანი ტოპოგრაფიული რუკები და ცალკეულ შემთხვევაში

აეროფოტოსურათები; უნდა აღინიშნოს, რომ მათი აღრიცხვიანობა ცვალებადია წლიდან წლამდე, რადგან მცირე ფართობები და პარამეტრები ახასიათებთ. [1] ამ მეთოდებით აღრიცხული იქნა 16 ტბა (ნახ. 12). ტბები უმეტესად განაწილებულია მდინარეების: კოდორის, ენგურის, რიონის და თერგის აუზებში, რომლებიც გამოირჩევიან ძლიერი გამყინვარებით. აქედან ყველაზე მეტია მდ. ენგურის აუზში, რომელიც გამყინვარებით პირველ ადგილზეა (288,3 კმ² ფართობით) საქართველოს სხვა მდინარეთა აუზების გამყინვარებასთან შედარებით [13,16]. საერთოდ ძლიერი გამყინვარების რაიონები გამოირჩევიან დაგუბებული ტბების სიმრავლით და სიმძლავრით. ყველა აღნიშნული ტბა უსახელოა, მდებარეობს ზღვის დონიდან 2565-3194 მ სიმაღლის ზონაში, საშუალო 2890 მ სიმაღლეზე. ტბების წყლის სარკის ფართობები შეადგენს 6,18 კა. განსხვავდებიან თავიანთი მორფომეტრიული მახასიათებლებით. ფორმის მიხედვით უმეტესი მათგანი წრიულია (ნახ.12). ამასთან მოცემულია მათი მორფომეტრიული მახასიათებლები, რომლებიც წარმოდგენილია ცხრ. 2 და 3- (ა-ბ) სახით.

16-ვე ტბის წყლიანობა დიდი არ არის; მათი მოცულობა დაახლოებით 35-40 მლ.მ³, რაც შეადგენს მყინვარების წყლის რესურსების 0,13-0,14%; მიუხედავად ასეთი უმნიშვნელო მარაგისა, მათი მნიშვნელობა, როგორც ფიზიკურ – გეოგრაფიული კომპონენტი, დიდია; ერთის მხრივ, ისინი აფიქსირებენ მყინვარების გავრცელების ქვედა საზღვარს 1955-1964 წწ დონეზე, ხოლო, მეორეს მხრივ, ისინი წარმოადგენენ პოტენციურად საშიშ ობიექტებს, რადგან მათი მორფომეტრიული მახასიათებლები ძლიერ იცვლება. განსაკუთრებით ეს საშიშროება გაძლიერდა უკანასკნელ წლებში, რაც დაკავშირებულია მყინვარული დნობის პროცესების გააქტიურებასთან და ასევე მაღალმთიან რაიონებში გახშირებულ კოკისპირულ წვიმებთან [56].



ნახ. 12. მქონვარული ღაბუბეული ტბები (ნუმერაცია ცხრ. 2-ს მიხედვით)

ცხრილი 2
ცხრილი 3.

**გამდინარე და გაუმდინარე ტბების მორფომეტრიული
მახასიათებლები**

ა. მორფომეტრიული მახასიათებლები ფართობის მიხედვით

სულ	რაოდენ ობა	ფართობი, ჰა		სიგანე, მ	სიგრძე, მ
		ტბის წყლის სარკის	წყალშემკრები აუზი		
გამდინარე	8	21,73	534,1	1025	1325
გაუმდინარე	8	6,18	244,8	450	800

**ბ. მორფომეტრიული მახასიათებლები სიმაღლისა და ტბის წყლის
სარკის ფართობის მიხედვით**

გამდინარე ტბები			გაუმდინარე ტბები		
რიბითი №	სიმაღლე, მ	წყლის სარკის ფართობი, ჰა	რიბითი №	სიმაღლე, მ	წყლის სარკის ფართობი, ჰა
1	2	3	4	5	6
1	2703	10,6	2	2957	0,94
3	2731	3,75	6	2605	3,12
4	2889	0,38	7	2598	0,88
5	2565	1,5	11	3037	0,5
8	2919	2,25	13	3045	0,06
9	2656	0,56	14	3194	0,56
10	3003	1,75	15	3194	0,06
12	2962	0,94	16	3194	0,06
ჯამი	1	21,73			6,18
უდიდესი	2	3003		3194	3,12
საშუალო	3	2804		2978	0,77
უმცირესი	4	2565		2598	0,06

2.2.3. თოვლის ზვავებით გამოწვეული წყალმოვარდნები

ნაზღვლევი წყალმოვარდნები შეუძლია გამოიწვიოს თოვლის ზვავებმა. 1986-87 წწ ზამთრის უჩვეულო დიდ-თოვლობის დროს დიდი მითქმა-მოთქმა იყო მდ. ტეხურას შესახებ. დაბლობის მოსახლეობა შიშს გამოთქვამდა იმის შესახებ, რომ „თუ მთიდან თოვლი ჩამოვარდა, წამოვა დიდი წყალიო...“. საშიშროების დასადგენად საჭირო გახდა სპეციალური საპაერო დაზვერვა. ასე რომ, თოვლის ზვავებით გამოწვეული წყალმოვარდნები კარგად ცნობილი მოვლენაა. 1902 წ ზამთრის დიდი უჩვეულო თოვის დროს ჩამოვიდა „დიდი სასადილოს“ თოვლის ზვავე, რომელმაც ჩახერგა მდინარე რიონი 30 მ სისქის ნაზვავე თოვლის კაშხლით და ერთი თვით ჩაკეტა გზა. ასე მოხდა 1987 წ ზამთრის დიდი თოვლიანობის დროს, როდესაც მდ. ბაიდარას ფერდობებიდან წამოსულმა 15 თოვლის ზვავემა გაჭედა მდ. ბაიდარას ხეობის 15 - 25 მ სიგანის ძირი, 3 მლნ.მ³ მოცულობის ნაზვავე თოვლით. 1989 წ ზამთარში პირიქითა ხეცსურეთში უჩვეულო დიდი თოვლის შედეგად მდ. ასას ხეობის ფერდობებიდან მოწყვეტილმა უზარმაზარმა თოვლის ზვავებმა, ძირფესვიანად მოთხრილ და გადატეხილ 50-100 – წლიან ხეებთან ერთად ჩახერგა მდინარის ხეობა სოფ. ამლას მისადგომებთან და ხეობა 3 კმ-ის მანძილზე ახლად გაყვანილი გზით გაუვალი გახდა, იმავე წლის ივლისის ბოლომდე.

ნაზვავე თოვლის კაშხლების წარმოშობისას წყდება მდინარის დინება; მისი წყლის ხარჯი 2-3-ჯერ მცირდება ჩახერგვამდე წყლის ხარჯთან შედარებით. ზემოთ კი ადგილი აქვს წყლის დონეების აწევას. მაგრამ ეს პროცესი დღე-დღენახევარი გრძელდება (ნახ. 13, 14). დაგუბებული წყალი თა-



ნახ. 13. თლიღონის ხეობის თოვლის ზვავის გამოზიდვის კონუსით ჩახერბილი ღიღი ღიახვის ხეობა მდ. თლიღონის შესართავთან (1988 წლის 16 თებერვალი)



ნახ. 14. „მაიორშას“ თოვლის ზვავი კულაბინის ხილის ზემოთ (1978წ ჯვრის უღელტეხილთა ახლოს)

ვისი სითბური ენერგიის ზემოქმედებით აღნობს ჩახერგილ ნაზვავ თოვლს და ადვილად პოულობს გზას მის ქვეშ. ჩახერგილი ნაზვავი თოვლის მასა კი დიდხანს რჩება თოვლის ხიდებად. მას ყველგან შეხედვებით მთიანი მდინარეების ზემო

წელის ვიწრო ხეობებში. ხშირად, წელის ინტენსიური დაგროვების შედეგად, დაგუბებული წყალი არღვევს ჩახერგილი ნაზავი თოვლის კაშხალს და მის ქვემოთ ადგილი აქვს წყალმოვარდნას, რომელიც ზამთრის წყალმოვარდნითაა ცნობილი. ასევე არის შემთხვევები, როდესაც მდინარე შემოუვლის თოვლის ზეგვის მიერ წარმოშობილ ჩახერგილ კაშხალს და ახალი კალაპოტის მეშვეობით განაგრძობს გზას, ამ შემთხვევაში ბუნებრივად იქნება აცილებული მოსალოდნელი წყალმოვარდნა. ამგვარ მოვლენას ადგილი ჰქონდა მდ. ცხენისწყლის ზემო წელში 2000 წ., როცა მან მარცხენა მხრიდან შემოუარა თოვლის კაშხალს და ახალი კალაპოტით დაეშვა ძირს.

წყალდიდობის დროს მდინარის წელის დონე 1-1,5 მ, იშვიათ შემთხვევაში კი 4-5 მ აღწევს, მაგრამ მალე, განიერ ხეობაში ჩამოსვლისას ეცემა 0,9-1,5 მ. წყალდიდობის მაქსიმუმის გავლის შემდეგ დონეები ეცემა, 2-3 დღის შემდეგ კი მდინარე აღადგენს ნორმალური დინებას.

2.2.4. მდინარეული ყინულოვანი მოვლენებით გამოწვეული წყალდიდობები და წყალმოვარდნები

ზამთრის კატეგორიის წყალმოვარდნებს ეკუთვნის წყალმოვარდნები, რომლებიც გამოწვეულნი არიან მდინარის ყინულოვანი მოვლენებით - მდინარეში წელის გაყინვის შედეგად წარმოშობილი ნაპირის ყინულების, ფსკერისა და ზედაპირის ყინულების, თოშისა და მცურავი ყინულების ჩახერგვით. ჩახერგვის შედეგად წარმოიშობიან ყინულოვანი კაშხლები, ყინულხერგილები, რომლის ზემოთ გროვდება მდინარის წყალი და წელის დონეები მატულობენ, ქვემოთ კი კლებულობენ. ყინულხერგილის გარღვევის შედეგად ადგილი აქვს წყალმოვარდნას. მაგალითად, მდ. ურაველზე, სოფ. ოხერასთან 1974 წ. 11 და 13 იანვარს ყინულოვანი კაშხლის გარღვევას მოჰყვა წყალმოვარდნა, რომლის დონემ დაგუბების დროს არსებულ დონესთან შედარებით 200 სმ აიწია. აღსანიშნავია ის, რომ ამ დონემ მდინარისათვის აღებულ პუნქტზე გადააჭარბა თოვლისა და წვიმების წყლის წყალდიდობის მაქსიმალურ დონეებსა და ითვლება მრავალწლიურ უდიდეს დონედ. საერთოდ, ზამთრის

მოვლენები იწვევენ დონეების ხშირ რყევადობას, რაც ნათლად ჩანს ნახ. 15,16,17-ზე კომპლექსური გრაფიკებიდან.

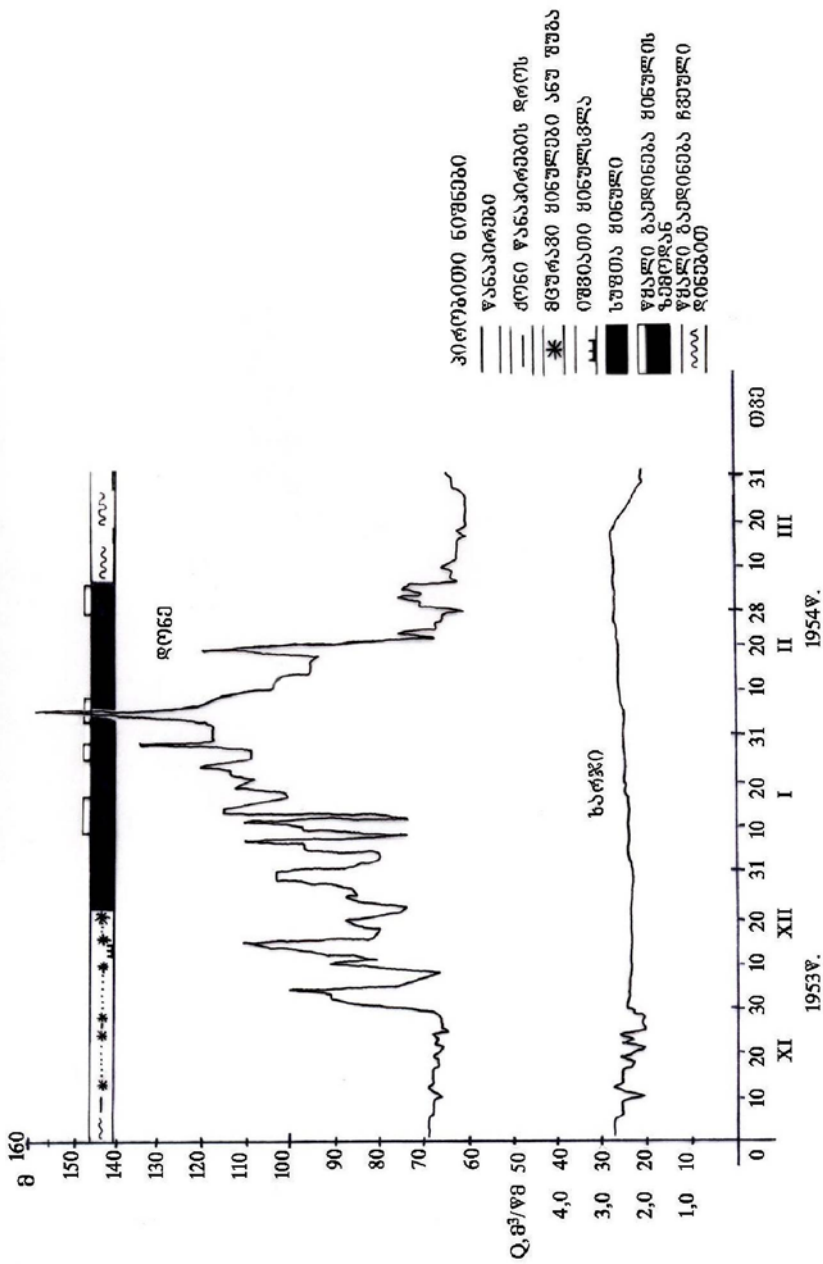
ასეთი ტიპის წყალმოვარდნები დამახასიათებელია მაღალმთიანი მდინარეებისათვის, როგორც საქართველოს ჩრდილო, ასევე სამხრეთ რაიონებისათვის, ზღვის დონიდან 1800-2200 მ-ზე და მაღლა. ხასიათდებიან სპეციფიკური თავისებურებებით, რაც დამოკიდებულია ადგილობრივ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებზე. მათი რყევადობა არ აღემატება 2-2,5 მ-ს, ამ პროცესს შეიძლება ადგილი ჰქონდეს მთელი ზამთრის განმავლობაში, უფრო მეტად დეკემბერ-მარტის თვეებში. შედეგად გამოიყოფა დონეების რყევადობის სამი ტიპი:

1. არამდგრადი დონეები ხშირი პიკების მორიგეობით (ნახ. 15);

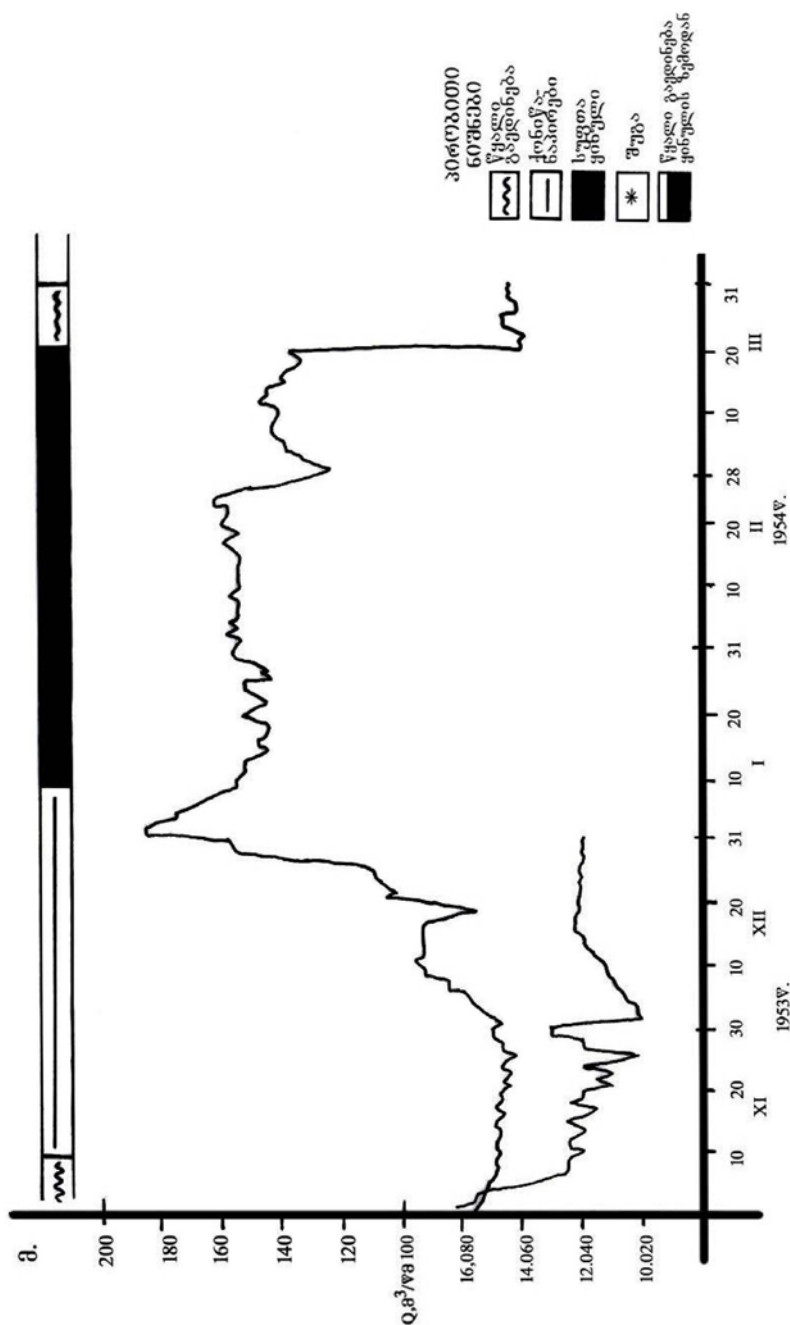
2. 10-25 დღის პერიოდის მორიგეობით მაღალი დონეები (ნახ. 16);

3. 80-90 დღის მდგრადი მაღალი დონეები, 5-10 სმ რყევადობით დღეში (ნახ. 17).

ზვავის გავრცელების ზონაში ხშირია ორივე პროცესის დამთხვევა. ტიპურ მაგალითს ადგილი ჰქონდა მდ. დიდ ლიახეზე. 1985 წ. დიდთოვლობის დროს. იგი ძლიერ ჩაიხერგა სოფ. ედისის ქვემოთ არსებულ ვიწრობაში. ნაზვაგი თოვლის კაშხლის ზემოთ წყალი დაგუბდა, დაბალი ტემპერატურის გამო გაძლიერდა თოშის წარმოშობა, მცურავი ყინულების შემოტანა, ამით კიდევ უფრო გაძლიერდა თოვლის კაშხალი და წყლის დაგუბებაც. წყლის ზედაპირზე გაჩნდა ყინულსაფარი. კაშხალმა მომატებულ წყალს ვერ გაუძლო, გაირღვა იგი და ძირს დაეშვა წყლის დიდი მასა, 1,5-2,5 მ წყლის დონით, მოჰქონდა დიდი რაოდენობით ნამსხვრევი ყინულის ღოდები, რომლის ნაწილი გადმოყრილი იყო მდ. ლიახის ნაპირებზე და გამვლელ-მნახვევლები განცვიფრებული იყვნენ ყინულის ღოდების სიდიდით, მათი სიგრძე 1-1,5 მ აღწევდა, სიგანე 0,6-1,0 მ, სისქე კი 0,2-0,4 მ. სამწუხაროდ, წყალმოვარდნამ გაიარა დაკვირვების ვადებს შორის და შეუმჩნეველი დარჩა დამკვირვებლისათვის ჯავასა და კეხვში.



ნახ. 15. თუშეთის ალაზანი - სოფ. ჯგერბოტელთან. 1953-1954 წ-ების
ლონეები და ბარჯები.

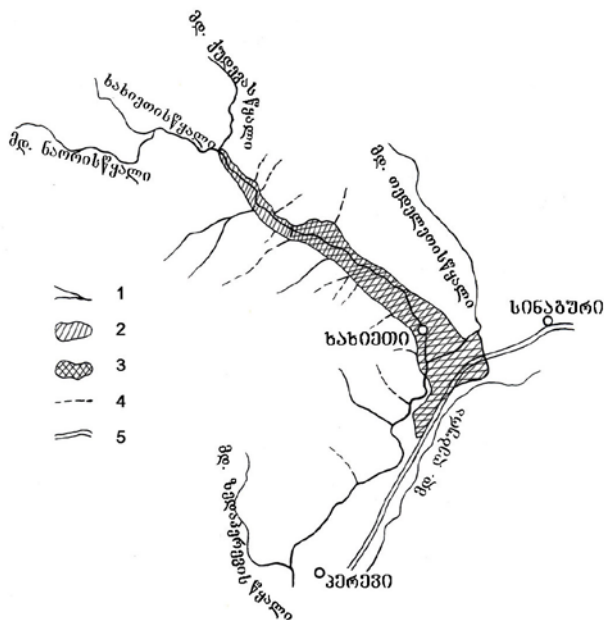


ნახ. 17. მდ. თუშეთის ალაზანი - სოფ. შენაძო, 1953-1954 წლების დონეები და ხარჯები

აღწერილ ტიპურ შემთხვევებს ხშირად აქვს ადგილი და დღესაც გრძელდება. მარტო 2005 წ დიდთოვლობამ, ნამქერიანობამ, წვიმებით და ჩახერგვებით გამოწვეულმა კატასტროფებმა ქვეყანას საერთო ჯამში მიაყენა 1,6 მილიარდი დოლარის მატერიალური ზარალი.

2.3. კლდე-ზვავებისა და მეწყრების მოვლენებთან დაკავშირებული წყალდიდობები და წყალმოვარდნები

მცინვარული ნაზღველვეი წყალმოვარდნების მსგავსად, დიდი სიძლიერით გამოირჩევიან წყალდიდობები და წყალმოვარდნები, რომლებიც დაკავშირებულნი არიან ხეობების კლდე-ზვავებითა და მეწყრებით ჩახერგვასთან. მათ რიცხვს ეკუთვნის 250-300 წლის წინათ წარმოშობილი დიდი და პატარა რიწა მდ. ჯამპალის ხეობაში (4,5, ნახ. 6), 1991 წ წარმოშობილი ამტყელისა (8, ნახ. 6) და ქვედრულას (10, ნახ. 6) ტბები, შესაბამისად: მდინარეების ამტყელისა და ქვედრულას ხეობებში, 1954 წ წარმოშობილი ღორჯომის 4 ტბა (27, ნახ. 6) მდ. ღორჯომის წყლის ხეობაში (აჭარა), განმეორებით 1992 წ იმავე მდინარეში წარმოშობილი 1 ტბა; 1959 წ – მდ. ჩხერიმელას ხეობაში (22, ნახ. 6), 1963 წ წარმოშობილი აწგარის ტბა მდ. ჩხალთას ზემო წელში (7, ნახ. 6), 1978 წ - კელასურის ტბა მდ. კელასურის ზემო წელში (6, ნახ. 6), 1989 წ წარმოშობილი სხალთას ტბა, მდ. სხალთას ხეობაში (26, ნახ. 6), 1991 წ – ხახიეთისწყლის (11), ფაწას და ჯრუჭულას ტბები (9,11, ნახ. 6). იმავე სახელწოდების მდინარეების ხეობებში. ამ ჯგუფს ეკუთვნის მეზობლად მდებარე ტბები. მათ შორის, უძველესზე უძველესი კაზენოიამას ტბა 1870 მ სიმაღლეზე, დაღესტანსა და ჩეჩენო-ინგუშეთის საზღვარზე (18, ნახ. 6), 2500-3000 წლის წინათ წარმოშობილი აბრაუს ტბა 84 მ სიმაღლეზე, შავი ზღვის პირას ქ. ნოგოროსიისკთან ახლოს (1, ნახ. 6), 1937 წ წარმოშობილი კებასოის ტბა მდ. შარო-არღუნის ხეობაში (19, ნახ. 6). აქედან, თავისი კატასტროფული შედეგებით გამოირჩევიან სხალთას (26, ნახ. 6), ხახიეთისა (11, ნახ. 6, ნახ. 18) და კაზენოიამას (19, ნახ. 6) ტბები, რომელთა წარმოშობის პერიოდში კლდე-ზვავებმა და მეწყრებმა ჩამარხეს სოფლები წაბლანა, ხახიეთი და კაზენოიამა, ასევე მდ. კურკანიაზე წარმოშობილი გიოქგელის ტბა (25, ნახ. 6).



ნახ. 18. მდ. ხახიეთისწყლის კლდეშავით ჩახერბილი უბანი
1-მდინარე; 2-დაგუბებული წყლის უბანი; 3-კლდე-ზვავით
ჩახერბილი უბანი; 4-მშრალი ხევი; 5-გზა.

უნდა შევნიშნოთ, რომ მათი წარმოშობა დაკავშირებულია ძლიერ მიწისძვრასთან. ამ პერიოდში მათთან ერთად ჩნდება მრავალი პატარა სხვადასხვა ზომის ტბები. მაგალითად, 1991 წ. 29 აპრილს მიწისძვრის გაგრძელების ზონაში დაფიქსირებული იყო ასეთი 35-მდე ტბა. აქედან, დიდი იყო ფაწას, ხახიეთისა და ჯრუჭულას ტბები, შესაბამისად 3,8, 2,1 და 0,375 მლნ მ³ წყლის მოცულობით. ამავე პერიოდში მრავალ ადგილას გაჩნდა ნაპრალები (ნახ. 19), სადაც ადგილი ჰქონდა ზედაპირული წყლის დაგროვებას, რის გამოც წყლით გაუღენთილი მასა ნელ-ნელა მოცოცავდა (მდ. სირხლებერტლონი) და ხდებოდა განმეორებითი მეწყერების მოქმედებები.

ასევე არსებობს ტბები, რომლებიც სუსტი მიწისძვრის დროს წარმოიშვნენ, მაგალითად, 1989 წ. წარმოშობილი

სხალთის ტბა აჭარაში (27, ნახ. 6), 1968 წ. იანვარში
წარმოშობილი ახწუს ტბა მდ. მზიმთას ზემო წელში (2, ნახ. 6)



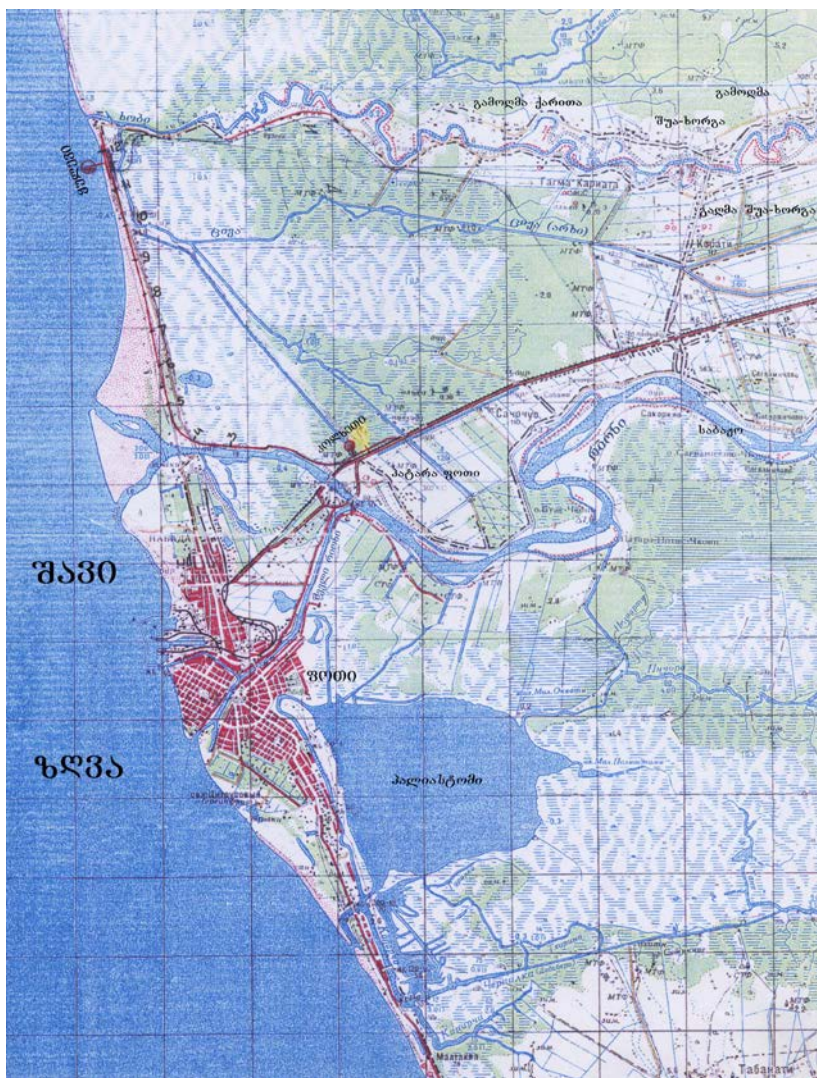
ნახ. 19. 1991 წ. 29 აპრილს მიწისძვრის შედეგად დანაარალებული
ფერდობი ქ. ამბროლაურში

ორივე შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა 2-4 – ბალიან მიწისძვრას,
მაგრამ დიდი სტიმულირების როლი ითამაშა თოვლის

საფარის ინტენსიურმა დნობამ, პირველ შემთხვევაში, და თავსხმა წვიმამ, მეორე შემთხვევაში, რომლებმაც გააძლიერეს ნიადაგის საფარის ტენიანობა, შემდეგ კი – მეწერების და კლდე-ზევაების ჩამოსვლა. მსგავს მოვლენას ადგილი ჰქონდა კახეთში (19, ნახ. 6).

2.4. შავი ზღვის სანაპირო ზონის ტრანზიტული მდინარეების კატასტროფული წყალმოვარდნების დატბორვისთან დაკავშირებული ნაზღვრები წყალმოვარდნა

შავი ზღვის სანაპირო ზონის ცენტრალური ნაწილი მდინარეების ხობისა და რიონის შესართავებს შორის წარმოადგენს თითქმის ზღვის დონეზე, ზოგან კიდევ უფრო დაბლა მდებარე სუსტად დაქანებულ დაბლობს, გამოყოფილს შავი ზღვიდან ნაპირ გასწვრივ 2,5-4 მ სიმაღლის დიუნით (ნახ. 20). ნაბადას სახელით წოდებული დაბლობის კიდეებზე გაედინება ტრანზიტული მდინარეები ხობი ჩრდილოეთით და რიონი სამხრეთით. მათ შორის გაედინება თითქმის ხელოვნურად, ჭარბი წყლისაგან გამტვირთავი მდ. ცივა, მრავლი წყალგამყვანი არხების ქსელით. ნაბადას რელიეფში მნიშვნელოვანია აგრეთვე 2-3 მ ნაყარი მიწა, რომელზედაც გაყვანილია სენაკი-ფოთის საავტომობილო და რკინი გზები. ასევე მნიშვნელოვანია დასახელებული მდინარეების გასწვრივ 5-6 მ სიმაღლის ქვიშიანი დამბები, რომლებიც იცავენ ტრანზიტულ, მდინარეთა შორის მიმდებარე ნაბადას ტერიტორიას დატბორვისაგან. მაგრამ მაინც აქვს ადგილი დატბორვას. ისტორიაში განასკუთრებული ადგილი უკავია 1978 წ. 31 იანვრის უჩვეულო კატასტროფულ წყალმოვარდნებს მდინარეებზე რიონსა და ხობზე; სადაც, (განასკუთრებით მდ. რიონზე), გაიარა 1000 წელიწადში ერთხელ განმეორადობის უდიდესმა კატასტროფულმა წყალმოვარდნამ, რომელმაც არა მარტო გაარღვია მარჯვენა დამბა, არამედ გადალახა 2-3 მ სიმაღლის რკინიგზა და საავტომობილო გზა და ამით გააძლიერა ნაბადას დაბლობის დატბორვა. წყალმოვარდნის წყლის შემონადენი იმდენად დიდი იყო, რომ მდ. ცივა უძღური აღმოჩნდა გაეტარებინა ჭარბად მოდენილი წყალი. დაიწყო წყლის დაგუბება და წარმოიშვა 200 კმ² ფართობის მქონე



ნახ. 20 მდ. რიონის ჰიდროგრაფიკული ძეგლის ტოპოგრაფიული რუკა
(კოლხეთის დაბლობი)

დაგუბებული ტბა (ნახ. 21-24); წყლის დონემ მიაღწია ნაპირგასწვრივ დიუნის სიმაღლეს და დაიწყო წყლის გადმოსვლა დიუნის თხემიდან; იგი გაირღვა ყულევთან ახლოს 100-150 მ სიგანით, რის შედეგად წარმოიშვა ნახევრული

წყალმოვარდნა და იქვე 500-700 მ გავლის შემდეგ შეუერთდა შავ ზღვას.



ნახ. 21. მდ. რიონზე 1987 წ. 31 იანვრის ღატბორვის შედეგები სოფ. ქვალონ-ჭალაღიდის მონაკვეთზე



ნახ. 22. მღ. რიონზე 1987 წ. 31 იანვრის ღატბორვის შედეგები სოფ.
ქვალონ-ჭალაღიდის მონაკვეთზე



ნახ. 23. მღ. რიონზე 1987 წ. 31 იანვრის ღატბორვის შედეგები სოფ.
ქვალონ-ჭალაღიდის მონაკვეთზე



ნახ. 24. მღ. რიონზე 1987 წ. 31 იანვრის ღატბორვის შედეგები სოფ. ჰვალონ-ჰალაღიდის მონაკვეთზე

2.5. ანთროპოგენური ფაქტორების გავრცელების ზონაში ნაზღვრეში წყალდიდობები და წყალმოვარდნები

საქართველოს ტერიტორიაზე სამეურნეო საქმიანობისათვის ათვისებულ რაიონებში შესამჩნევად იზრდება ანთროპოგენური დატვირთვა. მასთან ერთად ტერიტორიის განვლადობაც. მაგრამ მას ხელს უშლის მრავალი მშრალი ხეები, დელეები, სარწყავი და სადრენაჟო არხები, ტბორები და სხვა. განსაკუთრებით ძლიერდება მათი ზემოქმედება ტერიტორიის გავლაზე წვიმისა და თოვლის საფარის ინტენსიური დნობის დროს, როდესაც ისინი გადაიქცევიან ძლიერ ნიაღვრებად, მდინარეებად. ამიტომ ასეთ რაიონებში მრავალ ადგილას აგებენ მიწაყრილებს, რკინაბეტონის კედლებს, რკინის მილის ხიდებს. ნიაღვრების დროს მათი მიმღები იხერგება მდინარეების მიერ მოტანილი ძირ-ფესვიანად მოთხრილი ბუჩქებით, ხეებით, უვარგისი საოჯახო ინვენტარებით; ადგილი აქვს წყლის დაგუბებას, შემდეგ მათ გარღვევას და მასთან დაკავშირებულ წყალმოვარდნებს. ასე იყო 1979 წ. 31 აგვისტოს

შავი ზღვის სანაპირო მდინარეებზე [53]. 1983 წ ივნისის თვეში კახეთსა და მარნეულის მდინარეებსა და დელეებზე; მათი შედეგები კარგად ჩანს ნახ. 25-29. საერთო ზარალმა შეადგინა 18 მლნ. დოლარი. ასევე აჭარის რეგიონის მდინარეებზე 2002 წ 13-14 ივლისში (ნახ. 28) მაშინ დანგრეული ხიდის ადგილას რკინის მილის ხიდი გაკეთდა, მაგრამ 2005 წ მაისში, ისევ განმეორდა წყალმოვარდნები და საბოლოოდ დაანგრია აღდგენილი ხიდი (ნახ. 29).



ნახ. 25. მღ. ორმოთუღა გურჯანთან ახლოს წყალმოვარდნის
შემდეგ



ნახ. 26. მდ. ჰერემისხევი წყალმოვარდნის შემდეგ



ნახ. 27. მდ. ორმოთულა გურჯანთან ახლოს წყალმოვარდნის შემდეგ



ნახ. 28. მლ. საზღვისუშალოს 2002 წ 13-14 ივლისი



ნახ. 29. მლ. საზღვისუშალოს 2005 წ მაისი. (განმეორებითი
წკალმოვარდნის შედეგები; წაიღო ახალი აშენებული
ხიდი)

ანთროპოგენური მოქმედების კატეგორიას ეკუთვნის ეწერ-წენეთის წყალსაცავი ქ. თბილისთან ახლოს. იგი აგებული იქნა მდ. ვერეს მარჯვენა შენაკადის მდ. ხევისწყლის ზემო წელში (ნახ. 30). 1948 წ. მდინარე გადაკეტილი იყო მიწის ყრუ კაშხალით, რომლის სიმაღლე შეადგენდა 11 მ, სიგრძე 90 მ, თხემის სიგანე 3 მ. მდინარის დაგუბების შედეგად წარმოიშვა



ნახ. 30. მდ. ხევისწყლის ყრუ მიწის კაშხლის სქემა.

წყალსაცავი სიგრძით 170-190 საშუალო სიგანით 50 მ, საშუალო სიღრმით 3 მ; წყლის სარკის ფართობი შეადგენდა 0,009 კმ², მოცულობა 27 ათასი მ³. 1980 წ. 8 და 13 მაისის წვიმების შედეგად წყლის დონე მიუახლოვდა კაშხლის თხემს 0,8-1,0 მ. წყლის დაწოლის შედეგად დასკდა მოასვალტირებული თხემის ზედაპირი, რასაც მოჰყვა ჯებირის გარღვევა. წყალსაცავი ნახევარ საათში დაიცალა. ნაზღვლევმა წყალმოვარდნამ გაიარა თვით მდ. ხევისწყალის ხეობა და მთლიანად დატბორა იგი (ნახ. 31,32). ასევე დაიტბორა მის გზაზე შემხვედრი საცხოვრებელი სახლი (ნახ. 33), სადაც შეიწირა 7 ადამიანი სიცოცხლე.



ნახ. 31. წყალსაცავის კაშხალი ბარდვევის შენობა



ნახ. 32. მღ. ხევისწყლის ხეობის ძირი კაშხლის გარღვევასთან
დაკავშირებული წყალმოვარდნის შედეგად. (ზედა მარჯვენა მხარეზე
თეთრ ტონში მოჩანს წყნეთის წყალსაცავის მოღამული ძირი)



ნახ. 33. მღ. ხევისწყლის ხეობის ძირას მღებარე პირველი
სახლ-კარი წყალმოვარდნის გავლის შემდეგ. (სახლის კედლის ფონზე
მოშავო ფერის ზოლი გაველილი წყალმოვარდნის მიერ დატოვილი კვალი)

ანალოგიური შემთხვევები ხშირია მსოფლიო პრაქტიკაში. მაგალითად, 2009 წ. 26 მარტს ინდონეზიის დედაქალაქ ჯაკარტის მახლობლად სიტუ გინტუგის ტბა გადაკეტილი იყო ტანგერახის 10 მ სიმაღლის მიწაყრილით. ძლიერი წვიმის შედეგად 2 მლნ მ³ წყალით გადავსებულმა ტბამ გაარღვია მიწაყრილის ჯებირი და 4 მ სიმაღლის მძლავრმა ნაკადმა დატბორა ახლომდებარე სოფლები და 50-მდე ადამიანის სიცოცხლე შეიწირა.

3. ხეობების ჩახერგვების და მათ გარღვევებთან დაკავშირებული მოვლენების ჰიდროლოგიური დახასიათება

3.1. ხეობის ჩახერგვების პროცესების გავლენა მდინარეებისა და მყინვარების რეჟიმზე

მდინარეებისა და მყინვარების რეჟიმზე დიდ გავლენას ახდენს ხეობების ჩახერგვებით გამოწვეული პროცესები, რადგან ჩახერგვის ქვემოთ ადგილი აქვს მდინარეების თითქმის “დაშრობას”, როგორც ეს მოხდა 1832 და 1909 წწ მდ. თერგის, 1978 წ მდ. კელასურის დაგუბებისას და სხვა. ამ პერიოდში პირველ ინფორმაციას მდინარის პირას მცხოვრები მოსახლეობა იძლევა. წყლის დაგუბება ხდება ჩახერგილი ხეობის ზემოთ. ამ დროს წყლის დონე 90-100 მ აღწევს, როგორც, მაგალითად, 250-300 წლის წინათ მდ. ჯამპალას [10], 1832 წ მდ. თერგის [21], 1891 წ წონის ქვაბულში წყლის დაგუბებისას [3]. ზოგ შემთხვევაში დაგუბებული წყლის დონე საშუალოდ შეადგენს 35-55 მ-ს, 5-10 მ-ზე ნაკლები არ ყოფილა. როგორც ეს იყო 1991 წ 29 აპრილს, მდ. ჯეჯორას, ჩეხურას, ჯრუჭულასა და მათი შენაკადების დაგუბებულ უბნებზე. აღნიშნული სიღრმეები დამახასიათებელია, უმეტესად, ჩახერგილ კაშხალთან ახლოს. ეს კაშხლები ერთ კვადრატულ მეტრზე 55 ტ წნევის ქვეშ იმყოფებიან. სწორედ ასეთი დაწოლის შედეგია მყინვარის რეჟიმის დარღვევა. მას ადგილი ჰქონდა მყინვარ აბანოზე 1910 წ 14 ივნისამდე [21]. კლდე-ზვავის დარტყმის შედეგად წარმოშობილ ყინულოვან ნაპრალებში, ჩავარდნილ ადგილებში, ყინულშიდა და ყინულქვეშა სიცარიელებებში დიდი რაოდენობით დაგროვილი წყლის დაწოლის შედეგად მყინვარმა კატასტროფულად წინ წაიწია 170-180 მ. წყლის დაწოლა რომ დიდი იყო, ადასტურებს ისიც, რომ დაგუბებული წყლისაგან დაცლილმა მყინვარის ენამ, რასაც ადგილი ჰქონდა 4-ჯერ (14, 27, 29 ივნისსა და 3 ივლისს), აგვისტო-სექტემბერში წინ წაიწია სულ 15-16 მ-ით, ე.ი. 11-12-ჯერ ნაკლები, ვიდრე დაგუბებული ტბის გარღვევამდე. კიდევ უფრო მეტი, შემდგომ მომდევნო 1911, 1912 და 1913 წწ დაგუბებული წყლისაგან დაცლილმა მყინვარის ენამ წინ

წაიწია 1910 წ. შედარებით 41-42 მ. ეს, თავის მხრივ, მიგვი-
თითებს, რომ მყინვარის სტაბილური მდგომარეობა ისევ
დამყარდა.

ისტორიაში ბევრი შემთხვევაა, როდესაც კლდე-ზვავებისა
და მეწყერების გარეცვლების ზონაში იცვლება
ჰიდროგრაფიული ქსელი. მაგალითად, 1891 წ. ყვირილას
სათავეში კლდე-ზვავის მოქმედებისას ერთდროულად ადგილი
ჰქონდა მდ. ჯეჯორას მიერ მდ. ყვირილას ძველი სათავის
მოტაცებას [3]. ქვის ნაკადის წინ სვლამ მდ. სინაგურისწყლის
ხეობაში მდ. ღებურას შესართავი მოსწყვიტა მდ.
ხახიეთისწყალს სოფ. ხახიეთთან და 4 კმ-ით ქვევით
გადაიტანა [3]. ამით შეიცვალა მდ. ღებურასწყლის
ჰიდროგრაფიული პარამეტრები (ნახ. 18).

აქედან გამომდინარე, მდინარეებისა და მყინვარული
ხეობების რეჟიმზე, ჩამხერგავი პროცესების გავლენა, მათი
განსაზღვრა, დაფიქსირება და შესწავლა მნიშვნელოვანი და
აუცილებელია.

3.2. დაგუბებული ტბების ხანგრძლივობის თავისებურებანი

ხეობების ჩახერგვის შედეგად წარმოშობილი
დაგუბებული ტბების არსებობის ხანგრძლივობა სხვადასხვაა,
რაც მრავალ ფაქტორთან არის დაკავშირებული. უმეტეს
შემთხვევაში ისინი მალე ქრებიან. დაგუბებიდან 3-4 დღის
შემდეგ გაქრა: 1832 წ. 22 აგვისტოს, 1909 წ. 6 ივლისს და 1963
წლის 16 ივნისს წარმოშობილი დაგუბებული ტბები მდ.
თერგზე (14,15,16,17, ნახ. 6), მდ. ჩხალთაზე, აწგარაში (7, ნახ.
6). 6 დღის, 16 დღის შემდეგ კი 1991 წლის 29 აპრილს
წარმოშობილი ფაწასა და ხახიეთის (14,11, ნახ. 6)
დაგუბებული ტბები. 5 წლის შემდეგ გაქრა 1968 წ. იანვარში,
მდ. მზიმთას ზემო წელის ახწუს ხეობაში წარმოშობილი
დაგუბებული ტბა (2, ნახ. 6); 16-20 წლის შემდეგ – 1957 წ. მდ.
ღორჯომისწყლის ხეობაში წარმოშობილი 4 დაგუბებული ტბა
(27, ნახ. 6) (იმავე ადგილას 1992 წ. 14 აპრილს წარმოიშვა
დაგუბებული ტბა, რომელიც 1 დღის შემდეგ დაიცალა), ხოლო
40 წლის შემდეგ გაქრა 1937 წ. მდ. შარო-არღუნის ხეობის

ზემო წელში წარმოშობილი კებასოს დაგუბებული ტბა (18, ნახ. 6).

არის შემთხვევები, როდესაც დაგუბებული ტბის დაცლა ხდება მრავალჯერ, დროგამოშვებით. ამის ტიპურ მაგალითს წარმოადგენს დიულტიჩაის ტბა (20, ნახ. 6), იმავე სახელწოდების ხეობაში. ძლიერი თავსხმა წვიმის შედეგად ტბაში წყლის დონემ მკვეთრად აიწია და მისი დაწოლის გამო ჩახერგილი კაშხალი გაირღვა 1947 წ. 11 სექტემბერს. გარღვევის შედეგად წყლის დონე 30 მ სწრაფად დაეცა. შემდეგ რამდენჯერმე განმეორდა ჩახერგილი კაშხლის გარღვევა, მაგრამ ყველაზე ძლიერ გარღვევას ადგილი ჰქონდა 1966 წ. 25-28 ივნისს, თავსხმა წვიმების დროს. მაშინ დონე 18 მ კიდევ დაეცა; ამჟამად ეს ტბა აღარ არსებობს.

ამასთან ცნობილია ბევრი ტბა, რომლებიც ასეული და ათასეული წლების განმავლობაში არსებობენ: 100-110 წელი – ამტყელის (8, ნახ. 6) და ქვედრულას (9, ნახ. 6), 250-300 წელი დიდი და პატარა რიწის (4,5), 3000 წელზე მეტი კახენოიამას (19, ნახ. 6) ტბები და სხვა. მაგრამ მრავალი მკვლევარი გამოთქვამს აზრს იმის შესახებ, რომ დღეს ბევრგან ირღვევა ტბების არსებობის პირობები, რაც ხელს უწყობს მათი გარღვევის საშიშროების გამძაფრებას. დეგრადაციას განიცდის ტყის საფარი, ფეხს იკიდებს ეროზიული პროცესები, რომლებიც დღემდე შეუმჩნეველია, მაგრამ დროთა ვითარებაში მოსალოდნელია მათი გაძლიერება, რაც საშიში ჰიდროლოგიური მოვლენების წარმოშობის საშიშროებას წარმოადგენს. როგორც ეს მოხდა 1963 წ. 7 ივნისს ისიკის ტბაში, სადაც შემოიჭრა 12 მ სიმაღლის დვარცოფული ნაკადი, რომელმაც გაარღვია 800 წლიანი ჩახერგილი კაშხალი (ნახ. 34)

ყოველივე ეს საფუძველი იყო, ჩახერგვის შედეგად წარმოშობილი დაგუბებული ტბების კატალოგის შედგენის. სადაც მოცემულია ინფორმაცია დაგუბებული ტბების არსებობის, ხანგრძლიობის, დაცლისა და მათი გაერცვლების საშიშროების შესახებ. მოცემულია ცხრილები, ასევე რუკა – ჩახერგების, დაგუბებისა და ნაზღვლევი წყალმოვარდნების აქტივობის მიხედვით.



ნახ. 34. ისიპის ტბა (შუა აზია, 1963 წ. 5 ივლისი, ტბის ბარჯვამდე)
(წინა პლანზე-ჩახერგილი კაშხლის თხემზე საზღვაო ბაქანი და
გლაციოლოგები ვ. ცომაია (მარცხნივ), ს. ზაკიევი, 1962 წ. 4 ნოემბერი)

3.3. დაგუბებული ტბების დაცვის თავისებურებანი

დაგუბებული ტბების დაცლა თანდათანობით, ზოგჯერ კი უეცრად მიმდინარეობს. თანდათანობითი დაცლის ტიპურ მაგალითს წარმოადგენს კელასურის ტბა. წყლის ჩახერგილი კაშხლის თხემიდან გადმოსვლისას დაიწყო გადარეცხვის პროცესი, მოსცილდა ფხვიერი ნაშალი მასალა და დარჩა მხოლოდ დიდი ლოდები, რომლის ძირას მდინარემ გაიკვლია გზა. იგივე მოხდა მდ. მზიმთას ახწუს ხეობაში; წყლის ეროზიის შედეგად გადარეცხილი, ჩახერგილი კაშხლის ადგილას დარჩა ვეება ქვის ლოდებისაგან შემდგარი პირამიდა, რომლის ფსკერზე მოედინება მდ. ახწუ და თვით ეს პირამიდა თავისი გრანდიოზულობით იპყრობს ტურისტების ყურადღებას [22].

უეცარი გარღვევის დროს ბევრია შემთხვევა, როდესაც ჩახერგილი კაშხალი ირღვევა ნაწილობრივ, როგორც ეს

მოხდა ფაწასა (13, ნახ. 6) და ხახიეთისწყლის (11, ნახ. 6) ხეობაში. მაშინ გარღვევის სიღრმე შეადგენდა, შესაბამისად, 11-12 და 20-22 მ, სიგანე 35-50 და 80-100 მ. სხვა შემთხვევაში აღგილი ჰქონდა ჩახერგილი კაშხლის მთლიან გარღვევას. ეს განსაკუთრებით დამახასიათებელია დაგუბებული ტბის ფარგლებში ზედაპირული წყლების დიდი რაოდენობით შემოსვლის პერიოდში, რაც ხშირად ემთხვევა თავსხმა წვიმებს. მაგალითად, 1953 წ. 18 აგვისტოს ძლიერი თავსხმა წვიმის შედეგად მყინვარ მნას წყალშემკრები მყინავრული აუზიდან წამოსულმა წყლის ძლიერმა ნაკადმა გაარღვია მისი ენის ბოლოს არსებული მორენული ტბის მორენული ჯებირი (17, ნახ. 6) და ძირს დაშვებულმა წყალმა ერთი ოთხად გააძლიერა მდ. მნასწყლის წყალმოვარდნა, რომელიც 4-5 მ სიღრმის და 80-100 მ-ის სიგანის წყლის ნაკადით მოადგა სოფ. მნას მისადგომებს. ფერდობზე წყლის ტალღა 13-14 მ სიმაღლეზე ავიდა, მხოლოდ 1 მ წინააღმდეგობა ვერ გადალახა და დაეშვა ხეობის ძირისაკენ. იგივე მოხდა, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, დიულტიჩაის ტბის ჩახერგილი კაშხლის გარღვევისას.

3.4. დაგუბებული ტბების გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნების წყლის მაქსიმალური ხარჯები

ზემოთ მოყვანილი მონაცემებიდან გამომდინარე, უნდა შევნიშნოთ, რომ დაგუბებულმა ტბებმა, რომლებიც უკვე აღარ არსებობენ, თავისი კვალი მაინც დატოვეს. ჩახერგილი ჯებირების გარღვევის შედეგად ძირს დაშვებული წყალი უდიდეს კატასტროფულ წყალმოვარდნას იწვევს, ასევე დიდია ზარალი, რომელიც ამ მოვლენებს მოჰყვება; მაგალითად: 1832 და 1909 წწ მდ. თერგზე, 1902 და 2002 წწ მდ. გენაღდონზე, 1947 და 1961 წწ მდ. დიულტიჩაიზე და სხვა. სამწუხაროდ, არ გაგვაჩნია ცნობები ამ წყლების მაქსიმალურ ხარჯებზე. ამ მხრივ, თუ დავყვრდნობით მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნების მონაცემებს, შევნიშნავთ, რომ მაქსიმალური წყლის ხარჯები ძალიან დიდია (ცხრ. 4) და დიდ ფარგლებში მერყეობს. მაგალითად, 200-230 მლნ.მ³ მოცულობის მეცბახერისა (შუა აზია) და ტულსეკვას (ბრიტანეთი) დაგუბებული ტბების გარღვევისას წარმოშობილი წყალმოვარდნის წყლის

მაქსიმალური ხარჯი შეადგენდა 1000 (პირველ შემთხვევაში) და 1570 მ³/წმ (მეორე შემთხვევაში). ასევე 1500 და 1700 მლნ. მ³ მოცულობის გრენალუნის (ესპანეთი) და ლოვივჯორჯის (ალიასკა) დაგუბებული ტბების გარღვევის შედეგად წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალურმა ხარჯებმა მიაღწიეს შესაბამისად 5000 და 10000 მ³/წმ. როგორც შენიშნავს ა. კრენკე [26], ეს 100-ჯერ აღემატება მსოფლიოში ყველაზე უდიდეს მდ. ამაზონის წყლის მაქსიმალურ ხარჯს შესართავთან. მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ წყლის მაქსიმალური ხარჯების სიდიდეები დამოკიდებულებაში არიან ტბების წყლის მოცულობებთან, მაგრამ ეს დამოკიდებულება

ცხრილი 4.

დაბუზბებული ტბების ბარღვევებთან დაკავშირებული
 წყალმოვარდნების წყლის მაქსიმალური ხარჯები

ტბის დასახელება	რაიონი	ტბის წყლის მოცულობა, მლნ.მ ³	მაქსიმალური		სიღრმე, მ.
			წყლის ხარჯი, მ ³ /წმ	წყლის სინქარე, მ/წმ	
მეცბარეხი	შუა აზია	200	1000		
ტულსეკვა	ბრიტანეთი	230	1570		
გრენალუნი	ესპანეთი	1500	5000		
ეიკ-ჯორჯი	ალიასკა	1700	10000	10	
მისსულა	ჩრდ.ამერიკა	2200000	21000000	20	
ბაშკაუსა	აღტაი		880000	30	85–106
ჩუისკიკურაისკი	აღტაი		1000000	20	150
კატუნი	აღტაი		560000	14	
შანტა	ჩილი			25–30	60–120
კოლკამაილი	მეინვარწვერი			50	80–120

არ არის ცალსახა. მაგალითად, მეცბახერისა და ტულსეკვას, ან გრენალუნისა და ლეიკჯორჯის შედარებისას წყლის მოცულობები უმნიშვნელოდ განსხვავდებიან ერთიმეორისაგან. წყლის მაქსიმალური ხარჯი გაიზარდა 1,5-2,0-ჯერ. ტულსეკვასა და მისსულას შედარებისას წყლის მოცულობა გაიზარდა თითქმის 10000-ჯერ, წყლის მაქსიმალური ხარჯის სიდიდე კი 21000-ჯერ. ეს აიხსნება იმით, რომ მოყვანილი წყლის ხარჯები გაზომილია არა ტბების გარღვევის ადგილას, არამედ

რამდენიმე ათეული ან ასეული კილომეტრის ქვემოთ და, ფაქტიურად, წყლის ეს ხარჯი არის ნაკადის გაშლის პროცესების ზეგავლენის შედეგად ტრანსფორმირებული წყლის ხარჯები. თვით წყლის ეს ხარჯები არის მაქსიმალურთა შორის წყლის უდიდესი მაქსიმალური ხარჯები. ამაზე მეტყველებს ზემოთ მოყვანილი წყაროებიდან ამოკრეფილი ცნობებიც. ასე მაგალითად, მისსულას დაგუბებული ტბის გარღვევისას, რასაც ადგილი აქვს ყოველ წელიწადში ან პერიოდულად, წყლის მაქსიმალური ხარჯი მერყეობს 2,7 მლნ-დან 13,7 მლნ.მ³/წმ-მდე; მეცხახერის დაგუბებული ტბის გარღვევის შედეგად მდ. ინილჩევის შესართავთან (60-70 კმ გავლის შემდეგ) წყლის მაქსიმალური ხარჯი შეადგენდა 1963 წელს 650 მ³/წმ, 1964 წ - 480 მ³/წმ, 1965 წელს 420 მ³/წმ [18,19]. ეს დამოკიდებულია ჩახერგილი კაშხლის გარღვევის სიდიდეზე, მასში ჩაჭრილი კალაპოტის მორფომეტრიულ მახასიათებლებზე. მეტად საინტერესოა ამ მხრივ 1991 წ 29 აპრილის მიწისძვრის შედეგად წარმოშობილი ხახიეთის და ფაწას დაგუბებული ტბების გარღვევით გამოწვეული წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯები.

1991 წ 4 მაისს, 6 საათზე დაიწყო ფაწას დაგუბებული ტბიდან წყლის გადმოსვლა კაშხლის მარჯვენა მხარეს ფერდობთან, კონტაქტის ადგილას, სადაც გაიკეთა 4-5 მ სიგანის კალაპოტი. კაშხლის გარღვევა მოხდა იმავე დღის 18 საათსა და 45 წუთზე, ძირს დაეშვა დაგუბებული წყალი, რომლის დონეც მაქსიმუმს მიაღწია 19 საათზე. შემდეგ კი დაიწყო დონეების დაცემა და 5 მაისის სამი საათისათვის აღდგა მდ. ფაწასწყლის ჩვეულებრივი დონე. კაშხლის გარღვევა მოხდა ნაწილობრივ. დარჩენილი დაგუბებული ტბის სიღრმე გახდა 20-22 მ. წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი გაზომილ იქნა მდ. დიდი ღიახვის - სოფ. კეხვის ჰიდროლოგიურ კვეთში გავლილი წყლის ნიშნულის გაზომვის მეთოდით. გამოთვლისათვის გამოყენებულ იქნა ნიველირებით გადაღებული მდინარის განივეკეთის პროფილი გავლილი წყალმოვარდნის ტალღის მაქსიმალურ ნიშნულამდე. შემდეგი მორფომეტრიული მონაცემების გამოყენებით: მდინარის სიგანე 39მ, საშუალო სიღრმე $h=5,82$ მ, კალაპოტის საშუალო დახრილობა $i=11\%$ და კალაპოტის მქისაობის კოეფიციენტი $n=0,05$

[34]. მოყვანილი მონაცემების საფუძველზე გამოსათვლელი ფორმულით

$$Q_g = \frac{\omega^{2/3} l^{1/2}}{n}, \quad (1)$$

კაშხლის გარღვევის ადგილიდან 20 კმ-ის ქვემოთ მიღებულ იქნა წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი $Q_{\text{შ}}=1543$ მ³/წმ, რაც 6,5-ჯერ აღემატება ჩვეულებრივი წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალურ ხარჯს (238მ³/წმ, 1967წ. 6 აგვისტო).

განსხვავებულ ვითარებაში ჰქონდა ადგილი სახიეთის დაგუბებული ტბის გარღვევას. გარღვევა დაიწყო მოგვიანებით, 16 მაისს. მაშინ ადგილი ჰქონდა წვიმებს; ნალექების რაოდენობა მეტეოსადგურ საჩხერეს მონაცემებით შეადგენდა 8 საათისათვის 2,2 მმ-ს, 20 საათისათვის 29 მმ და დაახლოებით 19-20 საათზე შემოსულმა წყალმა, მისი წყლის მოცულობის ზრდის შედეგად, დაიწყო კლდე-ზეავის კაშხლიდან გადმოსვლა. წყალმა ჩაჭრა კაშხალი სიგანით 58 მ ზემოთ და 10 მ ქვემოთ, 13-14 მ-ის სიღრმეზე.

გარღვევიდან, ნაკადმა 15 წუთში გაიბრინა 3 კმ და სოფ. პერევიში, გაზომვების შედეგად ზემოთ მოყვანილი მეთოდით, წყლის მაქსიმალურმა ხარჯმა მიაღწია 806 მ³/წმ. შემდეგ დაიწყო წყლის დონეების დაცემა, მაგრამ დაცემა მიმდინარეობდა ნელი ტემპით 17 მაისის 3-4 საათამდე, რადგან გაძლიერდა ზედაპირული ჩამონადენი წვიმების გაძლიერების გამო. ნალექების რაოდენობა 17 მაისის 8 საათისათვის შეადგენდა 21,7 მმ.

მსგავს ვითარებაში მოხდა მდ. ჯრუჭულას დაგუბებული ტბის გარღვევაც. მაშინ ადგილი ჰქონდა ინტენსიურ წვიმებს, ნალექების რაოდენობამ საჩხერის მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემებით შეადგინა 21 მმ. ჯრუჭულას დაგუბებული ტბის გარღვევა მოხდა 1992 წ. 17 მაისს, 17 საათსა და 20 წუთზე. გაირღვა კაშხალი და ძირს დაეშვა 375000 მ³ მოცულობის წყლის ნაკადი, რომელიც მოედინებოდა ტალღების სახით და გაიარა ძირითადად 40-45 წუთის განმავლობაში 135-155 მ³/წმ წყლის საშუალო ხარჯით. მისმა წყლის მაქსიმალურმა ხარჯმა 1 კმ-ის ქვემოთ, გარღვევის

ადგილიდან გაზომილი გავლილი წყლის ნიშნულის მიხედვით ნიველობის მეთოდით, მიაღწია 1075 მ³/წმ. წყალმოვარდნის ძირითად მახასიათებლებს წარმოადგენენ სიგანე 71 მ ზემოთ და 52 მ ქვემოთ, საშუალო სიღრმე 3,2 მ, დახრილობა 62, ქედორღიანი და ლოდებიანი კალაპოტი, მქისაობის კოეფიციენტით 0,61.

ზემოთ მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ წყლის მაქსიმალური ხარჯი ერთგვარ დამოკიდებულებაშია დაგუბებული წყლის მოცულობასთან; მართლაც, ფაწას დაგუბებული ტბის მოცულობის 3,8 მლნ.მ³ გარღვევისას წყლის მაქსიმალურმა ხარჯმა მიაღწია 1543 მ³/წმ: 2,1 მლნ.მ³ მოცულობის ხახიეთის დაგუბებული ტბის გარღვევისას 806 მ³/წმ: 0,375 მლნ.მ³ ჯრუჭულას დაგუბებული ტბის გარღვევისას კი 1075 მ³/წმ. სხვადასხვაობას მაინც აქვს ადგილი. ეს დამოკიდებულია იმაზე, თუ რა მანძილის დაშორებით გაიზომა წყლის მაქსიმალური ხარჯი, როგორია კალაპოტის აგებულია, მისი დახრილობა და მასთან დაკავშირებული კალაპოტის მქისაობის კოეფიციენტი. ყოველივე ეს ერთად აღებული წარმოადგენს წყლის მაქსიმალური ხარჯების სიდიდეებზე გამსლართვის (გაშლის) პროცესების შედეგს.

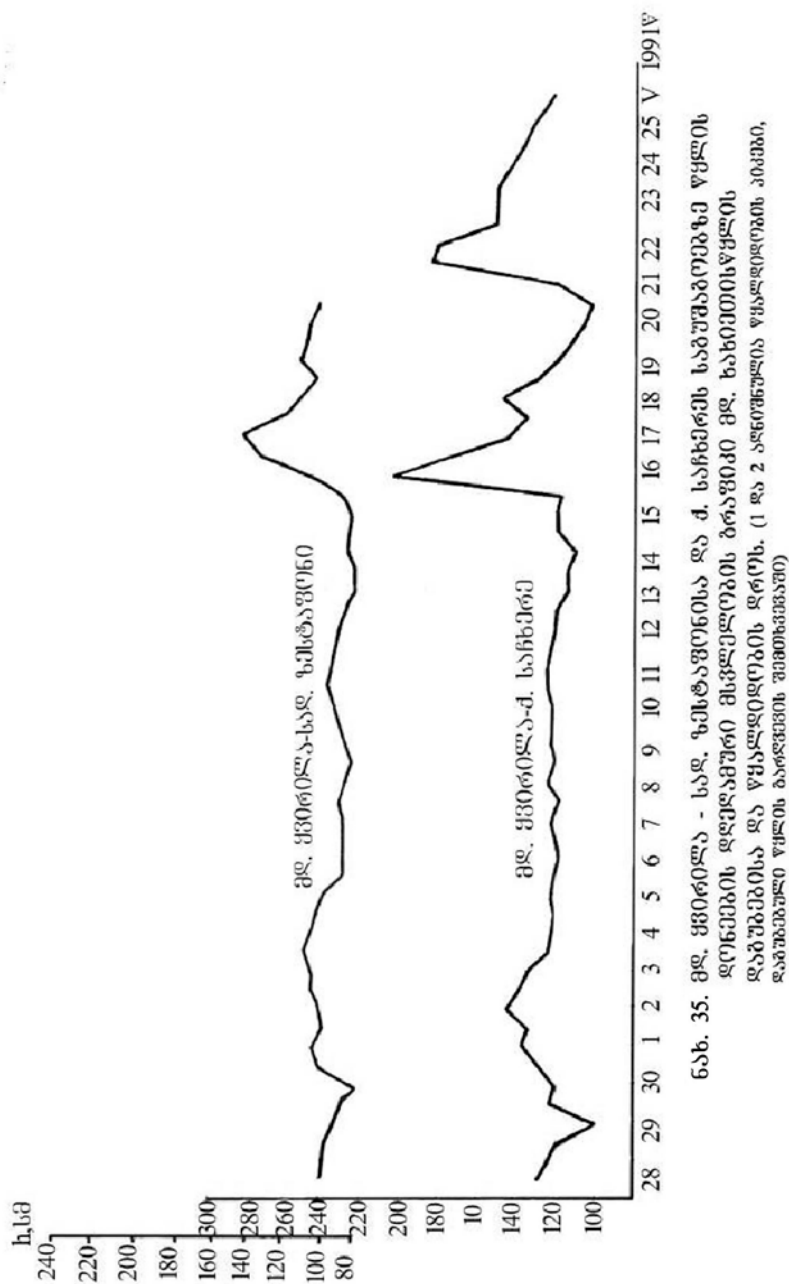
3.5. დაგუბებული ტბების გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნების გავლენა მდინარეების წყლის რეჟიმზე

დაგუბებული ტბების გარღვევის ადგილიდან წყალმოვარდნის ნაკადი გაივლის თვით მდინარეს, სადაც მოხდა მისი დაგუბება, შემდეგ კი მის გაგრძელებაზე სხვა მდინარეებს. მაგალითად, ფაწას დაგუბებული ტბის გარღვევის შედეგად წყალმოვარდნის ნაკადმა გაიარა მდ. ფაწა, შემდეგ მისი შესართავის ქვემოთ მდ. დიდი ლიახვი, მისი შესართავის ქვემოთ კი მდ. მტკვარი; ასევე ხახიეთის წყლის დაგუბებული ტბის გარღვევის შედეგად წამოსულმა წყალმოვარდნის ნაკადმა გაიარა მდ. ხახიეთის წყალი, შემდეგ მის გაგრძელებაზე მდ. ყვირილა, შემდეგ კი მდ. რიონი. ყველა მოქმედ ჰიდროლოგიურ საგუშაგოზე მოხერხდა წყალმოვარდნის ნაკადის დონეების და გავლის დროის ფიქსირება. ეს მასალები წარმოდგენილია ჰიდროგრაფების

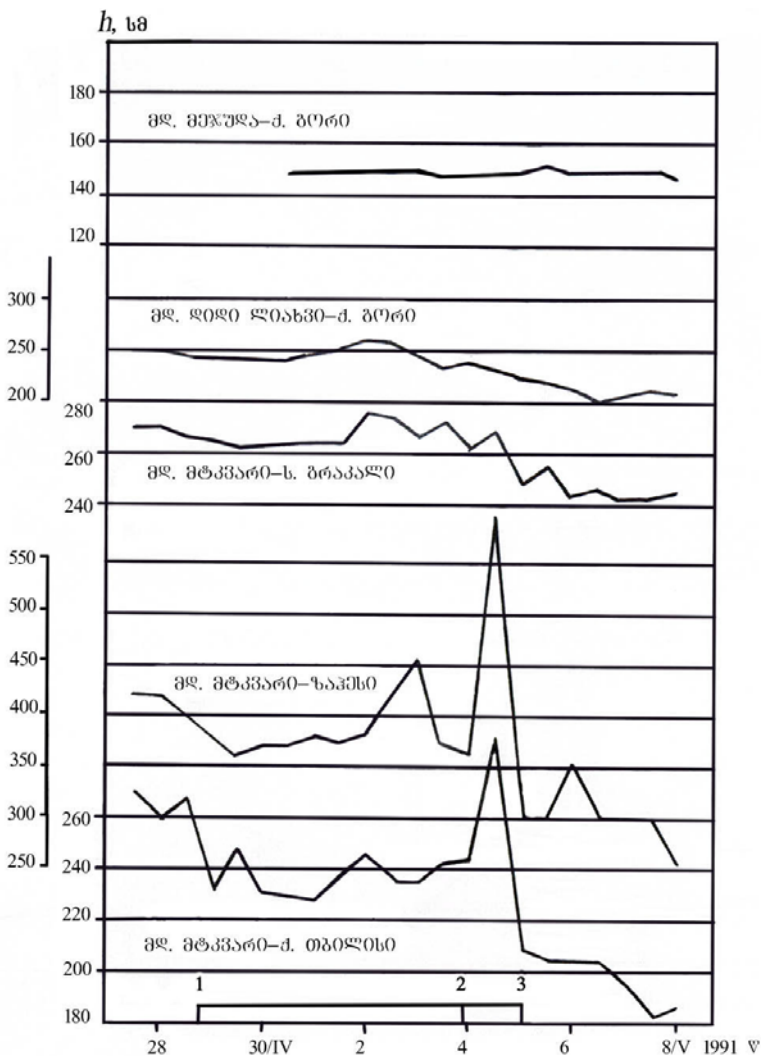
(ნახ. 35 და 36) სახით. აქვე ნახვენებია მდ. მეჯუდას ჰიდროგრაფი ქ. გორთან (ნახ. 36), სადაც ადგილი არ ჰქონდა მდინარის დაგუბებას. უნდა შევნიშნოთ, რომ ქ. გორისა და გრაკალის ჰიდროლოგიურ კვებებში წყალმოვარდნის დონეები დამკვირვებელს არ აღუნიშნავს, რადგან წყალმოვარდნის ნაკადმა გაიარა დაკვირვების ვადებს შორის. ჰიდროგრაფებიდან კარგად ჩანს, რომ წყლის დონეთა და ხარჯთა ჩვეულებრივ მსვლელობაში მკვეთრად გამოიყოფა დაგუბებული ტბების გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნის მაქსიმუმები, რომლებსაც ადგილი ჰქონდა დაგუბებული ფაწას ტბის გარღვევიდან 4 საათის შემდეგ ქ. გორში, 8 საათის შემდეგ ზაჰესში და 9 საათის შემდეგ ქ. თბილისში, ხოლო დაგუბებული ხახიეთის ტბის გარღვევიდან 3 საათის შემდეგ ქ. საჩხერეში და 12 საათის შემდეგ ქ. ზესტაფონში, შესაბამისი გავლილი მანძილები კი შეადგენენ 54, 123, 133, 25 და 54 კმ-ს. მაგრამ ჰიდროგრაფები ფაწისა და ხახიეთის წყლის ტბების გარღვევამდე და გარღვევის შემდეგ დიდად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან.

საყურადღებოა წყალმოვარდნის შემდეგ მდ. მტკვარზე წყლიანობის შემცირება დაახლოებით 50 მ³/წმ-ით ზაჰესსა და ქ. თბილისთან. ეს აიხსნება იმით, რომ წყალმოვარდნის ტალღამ, რომელსაც დიდი სიჩქარე ქონდა, ააჩქარა მდ. მტკვრის დინება და ამით მდინარის კალაპოტიდან განდევნა წყალი. შემოსული წყალი მდ. მტკვრის კალაპოტში მდ. დიდი ლიახვის შეერთების ზემოთ მიედინებოდა ჩვეულებრივი სიჩქარით, ამით იგი ვერ დაეწია წყალმოვარდნის ტალღისაგან განდევნილ წყალს, რამაც გამოიწვია მდინარის წყლიანობის შემცირება.

მდ. ყვირილაზე, 29, 30 აპრილს შეიმჩნეოდა წყლის დონეთა დაცემა წინა დღის დონეებთან შედარებით, რაც გამოწვეული იყო მდინარეების 30-35 ადგილას დაგუბებით, მიწისძვრის დროს ჩამოსული კლდე-ზვავების ჩახერგვით. 16, 17 მაისს, შესაბამისად, ქ. საჩხერესა და ზესტაფონში მოხდა წყლის დონეთა ინტენსიური მატება 86 და 56 სმ-ით, რაც გამოწვეული იყო ხახიეთის დაგუბებული ტბის გარღვევის შედეგად წამოსული წყალმოვარდნით. მაგრამ ეს დონეები, თავის მხრივ, გაძლიერებული და დეფორმირებული იყო წვიმებით გამოწვეული ზედაპირული ჩამონადენით. წყალმოვარდნის ტა-



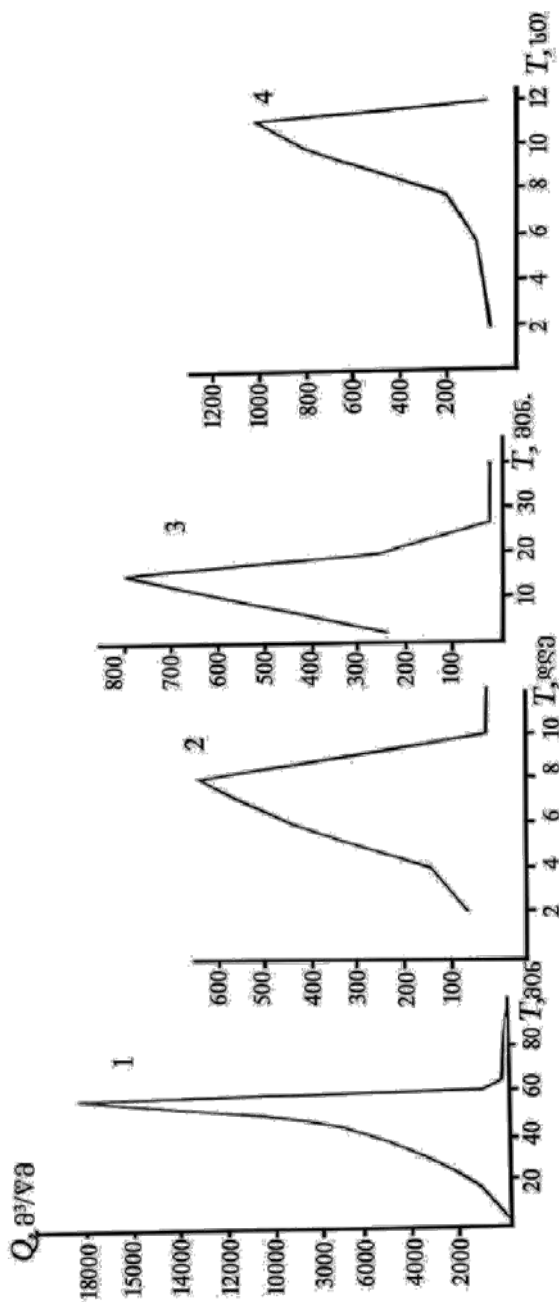
ნახ. 35. მლ. ყვრილ-სა-ლ. ზმტავონისა და მ. სანსერეს სპექტრები
 დონეების დღეობის მსგავსების ბრუნვის მლ. ხანგრძლივების
 დონეებისა და წყაროს დონის დონის. (1 და 2 აღნიშნულია წყაროს დონის პიკები,
 დაბალიესი წყაროს ბარების შემთხვევაში)



- ნახ. 36. მდ.ვაწას დაბუბებული ტბის ბარდვევის შედეგად გამოწვეული წყალდიდობის გავლენა მდ. ღიღი ლიანხისა და მტკვრის კიბრობრაფზე.
1. მიწისძვრა და ფაწაზე წყლის დაგუბების დაწყება;
 2. მდ.ვაწას ნახერგილი კაშხლის გარღვევისა და ნაზღველი წყალმოვარდნის დაწყება;
 3. ნაზღველი წყალმოვარდნის დამთავრება;
 4. ნაზღველი წყალმოვარდნის ტალღამ გაიარა 23-02 საათებს შორის

ლდის გავლის შემდეგ წყლის დონეები ასევე ინტენსიურად შემცირდა, რაც გაგრძელდა 1-1.5 დღე-ღამეს, მაგრამ დონეების ისეთი სახით დაცემას ადგილი არ ჰქონია, როგორც ეს მოხდა მდ. მტკვარზე, ფაწას დაგუბებული ტბის გარღვევის შემდეგ. ეს აიხსნება მდ. ყვირილას ზემო წელში მოსული წვიმებით, რამაც გამოიწვია მდინარის წყლიანობის გაზრდა და შენარჩუნებულ იქნა წყლის მაღალი დონეები.

უნდა აღვნიშნოთ, რომ წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფების მატების ფაზის ხანგრძლივობა, როგორც ეს ნათლად ჩანს ნახ. 36-ზე წარმოდგენილი ჰიდროგრაფიდან, ორჯერ ნაკლებია დაცემის ფაზის ხანგრძლივობაზე; ეს, საერთოდ, დამახასიათებელია ყველა იმ წყალმოვარდნისათვის, რომელთა წარმოშობა დაკავშირებულია ჩახერგილი კაშხლის ნაწილობრივ გარღვევასთან. მსგავსი მაგალითები ბევრია შუა-აზიაში [20]. განსხვავებული ხასიათი აქვს იმ წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფებს, რომელთა წარმოშობა დაკავშირებულია ჩახერგილი კაშხლის მთლიან გარღვევასთან. კერძოდ, ჰიდროგრაფის მატების ფაზის ხანგრძლივობა თითქმის ორჯერ მეტია დაცემის ფაზის ხანგრძლივობაზე. ეს კარგად ჩანს ნახ. 37 წარმოდგენილი ჰიდროგრაფებიდან (ჰიდროგრაფები 2-4-ზე).



ნახ. 37. ნახევრული კაშხლის ბარდვებისთვის დავაშვითურებული წყლისგანსვლის
 ჰიდრული ტრავი: 1. მლ. ხანოცხალი (ბაგოთხილი); 2. მლ. მინერალური, მონაცემები
 (შაბლონი); 3. მლ. ნახევრული მონაცემებით (შაბლონი); 4. მლ. მონაცემებით (შაბლონი).

4. მდინარის ხეობების ჩახერგვასთან დაკავშირებული ჰიდროლოგიური მოვლენების შეფასების მეთოდი

4.1. დაზუბავალი ტბების პარამეტრების განსაზღვრა

მდინარის ხეობის ჩახერგვის შემდეგ მის ზემოთ ხდება მდინარის დაგუბება, რის შედეგადაც წარმოიშობა ტბა. მისი მორფომეტრიული პარამეტრების დადგენისათვის მსხვილ მასშტაბიან ტოპოგრაფიულ რუკაზე (1:25000-1:100000) ადგილზე დააქვთ ჩახერგილი კაშხლის თხემის მდებარეობა $a-b$ (ნახ. 38); შემდეგ იზოხაზების საშუალებით განსაზღვრავენ ჩახერგილი კაშხლის თხემის სიმაღლეს (H) $0-a$ -ს, (იგივეა რაც იზოხაზი 1850 მოცემულ მაგალითზე), ჩახერგილი კაშხლის სიგანეს (B) $a-b$ რუკაზე გაზომვით და დაგუბებული ტბის სიგრძეს (L) - ჩახერგილი კაშხლის თხემიდან იზოხაზი 1850-ის მდინარის კალაპოტზე გადაკვეთის წერტილამდე (C) $C-0$ -ს რუკაზე გაზომვით და გრძივი პროფილის აგებით (ნახ. 39). H , L და B -ს მონაცემებით განსაზღვრავენ მოსალოდნელი წყალსატევების მოცულობას (W), რომელიც მიახლოებით გამოითვლება ფორმულით:

$$W = \frac{LBH}{K}, \quad (2)$$

სადაც K არის ტოპოგრაფიული კოეფიციენტი; იგი იცვლება 2,7-3,3-ის ფარგლებში [8]; გამოთვლებისათვის საშუალოდ ვიღებთ $K=3,0$.

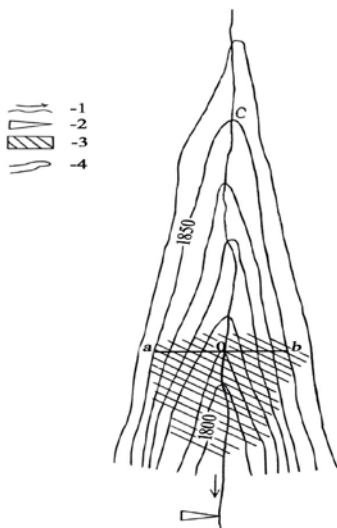
წყლის მოცულობა შეიძლება გამოთვლილ იქნას კიდევ იზობათების მეთოდით, ტოპოგრაფიული რუკის გამოყენებით თუ იზოხაზები ტბის ძირიდან კაშხლის თხემის სიმაღლემდე საკმარისად ასახავენ რელიეფის ხასიათს და მოცემული სიზუსტით უზრუნველყოფენ საჭირო იზობათების გატარებას. გატარებული იზობათების საფუძველზე განსაზღვრავენ ბათიგრაფიული მრუდის კოორდინატებს: წყლის დონეების (H_i) შესაბამის წყლის სარკის ფართობებს (f_i) და წყლის მოცულობებს (W_i) ტოპოგრაფიაში ცნობილი გამოსათვლელი ფორმულით:

$$W = \frac{H_1 + H_2}{2} f_1 + \frac{H_2 + H_3}{2} f_2 + \dots \frac{H_{n-1} + H_n}{2} f_n, \quad (3)$$

სადაც $f_1, f_2, \dots, f_n$ არის იზობათებს შორის ფართობები;
 $H_1, H_2, \dots, H_n$ – იზობათების სიმაღლე. $f_1, f_2, \dots, f_n$ გამოითვლება
 პლანიმეტრირების მეთოდით, რომლის თანახმად:

$$f_i = KN_i, \quad (4)$$

სადაც K არის პლანიმეტრის ერთი დანაყოფის ფასი; N –
 პლანიმეტრის ორი ანათვალის სხვაობის საშუალო სიდიდე - i .



ნახ. 38. მდინარის ხეობის კლდე-ზეპაჰით (მუჟრით, მჟინვარის ბამონათა-
 ნოთ) ჩახერგილი უბნის სქემა.

1-მდინარე, 2-ჰიდროლოგიური საგუშვო, 3-ჩახერგილი უბანი,
 4-ჩახერგილი კაშხლის თხემი, 0-ჩახერგილი კაშხლის თხემის
 ვერტიკალზე გადაკვეთის წერტილი კალაპოტთან, ა-ბ-ჩახერგილი
 კაშხლის თხემის სიმაღლე. 1850-ჩახერგილი კაშხლის თხემის
 იზოხაზი, 1800- ჩახერგილი კაშხლის თხემის კალაპოტთან
 გადაკვეთის იზოხაზი.

ჩახერგილი უბნის სქემასთან ერთად აგებენ მდინარის ჩახერგილი უბნის გრძივ პროფილს (ნახ. 39). იგი გვაძლევას საშუალებას დიდი სიზუსტით დავიტანოთ ჩახერგილი კაშხლის თხემის სიმაღლე და ამ სიმაღლეზე გავატაროთ დაგუბებული ტბის წყლის პორიზონტი. მისი გადაკვეთით კალაპოტის გრძივი პროფილზე განესაზღვრავთ დაგუბებული ტბის სიგრძეს.

4.2 დაგუბებულ უბნებზე წყალსატენის შემსუბუქების ხანგრძლივობის პროგნოზი

დაგუბებულ უბნებზე წყალსატენის შევსების ხანგრძლივობის (T) პროგნოზი შეიცავს ორ მხარეს:

— შევსების პერიოდში მიმდინარე ჰიდროლოგიური პროცესების გათვალისწინებასა და

— მოსალოდნელი ძლიერი თავსება წვიმების გათვალისწინებას.

4.2.1. წყალსატენის შემსუბუქების ხანგრძლივობის პროგნოზი მიმდინარე ჰიდროლოგიური პროცესების გათვალისწინებით

მიმდინარე ჰიდროლოგიური პროცესების გათვალისწინება გულისხმობს ხეობის ჩახერგვის დროს წყალსატენში შემდინარე მდინარეების წყლის ჯამური ხარჯის (ΣQ) გამოთვლას. მისი გამოთვლა ხდება ორი მეთოდით.

— თუ დაგუბებულ მდინარეზე გვაქვს ჰიდროლოგიური საგუშაგო, მაშინ

$$\Sigma Q = \frac{Q}{F} F_{\phi}, \quad (5)$$

— თუ არ გვაქვს, მაშინ ანალოგიის მეთოდი.

$$\Sigma Q = \frac{1}{n} \left(\frac{Q_1}{F_1} + \frac{Q_2}{F_2} + \dots + \frac{Q_n}{F_n} \right) F_{\phi}, \quad (6)$$

სადაც Q არის დაგუბებული მდინარის წყლის ხარჯი ჰიდროლოგიურ საგუშაგოზე; $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ - ანალოგი მდინარეების წყლის ხარჯები; F_{ϕ} - მდინარის ჩახერგილი

უბნამდე წყალშემკრები აუზის ფართობია; $F_1, F_2, \dots, F_n$ ანალოგი მდინარეების წყალშემკრები აუზის ფართობები.

მიღებული ΣQ საფუძველზე წყალსატევის შევსების ხანგრძლივობის (T) პროგნოზი გამოითვლება ფორმულით

$$T = \frac{W}{\Sigma Q}, \quad (7)$$

სადაც W და ΣQ განზომილებებია შესაბამისად მ³ და მ³/წმ; T -სი კი – წამები, რომლებიც შემდეგ გადაიყვანება წუთებში, საათებში, დღეებში, თვეებში ან წლებში სათანადო გადამყვან კოეფიციენტებზე გამრავლებით.

ამრიგად, (ფორმულა 7) მიღებული სიდიდე გამოხატავს დაგუბებული ტბის ავსების ხანგრძლივობას იმ ჰიდრომეტეოროლოგიურ პირობებში, რომელსაც ადგილი აქვს შევსების დროს. მაგრამ ხშირია შემთხვევები, როცა მიმდინარე ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესები ირღვევა; ადგილი აქვს თავსხმა წვიმებს. ეს კი აჩქარებს შევსების პროცესს. მაგალითად, მდ. ხახიეთისწყლის დაგუბებული ტბის ავსების მიმდინარე ჰიდრომეტეოროლოგიურ პირობებში, როცა $\Sigma Q = 1,5$ მ³/წმ და ფილტრაციის შედეგად $Q = 0,5$ მ³/წმ, დასჭირდებოდა

$$T = W / (\Sigma Q - Q_{\text{ფილ}}) = 2100000 / (1,5 - 0,5) = 2100000 \text{ წმ} = 24,3 \text{ დღე},$$

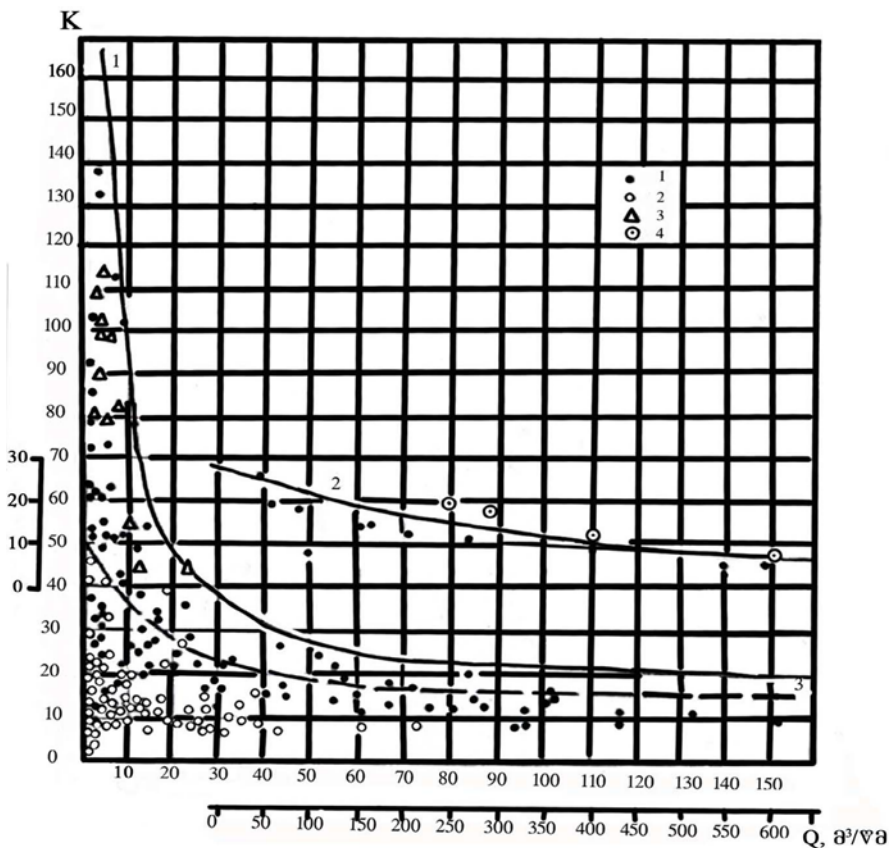
მაგრამ, ტბა გაირღვა დაგუბებიდან (29/IV) მე-17 დღეს. იგი გამოწვეული იყო წვიმებით; ამიტომ, როგორც პრაქტიკამ გვიჩვენა, საჭიროა გამოვითვალოთ, ჩვეულებრივ, ჰიდრომეტეოლოგიურ პირობებში შევსების ხანგრძლივობასთან ერთად (T), შევსების ყველაზე ადრე დამთავრების დროც. ეს დაკავშირებულია ძლიერ და ინტენსიურ წვიმებთან. მათ მიერ გამოწვეული წყალმოვარდნების წყლის მაქსიმალური ხარჯები, როგორც 1982-1992 წლების ჰიდროლოგიურ დაკვირვებათა მასალები გვიჩვენებენ, უახლოვებიან 1%-იან უზრუნველყოფის წყლის მაქსიმალურ ხარჯებს. ამიტომ შევსების ყველაზე ხანმოკლე პერიოდი უნდა იქნეს გამოთვლილი 1%-იანი უზრუნველყოფის წყლის მაქსიმალური ხარჯისათვის ($Q_1\%$).

**4.2.2. წყალსატენის შვსების ხანგრძლივობის
პრობნოზი წყლის მაქსიმალური ხარჯის 1%-იანი
უზრუნველყოფისათვის ($Q_1\%$)**

წყლის მაქსიმალური ხარჯის ($Q_1\%$) გამოსათვლელად გამოიყენება ნახ. 40-ზე წარმოდგენილი საანგარიშო მრუდები [53], მრუდების გამოსაყენებლად წინასწარ უნდა დადგინდეს მდინარის წლიური ჩამონადენის ნორმა (Q_0) ფორმულების (5) და (6) გამოყენებით მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ Q , Q_1 , Q_2 ,..... Q_n ნაცვლად გამოიყენება წლიური ჩამონადენის ნორმები შესაბამისად; დადგენილი Q -ს შესაბამისი კოეფიციენტის (K) მნიშვნელობას ავიღებთ ნახ. 40-ზე მოყვანილი მრუდიდან აუზის საშუალო სიმაღლის გათვალისწინებით. მიღებულ K -ს გამრავლებთ Q_0 -ზე, რითაც გამოითვლება წყალმოვარდნის უდიდესი წყლის მაქსიმალური ხარჯი (Q); მიღებული Q მნიშვნელობის 0,7-ზე (თუ აუზის საშუალო სიმაღლე < 2000 მ) ან 0,8-ზე (თუ აუზის საშუალო სიმაღლე > 2000 მ) გამრავლებით მივიღებთ 1%-იანი უზრუნველყოფის წყლის მაქსიმალურ ხარჯს.

$Q_1\%$ წყლის მაქსიმალური ხარჯის საფუძველზე გამოითვლება შესაბამისი წყლის მოცულობა [$W(Q_1\%)$], რომელიც უნდა შემოვიდეს დაგუბებულ ტბაში. მისი მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულა (5) თანახმად.

ტბებისა და მათი შევსების პარამეტრების გამოთვლის თანმიმდევრობა, მდინარეების ჯრუჭუღას, ხახიეთისწყლისა და ფაწას დაგუბებული ტბების მაგალითზე, ნაჩვენებია ცხრ. 5. ცხრილიდან ჩანს, რომ ავსების დროს მოსალოდნელი წყალმოვარდნისა ($Q_1\%$) და მიმდინარე ჰიდრომეტეოროლოგიური პირობების ($\sum Q$) გათვალისწინებით, ავსების ხანგრძლივობა შესაბამისად შეადგენს 1,3-2,3, 3,6-16,5 და 1,4-5,2 დღეებს. ამასთან, უნდა აღვნიშნოთ, რომ ჩვეულებრივი ჰიდრომეტეოროლოგიური პირობების გათვალისწინების შედეგად მიღებული ავსების ხანგრძლივობა შესაბამისად 2,3, 16,5 და 5,2 დღეებს შეადგენდა, რასაც ადგილი ჰქონდა ფაქტიურად.



ნახ. 40. ამიერკავკასიის მდინარეების წყლის მაქსიმალური ხარჯის ზღვრული მნიშვნელობის (K) დამოკიდებულება წლიური წყლის ხარჯის ნორმასთან (Q).

1. მდინარეები, რომელთა წყალშემკრები აუზის ფართობის საშუალო სიმაღლე < 2000 მ და წლიური წყლის ხარჯის ნორმა < 50 მ³/წმ; 2. მდინარეები, რომელთა წყალშემკრები აუზის ფართობის საშუალო სიმაღლე > 2000 მ და წლიური წყლის ხარჯის ნორმა > 50 მ³/წმ; 3. Q_{1%-ანი} უზრუნველყოფის წყლის მაქსიმალური ხარჯები, ან მდინარეები, რომელთა წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლე < 2000 მ; 4. მდ. რიონის 1982 წლის 1-2 აპრილის წყლის მაქსიმალური ხარჯი ქვემო წელში.

ამ ცხრილი 5?

4.3. დაბუღებული ტბების გარღვევასთან დაკავშირებული
ნაზღვრები წყალმოვარდნის პარამეტრების განსაზღვრა
(პრობნოზი)

ჩახერგილი კაშხლის გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნის მახასიათებლების გაანგარიშება ხდება ჩახერგილი კაშხლის მთლიანი გარღვევის შემთხვევისათვის სამი მეთოდის გამოყენების საფუძველზე: წყლის დონის, წყლის ხარჯისა და წყლის მოცულობის მეთოდებით.

4.3.1. დაზუბებული ტბების ბარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური დონის გამოთვლა კაშხლის ბარღვევის აღბილას

წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური დონის გამოთვლა კაშხლის გარღვევის ადგილას ემყარება შოკლიჩის [17] ფორმულას, რომელიც მიღებულია გერცეს ჰიდრავლიკურ ლაბორატორიაში ექსპერიმენტული კვლევის ჩატარების შედეგად. დადგინდა, რომ მაქსიმალური დონე (H_i) დამოკიდებულია დაგუბებული ტბის სიგანეზე კაშხალთან (B) და თვით წყალმოვარდნის ნაკადის მიერ ჩაჭრილ კალაპოტის სიგანეზე (b) [17,33].

$$H_i = H/10^{0.3B/b}, \quad (8)$$

ჩახერგილი კაშხლის მთლიანი გარღვევის შემთხვევისათვის $B=b$, მაშინ

$$H_i = 0.5H, \quad (9)$$

რასაც პრაქტიკაში ხშირი გამოყენება აქვს.

4.3.2 დაზუბებული ტბის ბარღვევასთან დაკავშირებული ნაზღვრევი წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯის გამოთვლა კაშხლის ბარღვევის აღბილას

კაშხლის მთლიანი გარღვევის შემთხვევაში ნაკადის მიერ გაჭრილ კალაპოტს უმეტესად ტრაპეციის ფორმა აქვს. იგი მასში გამავალი წყლის ნაკადით ემსგავსება ჰიდრომეტრიაში კარგად ცნობილ „წყალსაშვს“. ამიტომ, მის მიერ გატარებული წყლის ხარჯი გამოითვლება ჰიდრაულიკაში ცნობილი ფორმულით [33]

$$Q = m\pi\sqrt{2gH}, \quad (10)$$

სადაც π არის წყალმოვარდნის ნაკადის მიერ ჩატრილი კალაპოტის ცოცხალი კვეთის ფართობი; m — წყლის ხარჯის კოეფიციენტი; g — სიმძიმის ძალის აჩქარება; H — შეტბორვის დონე.

სიდიდე $m\sqrt{2g} = 1.9$ და თუ $\pi = bH$, სადაც b არის დაგუბებული ტბის სიგანე ჩახერგილ კაშხალთან, მაშინ Q -ს გამოსათვლელი ფორმულა მიიღებს შემდეგ სახეს

$$Q = 1.9bH\sqrt{H} = 1.9bH^{1.5}, \quad (11)$$

ხშირად გამოიყენება აგრეთვე კაშხლიდან გადენილი ნაკადის ხვედრითი ჩამონადენი ტბის სიგანის ერთ მეტრზე, ე.ი. როცა $b=1$, მაშინ

$$q = 1.9H^{1.5} \text{ მ}^3/\text{წმ} \text{ 1მ-ზე}, \quad (12)$$

მოყვანილი ფორმულების თანახმად, მდ. ხახიეთის წყლისა და ფაწას დაგუბებული ტბების გარღვევის ადგილას წყლის ხარჯები შეადგენენ შესაბამისად 18106 ($H=30$ მ, $b=58$ მ) და 38453 მ³/წმ ($H=40$ მ, $b=80$ მ), ხოლო ნაკადების ხვედრითი ჩამონადენი შესაბამისად 312 და 480 მ³/წმ 1 მ.

4.4. წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფის პარამეტრების თანხმეშრეპანი ჩახერგილი კაშხლის გარღვევის ადგილას და მათი გამოთვლის შედეგები

ჰიდროგრაფის პარამეტრები წარმოადგენენ თვით ჰიდროგრაფის თავისებურებათა განმსაზღვრელ მახასიათებლებს. მათი საშუალებით შეიძლება განვსაზღვროთ სხვა მახასიათებლები, რომელთა შესახებ არ გაგვანია სათანადო ცნობები. ამ მხრივ, განსაკუთრებით გამოირჩევა დაგუბებული ტბების გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნების ჰიდროგრაფები. ამიტომ ქვემოთ შევხერდებით გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნების ჰიდროგრაფების პარამეტრებზე. მათ რიცხვს, ჩვეულებრივი ჰიდროგრაფების მსგავსად, მიეკუთვნება [34].

- წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი $Q_{მაქ}$,
- წყალმოვარდნის წყლის საშუალო ხარჯი $Q_{საშ}$
- წყალმოვარდნის საერთო ხანგრძლივობა T ,
- წყალმოვარდნის მატების ფაზის ხანგრძლივობა T_{β}
- წყალმოვარდნის დაცემის ფაზის ხანგრძლივობა T_{δ} ,
- დაგუბებული წყლის საერთო მოცულობა W ,
- წყალმოვარდნის მატების ფაზის წყლის მოცულობა W_{β}
- წყალმოვარდნის დაცემის ფაზის წყლის მოცულობა W_{δ}
- წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფის ასიმეტრიის კოეფიციენტი,

$$\gamma_1 = T_{\delta}/T_m, \quad (13)$$

$$\gamma_2 = W_{\delta}/W_m, \quad (14)$$

$$\gamma_3 = W_m/W, \quad (15)$$

- წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფის სისრულის კოეფიციენტი მატების ფაზისათვის

$$\alpha_1 = W_{\beta}/Q_{მაქ} T_{\beta}, \quad (16)$$

დაცემის ფაზისათვის

$$\alpha_2 = W_{\delta}/Q_{მაქ} T_{\delta}, \quad (17)$$

მთლიანი ჰიდროგრაფისათვის

$$\alpha_3 = W/Q_{მაქ} T, \quad (18)$$

- წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფის ფორმის კოეფიციენტი

$$f_1 = Q_{მაქ}/Q_{საშ} \quad f_2 = Q_{მაქ} T_{\beta} W = f_1 T_{\beta}/T, \quad (19)$$

ზემოთ მოყვანილი f_1 და f_2 გამოსახულების ურთიერთ ჩასმით ვღებულობთ

$$Q_{\text{საზ}} = W/T, \quad (20)$$

ხოლო f_2 -ან

$$f_1 = Q_{\text{მავ}} T/W, \quad (21)$$

რაც წარმოადგენს წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფის მთლიანი სისრულის კოეფიციენტის შებრუნებულ სიდიდეს.

ქვემოთ მოგვყავს გამოთვლის შედეგები მდინარეების ფაწასა და ხახიეთისწყლის დაგუბებული ტბებისა და მათ გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნების მახასიათებლები (პარამეტრები) (ცხრ. 6).

გამოთვლებიდან ჩანს, რომ ასიმეტრიის კოეფიციენტი მუდმივია ყველა იმ წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფებისათვის, რომელთა წარმოშობა დაკავშირებულია ჩახერგილი კაშხლის მთლიან გარღვევასთან. ასეა სხვა ნებისმიერ T_m , W_m -ის მნიშვნელობების დროს აღებული შემთხვევის წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფებისათვის.

ამრიგად, თუ ცნობილია დაგუბებული ტბის წყლის მოცულობა, შეგვიძლია გამოვთვალოთ წყლის მოცულობა ჰიდროგრაფის მატების ფაზაში

$$W_{\text{ფ}} = 0.67 W_0, \quad (22)$$

და წყლის მოცულობა ჰიდროგრაფის დაცემის ფაზაში.

$$W_{\text{დ}} = 0.33 W_0, \quad (23)$$

ჰიდროგრაფის სხვა დანარჩენი კოეფიციენტები, როგორცაა ჰიდროგრაფის სისრულის და ჰიდროგრაფის ფორმის კოეფიციენტები იცვლებიან $Q_{\text{მაქს}}$ და W_0 -ის ცვალებადობის მიხედვით; მათგან ჰიდროგრაფის სისრულის კოეფიციენტს აქვს კლებადობის ხასიათი და წყალმოვარდნის

ცხრილი 6

დაგუბებული ტბებისა და მათ გარღვევებთან
დაკავშირებული წყალმოვარდნების პარამეტრთა გამოთვლის
შედეგები

№	დაგუბებული ტბებისა და წყალმოვარდნების პარამეტრების დასახელება		განმარტება	დაგუბებული ტბა	
				მდ. ფაწა	მდ. კახიკის ხეობის
1	2	3	4	5	6
1	დაგუბებული ტბის სიგრძე		L , კმ	2,85	1,8
2	დაგუბებული ტბის სიგანე		B , მ	80	100
3	დაგუბებული ტბის შეტბორვის დონე		h , მ	40	35
4	დაგუბებული ტბის წყლის მოცულობა:	მთლიანი	W , მ ³	$3,8 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^6$
		მატების ფაზაში	$W_{\text{მ}}$	$2,53 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^6$
		დაცემის ფაზაში	W , მ ³	$1,27 \cdot 10^6$	$0,7 \cdot 10^6$
5	წყალმოვარდნის წყლის:	მაქს. ხარჯი	$Q_{\text{მაქს}}$, მ ³ /წმ	38453	18106
		საშუალო ხარჯი	$Q_{\text{საშ}}$, მ ³ /წმ	586	415
6	წყალმოვარდნის ხანგრძლივობა:	მთლიანი	T , წმ	6480	5061
		მატების ფაზაში	$T_{\text{მ}}$, წმ	4320	3374
		დაცემის ფაზაში	$T_{\text{დ}}$, წმ	2160	1687
7	ჰიდროგრაფის ასიმეტრიის კოეფიციენტი:	მატების ფაზაში	γ_1	0,50	0,50
		დაცემის ფაზაში	γ_2	0,50	0,50
		მთლიანი	γ_3	0,67	0,67
8	ჰიდროგრაფის სისრულის კოეფიციენტი:	მატების ფაზაში	α_1	0,015	0,023
		დაცემის ფაზაში	α_2	0,015	0,023
		მთლიანი	α_3	0,015	0,023
9	ჰიდროგრაფის ფორმის კოეფიციენტი:		f_1	65,02	43,60
			f_2	43,70	29,10

წყლის მაქსიმალურ ხარჯთან გამოიხატება ასეთი დამოკიდებულებით

$$\alpha = 0,03 - 375 \cdot 10^{-9} Q_{\text{მაქ}} \quad (24)$$

ეს კი გვაძლევს საშუალებას გამოვითვალოთ წყალმოვარდნის მთლიანი ხანგრძლივობა, რომლის გამოსათვლელი ფორმულის (7) თანახმად ფორმულას აქვს შემდეგი სახე.

$$\frac{W}{Q} = \frac{L \cdot B \cdot H}{3(0,03 - 375 \cdot 10^{-9} Q_{maq}) Q_{maq}} \quad (25)$$

შემოწმების შედეგები მდ. ფაწას მაგალითზე:

$$T = \frac{2850 \cdot 100 \cdot 40}{3(0,03 - 375 \cdot 10^{-9} \cdot 38453) \cdot 38453} = 6330(6480)$$

განსხვავება სულ 150 წმ. ასეა მდ. ხახიეთისწყლის მაგალითზედაც:

$$T = \frac{1800 \cdot 100 \cdot 35}{3(0,03 - 375 \cdot 10^{-9} \cdot 18106) \cdot 18106} = 5000(5061)$$

აქაც განსხვავება 61 წმ (ცდომილება შეადგენს 1-2%)

ასევე შეგვიძლია გამოვითვალოთ T_{θ} და T_{φ} ; მართლაც თუ ფორმულების მარცხენა მხარეები ტოლია ($\square = \square$), მაშინ მარჯვენა მხარეებიც ტოლი იქნება, ე.ი.

$$T_{\varphi} / T_{\theta} = W_{\varphi} / W_{\theta} \quad (26)$$

გარდაქმნით ვღებულობთ

$$\begin{aligned} T_{\varphi} W_{\theta} &= T_{\theta} W_{\varphi} \\ (T - T_{\theta}) W_{\theta} &= T_{\theta} W_{\varphi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TW_{\beta} - T_{\beta} W_{\beta} &= T_{\beta} W_{\mathcal{L}} \\
TW_{\beta} &= T_{\beta} W_{\mathcal{L}} + T_{\beta} W_{\beta} \\
T_{\beta} &= TW_{\beta} / (W_{\mathcal{L}} + W_{\beta}) = TW_{\beta} / W_0 = 0.67T,
\end{aligned}
\tag{27}$$

აქედან კი

$$T_{\mathcal{L}} = 0.33T \tag{28}$$

ამრიგად, ფორმულები (23), (24) და 27-28-ით გამოითვლება W_{β} , $W_{\mathcal{L}}$, T , T_{β} და $T_{\mathcal{L}}$, რომლებიც, თავის მხრივ, წარმოადგენენ პროგნოზულ სიდიდეებს.

4.5. ჩახერგილი კაშხლის გარღვევის აღბილას მის მთლიან გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფის გაანგარიშება

ჩახერგილი კაშხლის მთლიან გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფი, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ხასიათდება წყლის ხარჯების (დონეების) ინტენსიური მატებით და ასევე ინტენსიური დაცემით, ისე რომ მისი მატების ფაზის ხანგრძლივობა ორჯერ მეტია მისი დაცემის ფაზის ხანგრძლივობაზე. ეს კარგად ჩანს ზემოთ მოყვანილ ნახ. 37-ზე წარმოდგენილი ჰიდროგრაფებიდან.

ჰიდროგრაფების ასეთი მოდელი დაედო საფუძვლად კაშხლის მთლიან გარღვევასთან დაკავშირებულ წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფების გაანგარიშებას.

გამოყენებულ იქნა საფეხურიანი აპროქსიმაციის მეთოდი, რომლის თანახმად წყალმოვარდნის მატებისა და დაცემის ფაზების ხანგრძლივობა იყოფა საფეხურებად ΔT -ს ბიჯით. მაშინ მატების ფაზის (T_{β}) პირველ საფეხურზე გვექნება $T_{\beta 1} = \Delta T$; მეორე საფეხურზე $T_{\beta 2} = \Delta T + \Delta T$ და ა.შ. მანამ, სანამ $T_{\beta i}$ არ გახდება T_{β} -ს ტოლი. ასევე, დაცემის ფაზაში პირველ საფეხურზე გვექნება $T_{\mathcal{L} 1} = \Delta T$, მეორე საფეხურზე $T_{\mathcal{L} 2} = \Delta T + \Delta T$ და ა.შ. მანამ, სანამ $T_{\mathcal{L} i} = T_{\mathcal{L}}$.

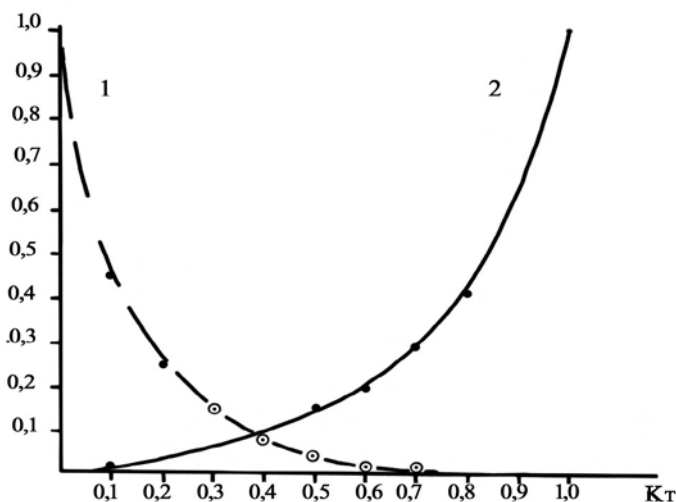
ჰიდროგრაფის მოდელიდან (ნახ. 41) დადგენილი საფეხურებისათვის გამოითვლება შესატყვისი წყლის ხარჯები (დონეები).

მიღებული სიდიდეების საფუძველზე გამოითვლება ხანგრძლივობისა და შესატყვისი წყლის ხარჯების კოეფიციენტები.

$$K_{T\partial i} = T_{\partial i} / T_{\partial}, K_{T i\zeta} = T_{\zeta i} / T_{\zeta}, \quad (29)$$

$$K_{Q\partial i} = Q_{\partial i} / Q_{\partial\text{მ.}}, K_{Q\zeta i} = Q_{\zeta i} / Q_{\zeta\text{მ.}}, \quad (30)$$

ასეთი გზით გამოთვლილი K_T და K_Q -ს მნიშვნელობები მოცემულია ცხრ. 7 და ნახ. 41-ის სახით.



ნახ. 41. ჩახერბილი კაშხლის გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფის კოორდინატების მრუდები ღაცემის უაზისათვის (მრუდი 1) და მატების უაზისათვის (მრუდი 2).

ცხრილი 7.

საანბარიშო ჰიდროგრაფის T_i/T და $Q_i/Q_{\text{მაქ}}$ კოორდინატები

$T\theta_i / T\theta (T_{\text{ღი}} / T_{\text{ღ}})$	$Q\theta / Q_{\text{მაქ}}$	$Q_{\text{ღი}} / Q_{\text{მაქ}}$
1	2	3
0.0	0.0	1.0
0.1	0.01	0.45
0.2	0.03	0.25
0.3	0.07	0.15
0.4	0.10	0.08
0.5	0.15	0.05
0.6	0.20	0.02
0.7	0.29	0.02
0.8	0.41	0.015
0.9	0.62	0.015
1.0	1.00	0.0

ამრიგად, თუ ცნობილია წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფის მატების ხანგრძლივობა ($T\theta$) და ხანგრძლივობის ბიჯის (ΔT) შესატყვისი მატების ხანგრძლივობა i დროისათვის ($T\theta_i$), მაშინ, ცხრ. 7 ან ნახ. 41-ის საშუალებით მივიღებთ $T\theta_i / T\theta$ -ის შესაბამის $Q\theta / Q_{\text{მაქ}}$ -ის მნიშვნელობას. მისი $Q_{\text{მაქ}}$ -ზე გამრავლებით კი მივიღებთ ჰიდროგრაფის კოორდინატს წყლის ხარჯის მატებისა და დაცემის ხანგრძლივობის i დროისათვის. მაგალითად, გამოვითვალთ ხახიეთის დაგუბებული ტბის გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფი ჩახერგილი კაშხლის მთლიანი გარღვევის ადგილას.

მოცემული გვაქვს დაგუბებული ტბის სიგანე 60 მ ჩახერგილ კაშხალთან და შეტბორვის დონე 30 მ. გამოთვლილ იქნა (იხ. ცხრ. 6) $Q_{\text{მაქ}} = 18106$ მ³/წმ, ჰიდროგრაფის მატების ფაზის ხანგრძლივობა 3374" (56') და დაცემის ფაზის ხანგრძლივობა 1687" (28'). ჰიდროგრაფის გამოთვლის სქემა ნაჩვენებია ცხრ. 8. ჰიდროგრაფის კოორდინატების საფუძველზე აგებული ხახიეთის წყლის დაგუბებული ტბის მთლიან, გარღვევასთან დაკავშირებული ჰიდროგრაფი ნაჩვენებია ნახ. 37 (მრუდი 1), სადაც მოყვანილია ჰიდროგრაფი-ანალოგი (მრუდები 2–4). გაანგარიშებული ჰიდროგრაფი ასახავს ზემოთ გამოთქმულ დებულებას იმის შესახებ, რომ განხილული კატეგორიის წყალმოვარდნისათვის ჰი-

დროგრაფების მატების ფაზის ხანგრძლივობა ორჯერ მეტია დაცემის ფაზის ხანგრძლივობაზე. გაანგარიშებული ჰიდროგრაფი, ძირითადად, ეთანხმება ფაქტიურ ჰიდროგრაფებს და ეს დამოხვევა ლაპარაკობს ცხრ. 7 მოყვანილი ჰიდროგრაფის T_i / T და $Q_i / Q_{\text{მ.ქ.}}$ კოორდინატების პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობაზე.

ცხრილი 8

მდ. ხახიშეთისწყლის ღაბუშკაშვილი ტბის ბარაჟშენიდან დაკავშირებული წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფის კოორდინატების გამოთვლა ჩახერბილი კაშხლის ბარაჟშენის ალბილას

წყალმოვარდნის ხანგრძლივობა, წუთი			კოორდინატები		დანგარიშებული წყლის ხარჯის კოორდინატები K_{Qi}	გამოთვლილი წყლის ხარჯები $K_{Qi} Q_{\text{მ.ქ.}}$
მთლიანი, T	მატების ფაზა, T_a	დაცემის ფაზა T_d	$K_i = T_a / T$	$K_{di} = T_d / T$		
0	0		0		0.0	0
5	5		0.089		0.010	181
10	10		0.179		0.030	543
15	15		0.268		0.058	688
20	20		0.357		0.080	1448
25	25		0.446		0.113	2046
30	30		0.536		0.168	3042
35	35		0.625		0.222	4020

40	40		0.714		0.307	5558
45	45		0.804		0.418	7568
50	50		0.893		0.595	10773
56	56		1.000		1.000	18106
61		5		0.179	0.290	5251
66		10		0.357	0.120	2173
71		15		0.536	0.034	616
76		20		0.714	0.020	362
81		25		0.893	0.015	272
84		28		1.00	0	0

4.6. მდინარის ხეობის ჩახეჩბილი კაშხლის მდგრადობის შეფასება

ჩახეჩბილი კაშხლის წარმოშობისას ხშირად იბადება კითხვა: მდგრადია, თუ მოსალოდნელია კაშხლის გარღვევა. ამიტომ, კაშხლის მდგრადობის შეფასებას პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. კაშხლის მდგრადობაზე მრავალი ფაქტორი მოქმედებს. მათ შორის მთავარია წყალი. იგი მოქმედებს თავისი წონით, რომლის მაქსიმუმს ადგილი აქვს კაშხლის ფსკერზე და გამოითვლება ფორმულით [33]:

$$W = \gamma \frac{H^2}{2}, \quad (31)$$

სადაც W არის წყლის წნევა (ტ/მ²); $\square$ — წყლის ხვედრითი წონა (ტ/მ³); H — შეტბორვის დონე (მ).

მაგრამ კაშხალი, თავის მხრივ ეწინააღმდეგება წყლის დაწოლას და ეს წინააღმდეგობის ძალა არის ხახუნის ძალა P , რომელიც გამოითვლება ფორმულით:

$$P = f \Sigma P, \quad (32)$$

სადაც f არის ხახუნის კოეფიციენტი; ΣP — ვერტიკალური ძალების ჯამი, რომელიც თავის მხრივ გამოითვლება ფორმულით

$$\Sigma P = v + N, \quad (33)$$

სადაც $\square$ არის ჩახერგილი კაშხლის წონა; N — წყლის წნევა, რომელიც მიმართულია ქვევიდან ზევით.

მოყვანილი ფორმულებიდან ნათლად ჩანს, რომ თუ წყლის წნევა (W) მეტია კაშხლის ხახუნის ძალაზე (P), კაშხალი არამდგრადია და პირიქით; სხვანაირად რომ ვთქვათ, თუ შეფარდება

$$P / W < 1$$

კაშხალი არამდგრადია, თუ შეფარდება:

$$P / W > 1$$

კაშხალი მდგრადია. ამ შეფარდებას მდგრადობის კოეფიციენტი უწოდებენ (K).

ამრიგად, მდგრადობის კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით

$$K = P/W = f(v-N)/W, \quad (34)$$

ფორმულა (34)-ში შემავალი პარამეტრები გამოითვლება (2) ფორმულის თანახმად: მაგალითად, ხახიეთისწყლის ხეობის ჩახერგილი კაშხლის მოცულობა $W_{\text{ჩ}} = 20 \cdot 10^6 \cdot 2,5 = 50 \cdot 10^6$ ტ დაგუბებული წყლის მოცულობა $W = 2,1 \cdot 10^6$ მ³ მათი შეფარდება

$$P/W = 50 \cdot 10^6 / 2,1 \cdot 10^6$$

როგორც ჩანს, ეს ფარდობა მეტია 1-ზე; ამის გამო კაშხალი მდგრად მდგომარეობაში იყო. ასეთ თანაფარდობას ადგილი ჰქონდა მდ. ფაწას ხეობაში ჩახერგილი კაშხლის მდგრადობისას:

$$P/W = 1,8 \cdot 10^6 \cdot 2,5 / 3,8 \cdot 10^6 = 1,18,$$

მაგრამ კაშხლები მაინც გაირღა: 10-11 და 20-22 მ სიღრმით, 50-60; 80-92 მ. სიგანით, შესაბამისად. ეს გარღვევა

მდ. ხახიეთისწყალზე გამოწვეული იყო დინამიური წნევის გამო, რომელიც დაემატა სტატისტიკურ წნევას. ეს კი გამოწვეული იყო თავსება წვიმის წყალმოვარდნის ჩამონადენის შედეგად, მაგრამ ჩამონადენი დიდი არ იყო — 5-6-ჯერ ნაკლები, ვიდრე წყლის მაქსიმალური ხარჯი. მაშინ გაირღვა მხოლოდ თხემთან ახლოს მდებარე კაშხლის ნაწილი. ასევე, გაირღვა იმავე რაიონში მდებარე მდ. ჯრუჭულას ჩახერგილი კაშხალი, მაგრამ ეს მოხდა თითქმის ერთი წლის შემდეგ, მთლიანი გარღვევით. ეს კი გამოწვეული იყო უფრო მეტი წნევის გავლენით, ვიდრე იმ დინამიკური წნევისა, რომელსაც აღვილი ჰქონდა მდ. ხახიეთისწყლის დაგუბებული ტბის გარღვევისას 1991 წ. 16 მაისს. სულ სხვა ვითარებაში მოხდა მდ. ფაწას დაგუბებული ტბის გარღვევა. გამოირკვა, რომ სამხედრო სპეციალისტებს, რომლებიც აკვირდებოდნენ ტბის ავსების რეჟიმს, გამოუყენებიათ აფეთქებები ჩახერგილი კაშხლის გარღვევისათვის. ფაქტიურად, აფეთქებებმა გააფხვიერა ჩახერგილი კაშხლის ზედა წყება, რომელიც დაგუბებულმა წყალმა ადვილად გაარღვია. რაკი წყალმოვარდნის შედეგი აღმოჩნდა სავალალო, სამხედრო სპეციალისტებმა დუმილი ამჯობინეს.

სხვა მრავალი მაგალითის მოყვანა შეიძლება, მაგრამ შეეჩერდებით ერთ მათგანზე. 1967 წ. 16 ივნისს მდ. ჩხალთას ხეობა მთა აწვარასთან ჩაიხერგა კლდე-ზვავით, რომელსაც ჰქონდა სიგრძე 2 კმ, სიგანე 400 მ, მოცულობა 3 მლნ.მ³ [22]. კლდე-ზვავმა გადაკეტა მდ. ჩხალთა და წარმოიშვა დაგუბებული ტბა, რომელმაც 3 დღის შემდეგ გაარღვია ჩახერგილი კაშხალი და დაიცალა [22]. თუ მივიღებთ მდ. ჩხალთას იმ დღეების წყლის საშუალო ხარჯს 20 მ³/წმ (ანალოგის მეთოდის გამოყენებით მდ. ჩხალთა — სოფ. ჩხალთას მონაცემების საფუძველზე), მაშინ წყლის მოცულობა მესამე დღის ბოლოს მიაღწევდა 9,23 მლნ.მ³. ფორმულა (34)-ის გამოყენებით მივიღებთ:

$$K=P/W=2.5 \ 3000000/9230000=0.8 \ .$$

როგორც ჩანს, ჩახერგილი კაშხლის მდგრადობის კოეფიციენტი <1-ზე, რაც გვიჩვენებს კაშხლის

არამდგრადობას. ის უნდა გაერღვია წყალს მისი დიდი წნევის გამო. მართლაც, კაშხალი გაირღვა, ამასთან, მთლიანად.

4.7. დაგუბებული ტბის გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური დონეებისა და ხარჯების განსაზღვრა მდინარის ტრანზიტულ უბანზე

დაგუბებული ტბების გარღვევის შედეგად ძირს დაშვებული წყალი ჩაედინება მდინარეში. ამ მხრივ ეს მდინარე წარმოადგენს ტრანზიტულ მდინარეს. ასე მაგალითად, მდ. ფაწაზე, 1991 წ. 29 აპრილს მიწისძვრის შედეგად წარმოშობილი დაგუბებული ტბის გარღვევასთან დაკავშირებულმა წყალმოვარდნამ გაიარა ჯერ მდ. ფაწა, შემდეგ დიდი ლიახვი და ბოლოს მდ. მტკვარი; გამოიწვია დონეების მატება სოფ. ფაწასთან 7-8 მ, სოფ. კეხეთან 5-6 მ, ქ. ცხინვალთან 3-4 მ, ქ. გორთან 1,2 მ და ქ. თბილისთან 0,5 მ. ასევე, მდ. ხახიეთისწყალზე, იმავე მიწისძვრის შედეგად წარმოშობილი დაგუბებული ტბის გარღვევასთან დაკავშირებულმა წყალმოვარდნამ გაიარა თვით მდ. ხახიეთისწყალი, შემდეგ მდ. ყვირილა, რომლებიც ტბის გარღვევის ქვემოთ წარმოადგენდნენ აღნიშნულ წყალმოვარდნისათვის ტრანზიტულ მდინარეებს. წყალმოვარდნის ნაკადის დონე მცირდებოდა გავლილი მანძილის ზრდასთან ერთად და შეადგენდა 3-4 მ სოფ. პერეეთან, 0,8 მ. ქ. საჩხერესთან და 0,6 მ-ს ქ. ზესტაფონთან. ასეთი შემცირების ხასიათი პქონდა წყლის ხარჯებსაც. იგი შეადგენდა 1543 მ³/წმ სოფ. კეხეთან, 230 მ³/წმ ზაქესთან, 202 მ³/წმ ქ. თბილისთან, 803 მ³/წმ და 548 მ³/წმ სოფ. პერეეთან, 98 მ³/წმ ქ. საჩხერესთან და 37 მ³/წმ ქ. ზესტაფონთან, ჩახერგვის გარღვევის ადგილიდან, შესაბამისად, 15, 123, 133, 3, 4, 28 და 82 კმ-ის გავლის შემდეგ.

მსგავსი, სხვა მრავალი მაგალითის მოყვანა შეიძლება, მაგრამ ზემოთ აღნიშნული სრულიად საკმარისია იმის თვალსაჩინოებისათვის, რასაც ადგილი აქვს მდინარის ტრანზიტულ უბნებზე წყალმოვარდნების წყლის მაქსიმალური ხარჯების ტრანსფორმაციის დროს.

ტრანსფორმაციის მთავარ ფაქტორებს წარმოადგენენ მდინარის ნაკადის გაშლის პროცესები, რომლებსაც ადგილი აქვს მდინარის კალაპოტისა და მიმდებარე ჭალების ფარგლებში. ისინი თავისთავად ხასიათდებიან კალაპოტის სიგანის, სიგრძის, დახრილობის, აგებულების, ზედაპირის უსწორმასწორობის, მქისეობის, წყლიანობისა და სხვა მრავალი ფაქტორის დიდი სხვადასხვაობითა და ცვალებადობით. საკმარისია აღვნიშნოთ, რომ მათემატიკური მოდელის სქემისათვის მდინარეს ყოფენ უბნებად, თითოეულ უბანს კი თავის მხრივ მარცხენა, შუა და მარჯვენა ნაწილებად. ყველა ამ უბნის ნაკადის გაშლის პროცესების ფაქტორთა რაოდენობა 22-28-მდე აღწევს. მაგრამ სხვა სირთულეს მაინც აქვს ადგილი, რადგან ზოგიერთ შემთხვევაში არ არის სათანადო ინფორმაცია; საერთოდ, საჭიროა სპეციალური გაზომვები და დაკვირვებები. ამიტომ, მრავალი მკვლევარი ცდილობს შეიმუშაოს მარტივი მეთოდი, რომელიც უზრუნველყოფს ტრანსფორმირებული წყალმოვარდნის მახასიათებლების გამოთვლის დამაკმაყოფილებელ შედეგებს. ამ მხრივ ყურადღებას იმსახურებს ი.გოგლიბის, მ.კუხზინის, ი.სოკოლნიკოვის, ბ.პოლიაკოვის ფორმულა [17,33].

$$h = H^{-\beta \frac{L}{T}}, \quad (35)$$

ნ.რუხადისა და ი.ხერხეულიძის ფორმულა [41]

$$h = 0.5(h - 0.05 \sqrt[3]{LH^2} \beta), \quad (36)$$

სადაც h არის წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური დონე საანგარიშო კვეთზე; H — დაგუბებული ტბის (წყალსაცავის) წყლის დონე კაშხალთან; L — მანიძლი კაშხლიდან საანგარიშო კვეთამდე; β — ნაკადის გაშლის ინტენსივობის კოეფიციენტი; T — წყლის კაშხალიდან გადინების ხანგრძლივობა საათებში.

β -ს მნიშვნელობა მერყეობს ძალიან დიდ ფარგლებში: 0,075-დან 0,90-მდე, მაგრამ ი.გოგლიბისა და მისი თანაავტორების თანახმად [17,33] ეს ცვალებადობა არ არის

დამოკიდებული ტბის (წყალსაცავის) მორფომეტრიაზე. მისი დადგენა შეიძლება სპეციალური დაკვირვებების საფუძველზე. ეს კი აძნელებს (35) ფორმულის პრაქტიკულ გამოყენებას. უფრო მყარ საფუძველს ემყარება ნ. რუხაძისა და ი. ხერხეულიძის ფორმულა, რომლის თანახმად β არის საწყისი (b) და საანგარიშო (B) კვეთების სიგანეების შეფარდება შემდეგი სახით [41]:

$$\beta = (b/B)^{0.7} \quad (37)$$

მსგავსი ფორმულები, გამოიყენება მდინარის ტრანზიტულ უბანზე ტრანსფორმირებული წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური დონის გამოსათვლელად. უნდა შევნიშნოთ, რომ ტრანზიტულ უბანზე დონეების შემცირების ტენდენციასთან ერთად, როგორც ეს ფორმულებიდან ჩანს, ადგილი აქვს მისმატებას, როცა $B < b$, ან მომდევნო უბანზე, როცა B_i ნაკლებია წინ მდებარე უბნის B_{i-1} -ზე. ამიტომ დიდ უპირატესობას ანიჭებენ წყლის ხარჯებს, რომლებიც დონეების ცვალებადობისაგან განსხვავებით ხასიათდებიან მხოლოდ შემცირების ტენდენციით. ამ მხრივ საინტერესოა იზოქრონული თეორიის ორი ეტაპობრივი სქემის ანალიზის საფუძველზე ზ. მესხიას [2,6] მიერ შედგენილი მდინარის ტრანზიტულ უბანზე წყლის ხარჯის გამოსათვლელი ფორმულები:

$$Q_1 = Fq = 2L_1 h_{31}^2 = 2L_1 b_1 q = 2L_1 \frac{F}{2L_1} = Fq, \quad (38)$$

$$Q_1 = Fq = 2L_2 h_{32}^2 = 2L_2 b_2 q = 2L_1 \frac{F}{2L_2} = \frac{L_1}{L_2} Fq, \quad (39)$$

$$Q_1 = Fq = 2L_3 h_{33}^2 = 2L_3 b_3 q = 2L_1 \frac{F}{2L_3} = \frac{L_1}{L_3} Fq, \quad (40)$$

და ა.შ.

სადაც 1 არის მდინარის კვეთი, რომლის ზემოთ ფორმირდება მდინარის ჩამონადენი; 2, 3 და ა.შ. არის ტრანზიტულ უბანზე მდინარის კვეთის რიგითი ნომერი, სადაც უნდა გაიაროს პირველი კვეთიდან გავლილმა წყალმა, შესაბამისად

Q_1 , Q_2 და Q_3 წყლის ხარჯებმა; L_1 , L_2 და L_3 მდინარეების სიგრძეებია სათავიდან კვეთამდე; F — წყალშემკრები აუზის ფართობი; q და h — შესაბამისად ჩამონადენის მოდული და ჩამონადენის ფენის სიმაღლე; ფორმულების თანახმად ტრანზიტულ უბანზე, თუ ადგილი არ აქვს ნაკადის გაშლის პროცესების გავლენას, წყლის ხარჯი მდინარის სიგრძეზე არ უნდა იცვლებოდეს. მართლაც, ფორმულების მარჯვენა ნაწილის პირველი წევრი (Fq) უცვლელია ყველა კვეთისათვის, მაგრამ იგი ცვალებადია. მისი მნიშვნელობის შეცვლით მეორე წევრით, შემდეგ მესამე, მეოთხე და მეხუთე წევრებით, მივიღებთ, რომ პირველ კვეთზე ჩამონადენი უდრის პირველ წევრს, მეორე, მესამე და ა.შ. კვეთებზე კი შემცირებულ წყლის ხარჯებს L_1/L_2 -ზე გამრავლებული მეორე კვეთზე, L_1/L_3 -ზე გამრავლებული მესამე კვეთზე და ა.შ. ასე რომ, მდინარის ტრანზიტული უბნებისათვის ტრანსფორმირებული მაქსიმალური ხარჯების გამოსათვლელ ფორმულებში წევრების შეცვლის შედეგად გაჩნდა ახალი წევრი — მდინარის სიგრძის რედუქციის კოეფიციენტი: L_1/L_2 მეორე კვეთისათვის, L_1/L_3 — მესამე კვეთისათვის და ა.შ. მათ უპირატესობაზე ლაპარაკობს გამოთვლის შედეგები. სამწუხაროდ არ გვაქვს სპეციალური დაკვირვების მასალა; მიუხედავად ამისა, ადებულ იქნა რამდენიმე შემთხვევა. ასე მაგალითად, 1968 წ. 18-21 აპრილს მდ. მტკვარზე გაიარა კატასტროფულმა წყალმოვარდნამ, რომლის მაქსიმალურმა ხარჯმა ხერთვისის, მინაძის, ლიკანის, გრაკალის, ძეგვის, თბილისის, კირზანისა და ხულუფის ჰიდროლოგიურ საგუშაგოებზე მიაღწია 742, 1100, 1520, 1900, 2170, 2450, 2710, 2720 მ³/წმ-ს. როგორც ჩანს, მაქსიმალური ხარჯი იზრდებოდა მდინარის სიგრძის ზრდასთან ერთად. მაგრამ აშკარად შეიმჩნევა ტრანსფორმაციის ნიშნები; განსაკუთრებით მან თავი იჩინა თბილისის ქვემოთ, რაც წარმოადგენს წყალმოვარდნის ნაკადის გაშლის (გართხმის) პროცესების ზემოქმედების შედეგს მდინარის კალაპოტისა და მიმდებარე ჭალების ფარგლებში. ანალოგიური შემთხვევა განმეორდა მდ. არაქსზე, სადაც 1969 წ. 1-11 მაისს ადგილი ჰქონდა კატასტროფულ წყალმოვარდნას, რომლის წყლის მაქსიმალური ხარჯი იზრდებოდა მდინარის სიგრძის ზრდასთან ერთად და მიაღწია სოფ. სურმაღუში (ფართობი 22100 კმ²) 1690 მ³/წმ, სოფ. კიზილვანკში (ფართობი 54300 კმ²)

— 2230 მ³/წმ [54]. ეს მატება გაგრძელდა მდ. არაქსის შესართავის ქვევითაც და მიაღწია მაქსიმუმს მდ. მტკვრის ჰიდროლოგიურ საგუშაგოსთან სოფ. სურაში (35 კმ გავლის შემდეგ) 2680 მ³/წმ. ამის ქვემოთ მდ. მტკვრის უშენაკადო უბანზე იწყება წყლის მაქსიმალური ხარჯის შემცირება და 121 კმ-ის გავლის შემდეგ ეს ხარჯი გახდა 2350 მ³/წმ, ე.ი. შემცირდა. 330 მ³/წმ-ით წყლის მაქსიმალური ხარჯის ასეთი შემცირება აიხსნება ნაკადის გაშლის პროცესების ზემოქმედებით. ანალოგიურ შემთხვევას, ჰქონდა ადგილი მდ. ქსანზე, 1987 წ. 11 ივნისს. კატასტროფულმა წყალმოვარდნამ, დიდი ზარალი მიაყენა ქსნის ხეობის მოსახლეობას. წყლის მაქსიმალური ხარჯის დასადგენად 1989 წ. ივნის-სექტემბერში ჩატარდა სპეციალური გაზომვები მაღალი დონის ნიშნულის მიხედვით და 22 კვეთზე გამოთვლილ იქნა წყლის ხარჯები [55]. დადგინდა, რომ ეს ხარჯები იზრდებოდა მდინარის სიგრძეზე, მიაღწია მაქსიმუმს 606 მ³/წმ სოფ. ქსოვრისის ქვემოთ 2 კმ-ზე (სათავიდან 69-ე კმ-ზე); შემდეგ ადგილი ჰქონდა მის შემცირებას და შესართავთან შეადგენდა 516 მ³/წმ. ასე რომ, მდ. ქსნის მომდევნო 15 კმ-იანი უბანი წარმოადგენდა აღნიშნულ წყალმოვარდნისათვის ტრანზიტულ უბანს.

ჩამოთვლილი მდინარეების ტრანზიტული უბნებისათვის გამოთვლილი წყლის მაქსიმალური ხარჯების შედეგები მოყვანილია ცხრ. 9.

ცხრ. 9-დან ჩანს, რომ ტრანსფორმირებული წყლის მაქსიმალური ხარჯების სიდიდეები კარგად ეთანხმებიან ფაქტიურს; განსხვავება არ აღემატება 12,5%-ს, საშუალოდ კი შეადგენს 6,5%-ს, რაც 2,5-3-ჯერ ნაკლებია წყლის მაქსიმალური ხარჯების გაზომვის სიზუსტეზე.

ეს საშუალებას გვაძლევს (38-40) ფორმულები გამოვიყენოთ მდინარეთა ტრანზიტულ უბნებზე გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯის გამოსათვლელად. იმ პირობით, რომ L_1 -ის მნიშვნელობად აღებულია არა მდინარის სიგრძე, არამედ თვით დაგუბებული ტბის სიგრძე, ხოლო L_2 , L_3 და ა.შ. მანძილებია კაშხლის გარღვევის ადგილიდან მდინარის ტრანზიტული უბნების ნებისმიერ კვეთამდე L_1 ჩათვლით, ე.ი. აღნიშნული მდინარეების მოქმედ ჰიდროლოგიურ და ზოგიერთ ექსპედიციურ კვეთებზე გაზომილ იქნა გარღვევასთან დაკავშირებული ნაზღვლევი

წყალმოვარდნების წყლის მაქსიმალური ხარჯები. მათ საფუძველზე, როგორც საიმედო წყლის ხარჯები, (41) ფორმულის დახმარებით გამოთვლილ იქნა თვით ის ხარჯი, რომელსაც ექნებოდა ადგილი ჩახერგილი კაშხლის გარღვევის ადგილას ($Q_{მაქ}$). ამ შემთხვევაში, გამოყენებულ იქნა შებრუნებული შეფარდება, ე.ი. L_2/L_1 მეორე კვეთისათვის, L_3/L_1 მესამე კვეთისათვის და ა.შ., საჭირო მონაცემები და გამოთვლების შედეგები მოყვანილია ცხრ. 9-ში. როგორც ჩანს, გამოთვლილი წყლის ხარჯები ჩახერგილი კაშხლის გარღვევის ადგილას ერთმანეთთან ძალიან ახლოს არიან 7%-ის ფარგლებში. პრაქტიკული მნიშვნელობისათვის ვიღებთ საშუალო სიდიდეს, რომელიც შეადგენს ხახიეთის დაგუბებული ტბის კაშხლის გარღვევის ადგილას 2439 მ³/წმ, ხოლო ფაწას დაგუბებული ტბის კაშხლის გარღვევის ადგილას 12530 მ³/წმ. ამ სიდიდეთა დასადასტურებლად მიღებული შედეგები შედარებულია ფორმულით (11) მიღებულ

ცხრილი 9

მდინარეთა ტრანზიტულ უბნებზე წყალმოვარდნების
ტრანსპორტირებული წყლის მაქსიმალური ხარჯების გამოთვლის
შედეგები

მდინარე-პუნქტი	მდინარის სიგრძე სათავიდან პუნქტამდე (L), კმ	წყლის ხარჯი, მ ³ /წმ			რეგულაციის კოეფიციენტი L_2/L_1+L_3	ტრანსპორტირებული წყლის ხარჯი	სხვაობა	
		მაქსიმალური ($Q_{მაქ}$)	შენაკადებიდან მაქსიმალური ($Q_{შაკ}$)	ფაქტური			მ ³ /წმ	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
მტკვარი-ქ. თბილისი	474	2450		2450				
მტკვარი-სოფ. კირზანი	625	2710	708	2002	0.76	1858	144	7.2
მტკვარი-სოფ. ხულუფი	687	2720	794	1926	0.69	1690	236	12.5
მტკვარი-სოფ. კირზანი	625	2710		2710				
მტკვარი-სოფ. ხულუფი	687	2720	86	2634	0.91	2465	169	6.4
არაქსი-(მტკვარი-სოფ. სურა)	1107	2680		2680				
არაქსი-(მტკვარი-სოფ. სალიანი)	1228	2350		2350	0.90	2412	62	2.6
ქსანი-2კმ ქვემოთ სოფ.ქსოვრისი	69	606		606				

შესართავი	84	516		516	0.82	497	19	3.7
საშუალო								6.5

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= L_1/L_1 Q_{\text{მაქ}} \\
 Q_2 &= L_1/L_2 Q_{\text{მაქ}} \\
 Q_3 &= L_1/L_3 Q_{\text{მაქ}} \\
 &\text{და ა.შ.}
 \end{aligned}
 \tag{41}$$

შედგებათ: 2429 მ³/წმ მდ. ხახიეთისწყლის დაგუბებული ტბის კაშხლის გარღვევის ადგილას და 13771 მ³/წმ მდ. ფაწას დაგუბებული ტბის კაშხლის გარღვევის ადგილას. ეს სიდიდეები, როგორც ჩანს, კარგად ემთხვევიან ერთმანეთს 2-3%-ის ფარგლებში.

მიღებული შედეგები საშუალებას გვაძლევს შევადგინოთ წყლის მაქსიმალური ხარჯის გამოსათვლელი ფორმულა კაშხლის გარღვევის ადგილისათვის წყლის იმ ხარჯების საფუძველზე, რომლებიც გაიზომა კაშხლის ქვემოთ მდებარე ჰიდროლოგიურ საგუშაგოებზე ნაზღველვი წყალმოვარდნის გაელის დროს. ფორმულას აქვს შემდეგი სახე:

$$Q_{\text{მაქ}} = [(L_2 + L_1)Q_2 + (L_3 + L_1)Q_3 + \dots + (L_n + L_1)Q_n] / nL_1, \tag{42}$$

სადაც n ჰიდროლოგიური კვეთების რაოდენობაა. დანარჩენი აღნიშვნები იგივეა, რაც (40) ფორმულაში.

შემოწმების თვალსაზრისით მოგვყავს გამოთვლის შედეგები დაგუბებული ფაწას ტბის გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნისათვის:

$$Q_{\text{მაქ}} = [(15+2)1543 + (123+2)230 + (133+2)202] 3 \cdot 2 = 13708 \text{ მ}^3/\text{წმ},$$

რაც ემთხვევა **ცხრ. 12-ში** მოყვანილ გასაშუალებულ სიდიდეს 13771 მ³/წმ.

იმავე ფორმულით გამოთვლილი იქნა წყნეთის წყალსაცავის კაშხლის გარღვევის ადგილას მაქსიმალური წყლის ხარჯი 0,04, 0,11 და 7,5 კმ ქვემოთ (ნახ. 42) გაზომილი იმავე წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯების საფუძველზე, კერძოდ,

$$Q_{\text{მაქ}} = [(0.04+0.18)329 + (0.11+0.18)350 + (7.5+0.18)30] / 3 \cdot 0.18 = 748 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

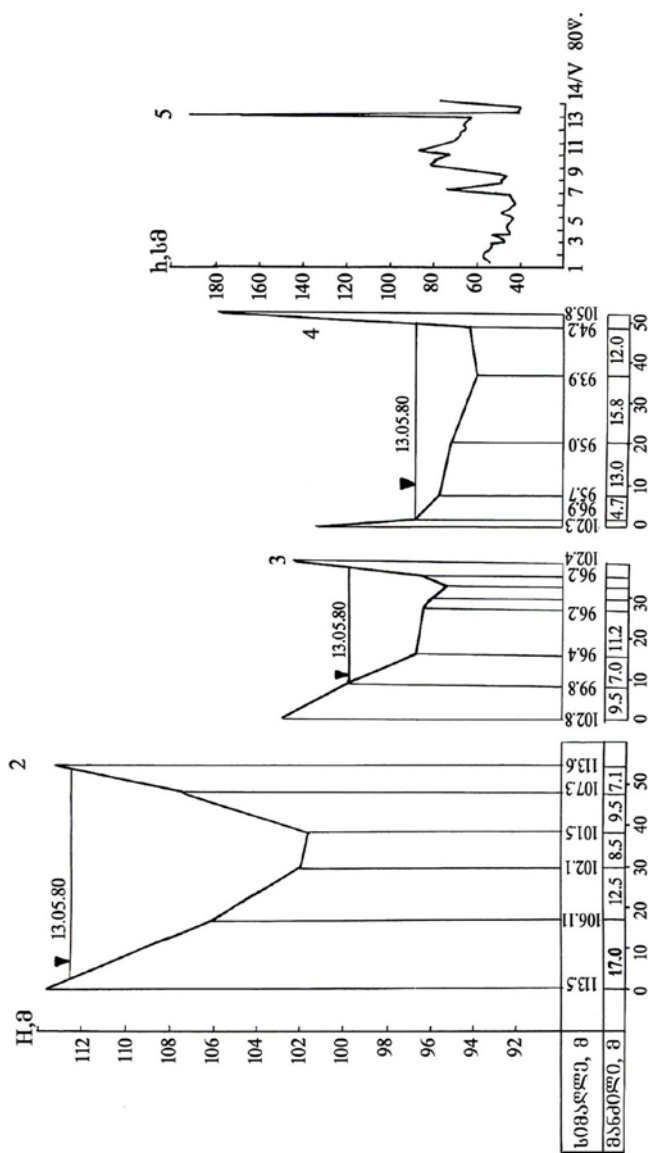
ე.ი. წყლის მაქსიმალური ხარჯი კაშხლის გარღვევის ადგილას შეადგენს 748 მ³/წმ. მისი სისწორის დასამტკიცე-

ბლად მოგვეყავს მეტად საჭირო კაშხლის გარღვევის სიგანის გამოსათვლელი ფორმულა, რომელიც (1) ფორმულის თანახმად

$$B=Q_{\text{პაქ}}/1.9H^{3/2}=748/1.94^{3/2}=50, \quad (43)$$

ე.ი. კაშხლის გარღვევის სიგანე შეადგენს 50 მ. ეს კი თითქმის ემთხვევა ადგილზე ნიველობით გაზომილ სიგანეს, რაც შეადგენდა 55 მ.

ამრიგად, მივიღეთ თეორიისათვის და პრაქტიკისათვის უაღრესად საჭირო ახალი ფორმულა, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გამოვითვალოთ ტბის გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი და კაშხლის გარღვევის სიგანე გარღვევის ადგილას ამავე წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯების გაზომვის საფუძველზე ტრანზიტულ უბნის ჰიდროლოგიურ კვეთებზე – საგუშაგოებზე.



ნახ 42. მდ. ხევისწყლის განივი პროფილი.

**4.8. ღაბუბაშული ტაბის ბარდშეშასთან
ღაბაშორეშული წყალშორდარდნის წყლის მაქსიშალურ
ღონეთა ღა ხარჯთა ბაშოსათშვლელი (საპრობნოზო)
შორმულუბი**

ზეშოთ შიღებული დამაკმაყოფიღებელი შედგებუბი საშუაღებას გვაძღევს, ჰიდრაღლიკისა და რედუქციის კანონების გაშოყენებოთ, შევადგინოთ წყალშოვარდნის წყლის მაქსიშალური ღონეების ($h_{აჰს}$) და ხარჯების ($Q_{აჰს}$) გაშოსათშვლელი შორმულუბი:

— წყალშოვარდნის წყლის მაქსიშალური ღონისათვის

$$h_{აჰს}=H/10^{0.3b/B} (1+0.15L_i), \quad (44)$$

— წყალშოვარდნის წყლის მაქსიშალური ხარჯისათვის

$$Q_{აჰს}=mLBH^{1.5} (L+L_i), \quad (45)$$

სადაც H არის შეტბორვის ღონე, m — კოეფიციენტი, რომელიც ტრაპეციული შორმის კალაპოტის შემოხვევისათვის უდრის 1,9; L არის დაგუბებული ტბის სიგრძე; L_i — მანძილი ჩახერგილი კაშხლის გარღვევის ადგილიდან გაშოსათშვლელ პუნქტამდე, მდინარის ღინების შიშართულუბოთ.

ოუ

$$L_i=0,$$

მაშინ

$$h_{აჰს}=0.5H,$$

$$Q_{აჰს}=1.9BH^{3/2}, \quad (46)$$

შივიღეთ $h_{აჰს}$ -ისა და $Q_{აჰს}$ -ის მნიშვნელობების გაშოსათშვლელი შორმულუბი ჩახერგილი კაშხლის გარღვევის ადგილას, რაც კარგადაა ცნობილი ჰიდრაღლიკაში (იხ. შორმულუბი 10 და 11).

4.9. ნაზღვლევი წყალმოვარდნების წყლის მაქსიმალური ხარჯების გამოსათვლელი ფორმულების საწარმოო შემოწმების შედეგები

ნაზღვლევი წყალმოვარდნების ავტორისეული გამოთვლის დადებით შედეგებს ადასტურებს გამოთვლების საწარმოო შემოწმების შედეგებიც, რომლებსაც საფუძვლად დაედო ლიტერატურული წყაროებიდან აღებული მონაცემები.

4.9.1. მდ. ბენაღლონი.

კ. როტატაევისა და მის თანავტორთა ჯგუფის შრომაში [27,39,40] მოყვანილია მყინვარ კოლკას (ყაზბეგის გამყინვარება) 1969 წ. 29 ოქტომბრის პულსაციის შედეგები. მაშინ მყინვარული გამონატანის ჩახერგვით დაგუბდა მდ. გენაღლონი და მის 12 კმ-ინ მონაკვეთზე აღებულ იქნა 8 გარდი-გარდმო პროფილი; ასევე გაზომილ იქნა 50-ჯერ წყლის ხარჯი. გაზომვების საფუძველზე დაადგინეს, რომ ნაზღვლევი წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი არის 1550 მ³/წმ, ხოლო 50 კმ-ის გავლის შემდეგ მდ. გიზელდონის შესართავში – 474 მ³/წმ. მიღებული მონაცემების საფუძველზე:

$$Q_{\#}=Q_{\text{ფ}}(l_1+l_2)/l_1=474(22+50)/22=1551 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

ან პირიქით, როცა ვიცით კაშხლის გარღვევის ადგილას Q

$$Q_{\#}=Q_{\text{ფ}}L_1/(l_1+l_2)=1551*22/(22+50)=474 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

შედეგები ადასტურებენ შემოთავაზებული გამოთვლების სიმარტივესა და დიდ უპირატესობას.

4.9.2. მდ. რანგუ (ჭაზახეთი).

1983 წ. 10 აგვისტოს მდინარის შესართავიდან ზემოთ, 3,5 კმ-ზე ხეობის მარჯვენა ფერდობიდან ჩამოვიდა მეწყერი [45], რომელმაც ჩახერგა მდინარე; მისი მოცულობა 5 მლნ.მ³ იყო. ჩახერგილი კაშხლის სიმაღლე 71 მ, სიგრძე 300 მ, სიგანე 90-100 მ. ჩახერგვის შედეგად მდინარე დაგუბდა. წყლის დაგუბება გაგრძელდა 10 აგვისტოს 16 საათსა და 50 წუთამდე. დაგუბებული ტბის მოცულობამ შეადგინა 123 მლნ.მ³, ხოლო დაგუბებული ტბის წყლის სარკის ფართობი იყო 1,26კმ². ჩახერგილი კაშხლის გარღვევის დაწყებიდან 10 წთ-ში დონემ

დაიკლო 1,5 მ, რომელიც გაგრძელდა 11 აგვისტოს 9 სთ-მდე, შედეგად დონემ დაიკლო სულ 67 მ და აღდგა მდინარის ნორმალური დინება. წყლის მაქსიმალურმა ხარჯმა გაიარა გარღვევიდან 1სთ-სა და 10 წთ-ის შემდეგ; ამ დროისათვის გარღვევის სიღრმე შეადგენდა 18 მ-ს, რომლის შესაბამისი წყლის მაქსიმალური ხარჯი გარღვევიდან 5კმ-ს ქვემოთ – 3280მ³/წმ. (11) ფორმულების [26] გამოყენებით ვღებულობთ:

$$Q_8=1,9 \cdot B \sqrt{H^3} = 1,9 \cdot 95 \cdot \sqrt{18^3} = 13784 \text{ მ}^3/\text{წმ},$$

$$Q_8 = \frac{l + l_1}{l} \cdot Q_5 = \frac{1,5 + 5,0}{1,5} \cdot 3280 = 14213 \text{ მ}^3 / \text{წმ}$$

სხვაობა შეადგენს 429 მ³/წმ, ანუ 3,1%, რაც დიდი მიღწევაა ჰიდროლოგიაში, ამ მხრივ, საკმარისია მოვიყვანოთ ი. ვინოგრადოვის [12] მონაცემები ისიქულის (ყაზახეთი) ტბის გარღვევის შესახებ. აქ, ეს ხარჯი შეფასებული იყო 6000 მ³/წმ ± 3000 მ³/წმ სიზუსტით, ე.ი. 50 % ცდომილებით. აშკარად ჩანს შემოთავაზებული მეთოდის უპირატესობა, რომელიც თავისი დადებითი შედეგებით ადასტურებს ზემოთ გამოთქმულ მოსაზრებას იმის შესახებ, რომ ჩახერგილი კაშხლის უბანზე ნაზღვლევი წყლის მაქსიმალური ხარჯი გამოითვლება დიდი სიზუსტით.

4.9.3. მდ. ალაზანი.

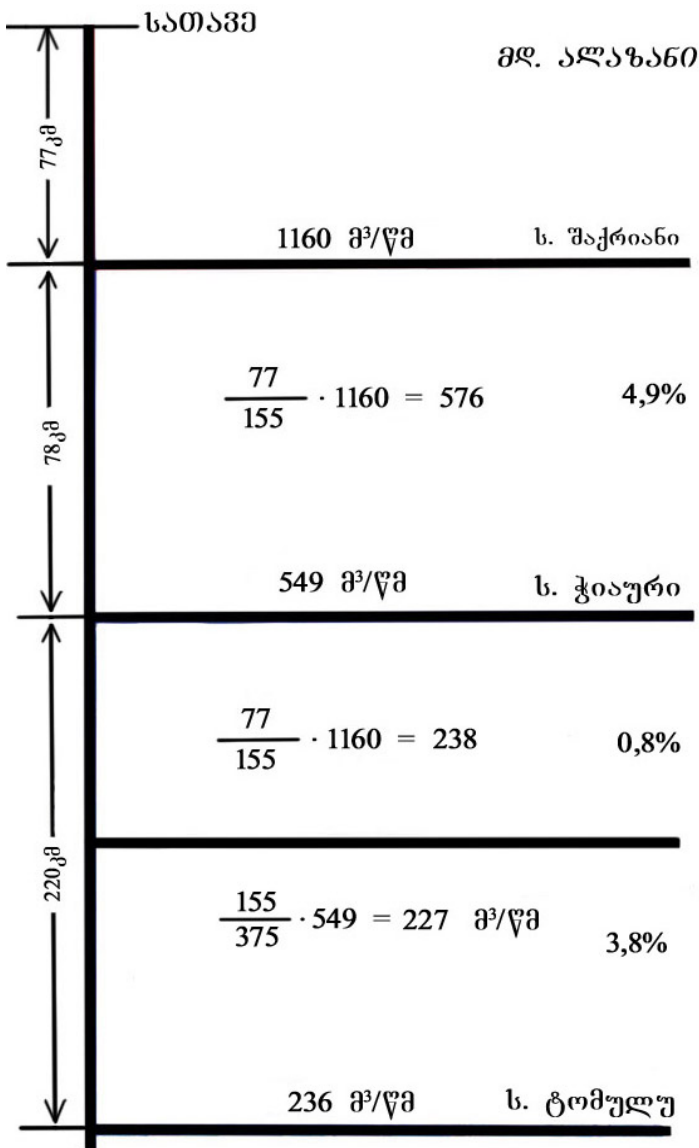
კიდევ უკეთესი შედეგები გამოვიღოთ მდ. ალაზნის 1948 წ. 5 ივნის წყალმოვარდნის მაგალითზე, რომლის შედეგები აღებულ იქნა 1948 წლის ჰიდროლოგიური ცნობარიდან. მაშინ გაიარა წყალმოვარდნამ, რომლის წყლის მაქსიმალურმა ხარჯმა სათავიდან 77 კმ გავლის შემდეგ სოფ. შაქრიანთან მიაღწია 1160 მ³/წმ, რაც დღემდე ცნობილია უდიდეს წყალმოვარდნად. ქვემოთ შესასრთავამდე წყალმოვარდნის წყლის ხარჯმა განიცადა ტრანსფორმაცია. 78 კმ გავლის შემდეგ სოფ. ჭიაურთან ეს ხარჯი შემცირდა და გახდა 549 მ³/წმ (ნახ. 43), კიდევ ქვემოთ 220 კმ გავლის შემდეგ სოფ. ტოზულოსთან – 326 მ³/წმ. (წყლის ეს ხარჯი გაძლიერებული იყო წვიმებით, რომელიც მოვიდა ლაგოდეხის რაიონში). გამოთვლებით ვღებულობთ სოფ. შაქრიანის მიმართ:

$$Q_{\text{ჰიაური}} = \frac{77}{77 + 78} \cdot 1160 = 576 \text{ მ}^3/\text{წმ} \text{ (549 მ}^3/\text{წმ)}$$

ან კიდევ სოფ. ჰიაურის მიმართ:

$$Q_{\text{ცობულო}} = \frac{155}{155 + 220} \cdot 549 = 227 \text{ მ}^3/\text{წმ} \text{ (236 მ}^3/\text{წმ)}$$

ფრჩხილებში მოყვანილია ცნობარის მონაცემები, რომელიც თავისი დადებითი შედეგებით ადასტურებს ზემოთ გამოთქმულ მოსაზრებას იმის შესახებ, რომ ჩახერგილი კაშხლის უბანზე ნაზღველეთი წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი გამოითვლება დიდი სიზუსტით.



ნახ. 43. მდ. ალაზანი – ს. შირაქთან 1948 წ. 2 ივნისში გავლილი კატასტროფული წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯები ტრანზიტულ უბნებში: ს. ჭიაურე და ს. ტომულუში, განაწილების სქემა

4.9.4. დარიალის კატასტროფა

2007 წ. 2 აგვისტოს მყინვარ დევედორაკის აუზის ფარგლებში (მყინვარწყვერის გამყინვარების აღმოსავლეთ სექტორი), აღგილი ჰქონდა ძლიერ თავსხმა წვიმას, აღინიშნებოდა ჰაერის მაღალ ტემპერატურა, რამაც იქ არსებულ ყველა ხევში გამოიწვია ძლიერი ღვარცოფული ნაკადები. მათ შორის უძლიერესი იყო მყინვარ დევედორაკის ენის ბოლოს, მარჯვენა ფერდობის, ოთხი ხევის ღვარცოფული ნაკადი.

ისინი ქვემო წელში შეერთდნენ და მყინვარ დევედორაკის ენას, ქვემოდან ერთ მთლიან ნაკადთ შემოუარეს. მყინვარის ტროგული ხეობის ძირი 20 მ სისიქის ღვარცოფული გამონატანით ჩახერგეს. წარმოიშვა 30 მ სიგანის დაგუბებული ტბა. იგი მაღე გაირღვა და ნაზღვლევი წყალმოვარდნის სახით ძირს დაეშვა. ნაკადს წინ უძღოდა ჰაერის ტალღის მიერ ატაცებული ქვა-ლოდები, ვიწრო ხეობიდან გამოსვლისას ნაკადი შეუერთდა მდ. ამაღის ნაკადს, გაყვა მას შესართავამდე. გაძლიერებულმა ნაკადმა დარიალის ხეობაში, ჩახერგა მდ. თერგი, და მარჯვენა კდლოვანი ფერდობის ძირას 400-500 მ სიგრძეზე გადარეცხა სამხედრო გზა. რის შედეგადაც ამ მონაკვეთში შეწყდა მოძრაობა (ნახ. 44). ნაზღვლევი წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი ჩახერგილი კაშხლის გარღვევის აღგილას გამოითვლილი იქნა ფორმულა (11) და მივიღეთ:

$$Q_{\text{აკ}} = 1,9 \cdot 30 \cdot 20 \sqrt{20} = 5098 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

ასეთი წყლის ხარჯი დადგენილი იქნა ჯერ კიდევ 1977 წ. წყლის ტემპერატურის გათვალისწინებით, მ. გლაზირინის [15] ფორმულათა სისტემის გამოყენების საფუძველზე, შეადგინა 4589 მ³/წმ (ვ. ცომაიას ექსპედიციის სამეცნიერო ანგარიში, თბილისი, 1977წ.). მათი გადახრა ურთიერთ შორის შეადგენს საშუალოდ 10%, რაც 2-ჯერ ნაკლებია გაზომვის სიზუსტეზე.

ასევე გამოსათვლელად გამოყენებული იქნა, ფორმულა (41), რომლითაც ნაზღვლევი წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი მდ. დევედორაკის წყლის შესართავთან (მყინვარის ენიდან 1,7 კმ გავლის შემდეგ (1)) და

წყალმოვარდნის ფორმირების სიგრძის 5,8 კმ
გათვალისწინებით არის (ნახ. 45):

$$Q_{i\text{მაჟს}} = \frac{5,8}{5,8+1,7} \cdot 5098 = 3942 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

მდ. ამაღლის შესართავთან, 4 კმ გავლის შემდეგ:

$$Q_{i\text{მაჟს}} = \frac{5,8}{5,8+1,7+4,0} \cdot 5098 = 2571 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

მიღებული შედეგების გამოთვლების სისწორეს ადასტურებს სრულიად სხვა დამოუკიდებელი ფორმულის გამოყენება [38], რომელიც აგებულია წყალმოვარდნის გავლის შემდეგ დატოვებული ნიშნულის პარამეტრების გამოყენებით. მდ. ამაღლის შესართავთან წყლის საშუალო სიღრმე h – იყო 4 მ. B – მდინარის კალაპოტის სიგანე, საშუალოდ შეადგენს 35 მ. (ნახ. 45) X – პარამეტრია, რომელიც წყლის სიღრმის 3 მ-ზე მეტის შემთხვევაში მუდმივია და შეადგენს 0,166; $1/n$ – მქისაობის კოეფიციენტი, რომელიც მოცემულ უბნისათვის მიღებულია 20-ის ტოლად; კალაპოტის საშუალო დახრილობა $i = 0,125$; პარამეტრების ჩასმით მივიღებთ:

$$Q_{\text{მაჟს}} = 20 \cdot 35 \cdot 4 \cdot 4^{0,166} 4^{0,5} \sqrt{0,125} = 2487 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

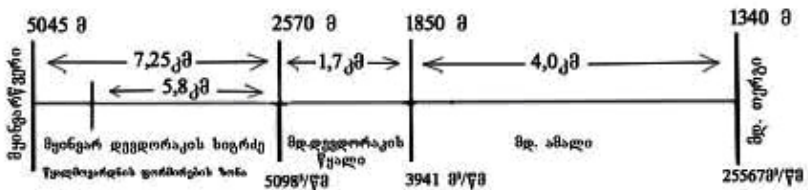
მიღებული სიდიდე ზემოთ მოყვანილი სიდიდეებისაგან განსხვავდება სულ მცირე 88 მ³/წმ ანუ 3,2%, რაც ნაკლებია გაზომვის სიზუსტეზე. იგივე შედეგით შეგვიძლია განვსაზღვროთ წყლის მაქსიმალური ხარჯი გარღვევის ადგილას:

$$Q_{\text{მაჟს}} = \frac{5,8+1,7+4,0}{5,8} \cdot 2487 = 4931 \text{ მ}^3/\text{წმ},$$

რაც განსხვავდება 3,3 %-ით მიღებული წყლის მაქსიმალური ხარჯისაგან.



ნახ. 44. მდ. თერბის მარჯვენა ნაპირი, ნაზღვლეში წყალმოვარდნის მიერ გადარეცხილი საქართველოს სამხედრო გზა (2007 წ. 2 აბვისტოს)



ნახ. 45. მდ. დედოქის, მდ. დედოქისწყლისა და ამალის მორფოგეოგრაფიული მახასიათებლებისა და ნაზღვლეში წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯების განაწილების საზოგადოებრივი სქემა

ადინიშნული სქემით, და სხვადასხვა სახის ფორმულების გამოყენებით მიღებული დადებითი შედეგები, საანგარიშო სქემის დიდ თეორიულ, პრაქტიკულ, მეთოდოლოგიურ და ოპერატიულ მნიშვნელობას ადასტურებს. ეს სქემა წარმოადგენს საიმედო მეცნიერულ ბაზას, რომელიც კატასტროფული ნაზღვლევი წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების საშიშროების თავიდან აცილებისათვის საჭირო რეკომენდაციებისა და ტექნიკურ ეკონომიკური დასაბუთების საფუძველია.

4.9.5. მდ. ახტიჩაი.

დაღესტნის ერთ-ერთი დიდი მდინარის სამურის მარჯვენა შენაკადია, რომელიც უერთდება მას 101 კმ-ზე შესართავიდან. იგი უხვწყლიანია. მისი სიგრძე შეადგენს 63 კმ. წყალშემკრები აუზის ფართობი 763 კმ². სათავეს იღებს მთავარი კავკასიონის ჩრდილო-აღმოსავლეთის კალთაზე. 1988 წლის ზაფხულის კატასტროფულმა წყალმოვარდნამ, რომლის წყლის მაქსიმალური ხარჯი, გაზომილი ნიველირობის მეთოდით შესართავთან ახლოს შეადგინა 845 მ³/წმ და მას დაემატა თვით მდ. სამურის წყალი 346 მ³/წმ, საერთო რაოდენობამ მიაღწია 1191 მ³/წმ; წყალმოვარდნამ 8 მლნ. მანეთის მატერიალური ზარალი მიაყენა მდ. სამურის ხეობის მოსახლეობას და 17 კმ გავლის შემდეგ საგუშაგო უსუხჩაისთან ტრანზიტული წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალურმა ხარჯმა შეადგინა 920 მ³/წმ. გამოთვლებითაც დასტურდება (Q_{უსუხჩაი}) მდ. სამურის – ს. უსუხჩაისთან:

$$Q_{\text{უსუხჩაი}} = \frac{L_{\text{ახტიჩაი}}}{L_{\text{ახტიჩაი}} + L_{\text{ახტიჩაი-უსუხჩაი}}} Q_M = \frac{63}{63+1+17} \cdot 1178 = 916 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

მიღებული სიდიდე თითქმის დაემთხვა ფაქტიურს (920 მ³/წმ) 0,4%-ის განსხვავებით, რაც დამატებით საფუძველია გამოთვლის სქემის პრაქტიკაში გამოყენებისათვის.

4.9.6. მდ. დიულტიჩაი.

საერთოდ მდ. სამურის აუზში ხშირია ნაზღვლევი წყალმოვარდნები, რომლებიც დაკავშირებულია მდინარის და მისი შენაკადების ჩახერგვებთან. ასეთ ჩახერგვებს ადგილი ჰქონდა 1905 წ. მდ. დიულტიჩაის აუზში ძლიერი კოკისპირული წვიმისა და ასევე ძლიერი მიწისძვრის შედეგად, რასაც მოჰყვა

ძლიერი მეწყერის ჩამოსვლა. შეიწირა 2 ადამიანის სიცოცხლე (მწყემსები) და 600 ცხვრის ფარა ჩამარხა. ჩახერგვის შედეგად წარმოიშვა დაგუბებული ტბა სიგრძით 125 მ, სიგანით 300 მ, სიღრმით 30 მ (ჩახერგილი მასის თხემიდან). გარღვევის შედეგად ნაზღველი წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალურმა ხარჯმა შეადგინა 93660 მ³/წმ, ტრანზიტის უბნებზე 6,8 და 200 კმ გავლის შემდეგ 2031, 155 და 62,6 მ³/წმ შესაბამისად.

გამოთვლების შედეგების შემოწმება ვერ ხერხდება სათანადო გაზომვების უქონლობის გამო. სამუშაოს მოსახლეობას დიდი ზიანი მიაყენა. დაინგრა ხიდები, საცხოვრებელი სახლები, გაანადგურა ნათესები, ზაფხულის საბოსტნეები. დატბორა სოფლები ჯინიხი და სიუგითი. ადგილობრივ მოსახლეობას აღნიშნული ნაზღველი წყალმოვარდნის ძლიერი კატასტროფული ხასიათი უფრო ახსოვთ, ვიდრე 1947 და 1961 წწ ძლიერი კოკისპირულ წვიმებთან დაკავშირებული ნაზღველი წყალმოვარდნები.

საერთოდ დაღესტანი ძლიერ სეისმურ ზონაში მდებარეობს და ამის გამო ხშირია ხეობების ჩახერგვები. ამის დამადასტურებლად საკმარისია სოფ. კაზენოიამას დაგუბებული ტბა (ნახ. 19), რომელიც წარმოიშვა ჩეჩენ-ინგუშეთისა და დაღესტანის საზღვარზე 1870 მ სიმაღლეზე; ტბის ფართობი შეადგენდა 1,7 კმ², საერთო სიგრძე 2,7 კმ, საერთო სიგანე 0,735 კმ, მოცულობა 62 მლნ. მ³, სიღრმე 72 მ კაშხალთან. ძლიერი მიწისძვრის შედეგად კლდე-ზვავმა დამარხა აღნიშნული სოფელი თავისი მაცხოვრებლებით [22].

4.9.7. მდ. არაქსი.

ასეთივე შედეგებს ვღებულობთ მდ. არაქსის 1969 წ 10-19 მაისის წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯების გამოთვლაში მისი ფორმირებისა და ტრანზიტულ უბნებზე შესრულებული სპეციალური დაკვეთით სოფ. სადარაკში რკინიგზისა და შარაგზის ხიდების მშენებლობის პროექტების ტექნიკურ ეკონომიკური დასაბუთებისათვის (მიღებული შედეგების სისწორეს ადასტურებენ გაზომვის მასალები, აზარბაიჯანელი და თურქი მეცნიერების გამოთვლები მოყვანილი ინსტიტუტის 1992 წ შრომებში) [54], რომლის თანახმად მდინარეზე წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი იზრდებოდა; ეს ზრდა გაგრძელდა მდ. მტკვარზე,

სადაც 121 კმ გავლის შემდეგ – ქ. სალიანის, ჰიდროლოგიურ კვეთთან შეადგინა 2350 მ³/წმ. ფორმულის (41) თანახმად ვღებულობთ:

$$Q_{\text{მაქს}} = \frac{L}{L + L_1} \cdot Q_{\text{მაქს}} = \frac{994}{994 + 121} \cdot 2680 = 2391 \text{ მ}^3 / \text{წმ} (2350 \text{ მ}^3 / \text{წმ})$$

რაც განსხვავდება ფრჩხილებში მოყვანილი ფაქტიურისაგან 41 მ³/წმ ანუ 1,7%-ით. ასეთი დიდი სიზუსტე თითქმის 10-ჯერ ნაკლებ დასაშვებ ცდომილებაზე კიდევ ერთი დამაჯერებელი არგუმენტიად დადგენილი ფორმულის პრაქტიკაში გამოყენებისათვის.

4.9.8. მდ. თერგი.

XVIII საუკუნის 40-60 წწ მდ. თერგი ხშირად იხერგებოდა მყინვარ დევედორაკის პულსაციის დროს მყინვარული გამონატანით. ყველაზე ძლიერი იყო 1832 წ პულსაცია და მასთან დაკავშირებული მყინვარული გამონატანი. მაშინ მდ. თერგი ჩაიხერგა 80-90 მ სისქის მყინვარული გამონატანით; 8 საათით გადაკეტა მდ. თერგი, წყალი დაგუბდა, რომლის მოცულობამ მიაღწია 215 მლნ მ³-ს; ჩახერგვის ადგილას სიგანე იყო 250 მ [21,25,29,47]

მათ საფუძველზე გამოთვლილ იქნა ქვაბულის მოცულობა (W) ფორმულით (2)

$$W = \frac{BLH}{3} = \frac{250 \cdot 2500 \cdot 85}{3} = 17700000 \text{ მ}^3$$

ქვაბულის ავსებაში ჩამდინარე მდინარეების ჯამური წყლის ხარჯი (ΣQ) ფორმულით შეადგენდა:

$$\Sigma Q = \frac{W}{T} = \frac{17700000}{8 \cdot 60 \cdot 60} = 619 \text{ მ}^3 / \text{წმ}$$

მიღებული სიდიდეები მცირედ განსხვავდებიან ზემოთ მოყვანილი ფაქტიური მასალებისაგან. ეს განსხვავება არ აღემატება 10%-ს ასეთი შედეგი გვაძლევს შესაძლებლობას ასეთივე ცდომილებით გამოვთვალოთ ნაზღველვეი წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯები:

– ჩახერგილი მასის გარღვევის ადგილას ფორმულა (11)

$$Q_{\text{მაქ}} = 1,9BH\sqrt{H} = 1,9 \cdot 250 \cdot 85 \sqrt{85} = 372239 \text{ მ}^3/\text{წმ},$$

– ტრანზიტულ კვეთებზე ფორმულით (41):

- ვლადიკავკასის მისადგომებთან

$$Q_{\text{მაქ.ვლ.}} = \frac{L}{L + L_1} Q_{\text{მაქ}} = \frac{2,5}{2,5 + 35} \cdot 372239 = 24814 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

- დაღესტნის სახელმწიფო საზღვრის მისადგომებთან:

$$Q_{\text{მაქ.დაღ.}} = \frac{L}{L + L_1 + L_2} Q_{\text{მაქ}} = \frac{2,5}{2,5 + 35 + 449} \cdot 372239 = 1935 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

- მდ. თერგის შესართავთან:

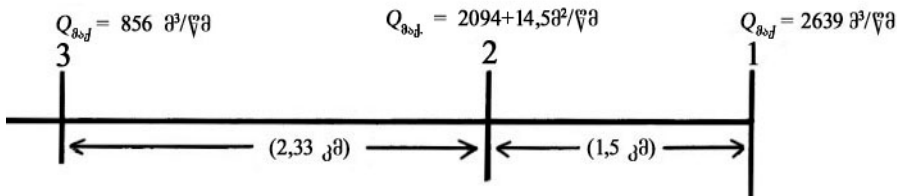
$$Q_{\text{მაქ.მ.}} = \frac{L}{L + L_1 + L_2 + L_3} Q_{\text{მაქ}} = \frac{2,5}{2,5 + 35 + 449 + 83} \cdot 372239 = 1649 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

ფაქტიური მონაცემები არ გვაქვს, მაგრამ კატასტროფული ნაზღვლევი წყალმოვარდნამ დიდი ზარალი მიაყენა მდ. თერგის ხეობის ეკონომიკას – დაანგრია გზები, ხიდები, გაანადგურა ნათესები, დატბორა სოფლები თითქმის შესართავამდე [30]. ეს ფაქტები ადასტურებენ, რომ ასეთი ზარალი შეეძლო გამოეწვია მხოლოდ ძლიერ კატასტროფულ ნაზღვლევე წყალმოვარდნას.

4.9.9. მყინვარ გაშპარას ტბები (ჩრდილოეთი კავკასია).

მყინვარის ენის ბოლოს წარმოიშვნენ ლაპას (1), მიზინჩიკისა (2) და ზანდროფოს (3) დაგუბებული ტბები (ნახ. 48), რომელთა დეტალური აღწერა მოყვანილია ავტორთა შრომაში [30]. მათი ანალიზის საფუძველზე ავტორები წინასწარმეტყველებენ, რომ ტბების გარღვევის შემთხვევაში მდ. ადიღსუზე გაივლის ძლიერი ღვარცოფული ნაკადი, რომელიც დიდ ზარალს მიაყენებს ხეობის ძირას მდებარე ტურისტულ ნაგებობებს,

სასაზღვრო სამსახურის სადარაჯო პუნქტებს, „ჯახ-გუტანისა“ და „ელბრუსის“ ალპურ ბანაკებს, სადაც ხშირად იმყოფებიან ტურისტები, ასევე მდ. ადიღსუზე საავტომობილო ხიდს და სხვა. მოცემულ შეფასებას ადასტურებს ზემო მოყვანილი ფორმულებით გამოთვლილი შედეგები. ამ მხრივ გამოყენებული მასალები წარმოდგენილია ხაზობრივი სქემის სახით (ნახ. 48); ნაჩვენებია ლაპას (1), მიზინჩიკის (2) ტბები და ჯახ-გუტანის ალპბანაკი (3). ასევე მოყვანილია ტბების მოსალოდნელი გარღვევის ადგილას სიგანე (B) 100 მ (1) და 75 მ (2), წყლის სიღრმე გარღვევის ადგილას 7 მ (1) და 6 მ (2), ტბების სიგრძე 100 და 75 მ შესაბამისად [30]. მათი გამოყენებით გამოთვლილია ნაზღვევი წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი.



ნახ. 48. ტბები ლაპას (1), მიზინჩიკის (2) და ალპბანაკი ჯახ-გუტანის ნაზღვევში წყალმოვარდნების წყლის მაქსიმალური ხარჯების განაწილების სქემა.

ლაპას ტბის გარღვევისას ნაზღვევი წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი იქნება:

$$Q_{მპ(1)} = 1,9 \cdot 75 \sqrt{7^3} = 2639 \text{ მ}^3/\text{წმ},$$

მის ქვემოთ ტრანზიტული უბნის გავლისას ტბა მიზინჩიკის (2) მიადწევს

$$Q_{მპ(ტ 1-2)} = \frac{0,01}{0,01 + 1,5} \cdot 2639 = 14,5 \text{ მ}^3/\text{წმ},$$

რომლითაც იგი გააძლიერებს ტბა მიზინჩიკის გარღვევას, რის შედეგად $Q_{მაქ}$ გარღვევის ადგილას იქნება:

$$Q_{მაქ(ტ.2)} = 1,9 \cdot 75 \sqrt{6^3} = 2094 \text{ მ}^3/\text{წმ},$$

საერთო ხარჯი $Q_{მაქ}$ იქნება:

$$Q_{მაქ} = 2094 + 14,5 = 2109 \text{ მ}^3/\text{წმ},$$

ამრიგად მდ. ადილსუს სათავე, სადაც განლაგებულია დაგუბებული ტბები, ფაქტობრივად წარმოადგენს ნაზღველი წყალმოვარდნის ფორმირების უბანს, რომლის მთლიანი სიგრძე ($l_{ფ}$) იქნება 1,57 კმ. მის ქვემოთ იწყება მდინარის ტრანზიტული უბანი, სადაც ხეობის ძირას მდებარეობს ალპლაგერი „ჯან-ჰუგანი“, რომელიც დაშორებულია 2,3 კმ-ით გარღვევის ადგილიდან; ნაზღველი წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი იქნება:

$$Q_{მაქ(ჯან-ჰუგანი)} = \frac{1,57}{1,57 + 2,3} \cdot 2109 = 856 \text{ მ}^3/\text{წმ},$$

10 კმ გავლის შემდეგ, რომლის ფარგლებში მოქცეულია ხიდი, ნაზღველი წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი იქნება:

$$Q_{მაქ.10კმ} = \frac{1,57}{1,57 + 2,3 + 10} \cdot 2109 = 239 \text{ მ}^3/\text{წმ}$$

ამრიგად ტბების გარღვევას მოყვება კატასტროფული წყალმოვარდნა, რომელიც გამოიწვევს დიდ მატერიალურ ზარალს, ხოლო აქ გამოთვლილი შედეგები ამტკიცებენ მათ უტყუარობას.

5. ნაზღვლევში წყალდიდობებისა და წყალმომარაგების წინააღმდეგ ბრძოლის რეკომენდაციები

5.1. ნაზღვლევში წყალდიდობებისა და წყალმომარაგების წინააღმდეგ ბრძოლის მეთოდების საერთო დახასიათება

დაგუბებული ტბები, ასევე წყალსაცავებიც როგორი წარმოშობისაც უნდა იყვნენ, ყველა წარმოადგენს საშიშრობიექტს, განსაკუთრებით მთის მოსახლეობისათვის. აქედან ყველაზე ძლიერია მყინვარული პულსაციით გამოწვეული დაგუბებული ტბების გარღვევა. იგი 40-100-ჯერ უფრო ძლიერია, ვიდრე სხვა დანარჩენი სტიქიური მოვლენებით გამოწვეული ჩახერგილი და დაგუბებული უბნების გარღვევა, რადგან ამ დროს წარმოშობილ ნაკადს აქვს დიდი სიჩქარე, 50-140 მ/წმ, სიღრმეც – 40-50, ზოგ შემთხვევაში 100-140 მ და ადვილად ძლევენ შემხვედრ წინააღმდეგობებს. მათ კლასიკურ

მაგალითს წარმოადგენს მყინვარ კოლკას (ჩრ. ოსეთი), დევდორაკის, აბანოსა (საქართველო) და მურკარის (დაღესტანი) პულსაციით გამოწვეული მყინვარული გამონატანი და მათთან დაკავშირებული გლაციალური ღვარცოფები, რომელთა შესახებ დაწვრილებით ითქვა ზემოთ.

მსოფლიო პრაქტიკაში მსგავსი მაგალითები ბევრია. 1970 წ. 31 მაისს, პერუში მყინვარის პულსაციით გამოწვეული ნაკადი დაეშვა დიდი სიჩქარით (100-140 მ/წმ), გადალახა 100 მ სიმაღლის მთა და მეზობელ ხეობაში დამარხა ქ. იუნგაი, 20000 მცხოვრებით; მას წინ უძღოდა ჰაერის ძლიერი ტალღა, რომელსაც ატაცებული ჰქონდა 4-5 მ დიამეტრის ქვის ლოდები, 500-600 მ მანძილზე ადგილი ჰქონდა “ქვათა წვიმას” [19,26].

5.2. პრობნოზების მეთოდოლოგიის ზოგიერთი საკითხები ნიშნულზე ზონაში

კატასტროფული წყალდიდობისა და წყალმოვარდნების წინაღმდეგ ბრძოლის კლასიკურ მაგალითს წარმოადგენს თბილისის სამეცნიერო-კვლევითი ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სამეცნიერო მოღვაწეობა. იგი დაიწყო ინსტიტუტის დაარსების დღიდან. მაშინ კატასტროფულ წყალმოვარდნას ადგილი ჰქონდა 1953 წ. 18 აგვისტოს მდ. თერგის ზემო წელში, მყინვარწვერის გამყინვარების სამხრეთ-აღმოსავლეთ სექტორში, რაც გამოწვეული იყო ინტენსიური თავსება წვიმებით (127 მმ), გამაყრუებელი, განუწყვეტელი, შემზარავი ჭექა-ქუხილით. ეს კატასტროფული წყალმოვარდნა შესწავლილი იქნა საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიის სამსახურის სამმართველოს და თბილისის სამეცნიერო-კვლევითი ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის გაერთიანებული სამეცნიერო ექსპედიციის მიერ ვ. ცომაიას ხელმძღვანელობით. შედეგები გამოქვეყნებული იქნა [46] და გადეცა საქართველოს გზათა სამინისტროსა და საკავშირო ჰიდრომეტეოროლოგიური სამსახურის მთავარ სამმართველოს. მთავარი სამმართველოს დახმარებით გაიხსნა მყინვარწვერის მყინვარებზე გლაციოლოგიური დაკვირვების პუნქტები. მათი მუშაობის მოცულობა კიდევ უფრო გაიზარდა 1967 წ. 17

ივლისიდან, როდესაც განმეორდა 1953 წ. მსგავსი კატასტროფული წყალმოვარდნა, ამჯერად მყინვარწვერის გამყინვარების ჩრდილო-აღმოსავლეთის სექტორში თავსხმა წვიმების შედეგად (160 მმ) [9].

8-10 წლის დაკვირვების მასალების დამუშავების საფუძველზე გამოქვეყნდა ვ. ცომაიას მრავალი სტატია ყაზბეგის გამყინვარების თანამედროვე ზრდის შესახებ [49] ასევე „მყინვარწვერის მყინვარები გაცოცხლდნენ“ – გაზეთ ზარია ვასტოკას ფურცლებზე [48]. ასევე ჩრდილოეთ ოსეთის ცენტრალურ გაზეთ „კომუნისტის“ ფურცლებზე [48]. შედეგები სინამდვილედ იქცა: 1969 წ. 29 სექტემბერს მყინვარ კოლკამ კატასტროფულად წინ წაიწია და 100-120 მ სისქით მოადგა კურორტ ტმენკაუს მისადგომებს (ნახ. 7). ჩრდილოეთ ოსეთის მთავრობის თხოვნით ადგილზე გაემგზავრა საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიური სამსახურის სამმართველოსა და თბილისის სამეცნიერო-კვლევითი ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის გაერთიანებული ექსპედიცია ვ. ცომაიას ხელმძღვანელობით. არსებული პირობების ადგილზე შესწავლისა და წინათ მიღებული თეორიული შედეგების გამოყენების საფუძველზე ჩრდილოეთ კავკასიის ჰიდრომეტეოროლოგიური სამსახურის სამმართველოს წარმომადგენლებთან ერთად შედგენილ იქნა დასკვნა, სადაც აღნიშნული იყო, რომ მყინვარი კოლკა კიდევ გააგრძელებს წინსვლას 2-2,5 კმ და გენაღდონის ხეობა 12 კმ სიგრძეზე უნდა გამოცხადდეს საშიშ ზონად [49]. მომდევნო წლებში ორივე პროგნოზი გამართლდა. 1970 წ. აპრილამდე მყინვარ კოლკამ წინ წაიწია სულ 4,6 კმ, ხოლო 2002 წ. ადგილი ჰქონდა ჩრდილოეთ ოსეთის გენაღდონის მყინვარულ ეკოლოგიურ კატასტროფას; ხეობა 12 კმ სიგრძეზე ამოივსო მყინვარ კოლკას გამონატანით, დიდი ზარალი მიაყენა ხეობის მოსახლეობას, კურორტ კარმადონს და 300-მდე ადამიანის სიცოცხლე შეიწირა [29,48].

იმ დროის დასკვნაში (1969წ) აღნიშნული იყო მყინვარწვერის ყველა მყინვარის შესწავლა გაფართოებული პროგრამით. ამ საქმეში ქართველ გლაციოლოგებს მხარში ამოუდგა მსოფლიოს კლასის უდიდესი მეცნიერი, აკადემიკოსი ვ.კოტლიაკოვი. მისი მხარდაჭერით თბილისის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი შეყვანილი იქნა

საერთაშორისო ჰიდროლოგიური დაკვირვების ათწლეულის პროგრამაში და ამ პროგრამით შესრულებული სამუშაოები იბეჭდებოდა იუნესკოს ეგიდით მთელ რიგ საზღვარგარეთულ გამომცემლობებში. მათ შორის თანამედროვეობის მსოფლიო მნიშვნელობის კაპიტალური, ენციკლოპედიურ მონოგრაფიაში თოვლისა და მყინვარების რესურსების მსოფლიო ატლასში. ასეთი ბაზის მქონე თბილისის სამეცნიერო-კვლევითი ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სამეცნიერო ექსპედიციამ გააგრძელა მყინვარ დეველოპის შესწავლა სრული პროგრამით და 1978 წ. შეადგინა სრული სამეცნიერო ანგარიში (ინახება თბილისის სამეცნიერო-კვლევითი ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სამეცნიერო ფონდში). რეკომენდაციებს შორის მნიშვნელოვანი იყო მდ. ამაღის შესართავში, მდ. თერგის მარჯვენა მხარის დარიალის ხეობის ვერტიკალური კლდოვანი კედლის ძირას საგზაო გვირაბის მშენებლობა და მყინვარული სამსახურის შექმნა.

საჭირო მასალები გადევნა მაშინდელ მთავრობას. მას მოყვა დადგენილებები, განკარგულებები, თათბირები, კომისიის შექმნა, გარეშე სპეციალისტების მოწვევა. ამასობაში შეიცვალა პოლიტიკური ვითარება და შეწყდა საჭირო რეკომენდაციების გატარება. ისე 29 წლის წინათ აღნიშნული რეკომენდაციები ძალაში რჩება, რასაც ადასტურებს 2007 წ. 2 აგვისტოს დარიალის კატასტროფა [29,48].

5.3. ოპერატიული შტაბის საქმიანობის შედეგები

წყალმოვარდნები გახშირდა მთელ საქართველოში უფრო ხშირად ვიდრე მის ნივალურ ზონაში. იგი დაიწყო მდ. მტკვრის კატასტროფული წყალდიდობით, რომელსაც ადგილი ჰქონდა 1968 წ. 18 აპრილს. გამოწვეულს თოვლის საფარის ინტენსიური დნობით, წვიმებთან ერთად [35]. მას მოყვა 1969 წ. მაისის კატასტროფული წყალმოვარდნა მდ. არაქსზე [53]. კატასტროფული წყალმოვარდნების გახშირებით გახშირდა ოპერატიული მოთხოვნები სამთავრობო კომისიიდან, საპროექტო ორგანიზაციებიდან კატასტროფული ხასიათის მახასიათებლების, ასევე რეკომენდაციების შესახებ

წყალმოვარდნების კატასტროფული ხასიათის თავიდან აცილებისათვის მთავრობისა და სხვა ორგანიზაციების მოთხოვნების დროულად დაკმაყოფილების მიზნით თბილისის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში შეიქმნა კატასტროფული ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების შემსწავლელი ოპერატიული შტაბი აკადემიკოს გ. სვანიძის ხელმძღვანელობით, მის გლაციოლოგიურ - ჰიდროლოგიურ ნაწილში ვ. ცომაიას ხელმძღვანელობით. დიდი გამოცდილების მქონე თბილისის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი შეყვანილ იქნა მონაწილედ სამშენებლო ნორმატივებისა და წესების შედგენაში, რომელიც გამოსცა სამშენებლო საქმის საბჭოთა კავშირის სახელმწიფო კომიტეტმა 1985 წ. ინდექსით 2.01.14-83 [34]. ოპერატიულმა შტაბმა შეისწავლა კატასტროფული წყალმოვარდნები 1982 წ. მდ. რიონზე [7] და ა.შ. შეგროვილი მასალები ეგზავნებოდა მთავრობის კომისიას და საპროექტო ორგანიზაციებს. ისინი დიდი მადლიერებით აღნიშნავდნენ ინსტიტუტის საქმიანობას და დიდი ოპერატიულობას წყალმოვარდნის შესწავლის საქმეში. არსებული მასალების გზადაგზა შესწავლის საფუძველზე დადგენილია 0,01, 0,1, 1, 2 და 3 % უზრუნველყოფის კატასტროფული წყალმოვარდნების მახასიათებლები. ამით შემუშავდა სრულფასოვანი მეცნიერული ბაზა კატასტროფული წყალმოვარდნების თავიდან აცილების რეკომენდაციების ტექნიკური-ეკონომიკური დასბუთებისათვის.

5.4. მსოფლიო პრაქტიკის არსენალიდან ბრძოლის ზოგიერთი მეთოდების გამოყენების შედეგები

მიმართავენ მყინვარული-მეწყერული კაშხლის ჰაერიდან დაბომბვის მეთოდს; იგი გამოიყენეს 1942 წელს მყინვარ მორენაზე, ამერიკაში, 1963 წელს მყინვარ მედვეის წინააღმდეგ შუა აზიაში, მაგრამ მას არავითარი დადებითი შედეგები არ მოჰყოლია [17]. ამასთან, ვიწრო ხეობისა და მიმდებარე ძლიერ დამრეცი ფერდობებისათვის, სადაც ჩახერგილ მასას გააჩნია ფერდობებისაკენ შეფენილი მხრები, ეს პროცესი საშიშია, რადგან შეიძლება გააძლიეროს მდინარის ხეობის ხელმეორედ ჩახერგვა, ასევე მეწყერების ან კლდე-ზვავების ჩამოსვლაც.

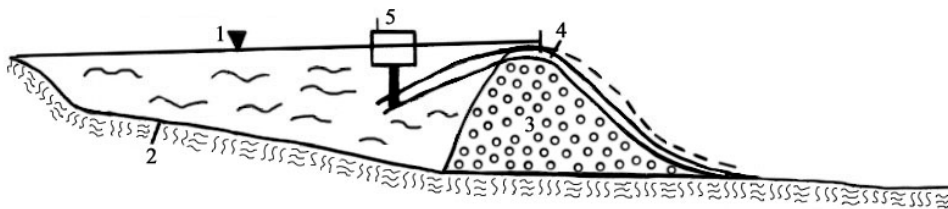
არსებობს სხვა პროექტი, რომელიც ითვალისწინებს მყინვარის სისქის შემცირებას, მათი ხელოვნურად დნობის გაძლიერების შედეგად. ცნობილია, რომ მყინვარები პულსაციას იწყებენ მაშინ, როდესაც მათი სისქე მიაღწევს კრიტიკულ სიდიდეს. მაგალითად, მყინვარი კოლკა პულსაციას იწყებდა 150 მ სისქის დროს, მყინვარი დევდორაკი 75-80 მ შემთხვევაში და ა.შ. ამ ნიშნულის მიღწევამდე თუ შევამცირებთ მათ სისქეს დნობის ხელოვნურად გაძლიერების გზით, თავიდან ავიცილებთ მყინვარების პულსაციის პროცესებს და მასთან დაკავშირებულ საშიშ კატასტროფულ მოვლენებს — წყალდიდობებს, ნაზღვლევ წყალმოვარდნებს, ჰაერის ტალღებს და სხვა.

ცხადია, ეს საფუძვლიანი მეცნიერული მოსაზრებაა, მაგრამ პრაქტიკულად ძნელი განსახორციელებელია ადგილობრივი პირობებისა და სათანადო ტექნიკის უქონლობის გამო. ასევე არის ინჟინრული გადაწყვეტილებაც, რომელიც ითვალისწინებს ჩახერგილი კაშხლის ზემოთ დაგროვილი წყლის დაცლისთვის ხელოვნური არხის გაყვანას. ამით თავიდან ავიცილებთ ნაზღვლევ წყალმოვარდნას. ასეთი სახის სამუშაოები მიმდინარეობს მყინვარ „მედვეჟუ“, შუა აზიაში. ჩვენთან ამ გზით, მდინარე სხალთას მეწყერულ კაშხალზე გაყვანილ იქნა წყალი (ნახ. 9). ამით მეწყერული კაშხლის ზემოთ ადგილი არ ჰქონდა წყლის დიდი რაოდენობით დაგუბებას და თავიდან იქნა აცილებული კაშხლის გარღვევის შემთხვევაში გამოწვეული ნაზღვლევი წყალმოვარდნა.

გარდა აღნიშნულისა, შეიძლება გამოყენებული იქნას სხვა მეთოდებიც. იყო მცდელობა გამოყენებინათ ღვარცობების დამჭერი რკინა-ბეტონის ღობე [42], მაგრამ მხარდაჭერა ვერ პოვა მყინვარული პულსაციის შედეგების კოლოსალური სიდიდისა და სიძლიერის გამო.

ასეთ წინადადებათა შორის საყურადღებო იყო ასევე ე.წ. ხელოვნური სეფონური წყალამოღვრა, რომელიც რეკომენდირებული იყო ჯერ კიდევ 18 საუკუნის 70-80-იან წლებში, მყინვარ დევდორაკის პულსაციასთან დაკავშირებული ჩახერგვების შედეგად წარმოშობილი დაგუბებული ტბიდან წყალ ამოღვრისათვის [21,47]. მაგრამ ძლიერ შეიცვალა მყინვარ დევდორაკის პულსაცია და ამის გამო შეწყდა

ყურადღება აღნიშნულ მეთოდზე. დღეს ეს მეთოდი უფრო აქტიური ხდება [60] (ნახ. 49) დაგუბებული ტბების დაცლისათვის, რომლებიც



ნახ. 49. ხეობის ჩახერბილი წყალღაბუბების უბანი და მისი საფონური წყალამოღვრის სქემა

წარმოადგენენ პოტენციალურად საშიშ ობიექტებს. საერთოდ წყლის დიდი რაოდენობით მოზღვაებისა გამო, მის დაგუბების უბნებში წყლის აღმოღვრისათვის გამოიყენება აღნიშნული დანადგარი, ამიტომ იგი შეიძლება იყოს სტაციონალური და დროებითი; მუდმივი დანადგარები გამოიყენება იმ დაგუბებულ ტბებზე, რომლებიც აშენებულნი არიან მდინარის წყლის რეჟიმის დარეგულირებისათვის, ხოლო ჩახერგვების გზით წარმოშობილი დაგუბებული ტბებისათვის – დროებითი გადასატანი სიფონური წყალამომღვრელი დანადგარები. მაგრამ ასეთი სახის ღონისძიება მოითხოვს მთელი რიგი დამატებითი სამუშაოების წინასწარ ჩატარებას, რომელთა შედეგებიც საფუძვლად დაედება ბრძოლის მეთოდების შერჩევას. შეიძლება სხვა ვარიანტი იყოს. მაგალითად თუ ვიწრო გასასვლელია, როგორიც მყინვარ დეველორაკის ენის ბოლოს არის კასახის კლდოვანი 30 მ სიგანის გასასვლელით, რომელიც ზემო მიმდებ ნაწილში იხერგება და წყალი გუბდება მასში გაჭრილი ხერელი 10 მ სიმაღლეზე, დაქანებული, მდინარის დინების მიმართულებით 1-1,5 მ-ის დიამეტრით უზრუნველყოფს წყლის გადადინებას, რის გამოც ადგილი არ ექნება წყლის დაგროვებას ჩახერგვის ზემოთ.

ყველაზე მისაღები და ადვილად მისაწვდომი მეთოდია ნახლვლევი წყალმოვარდნის ან წყალდიდობის საზღვრების დადგენა და დადგენილი ტერიტორიის საშიშ ზონად გამოცხადდება, სადაც აიკრძალება ყოველგვარი სამეურნეო და

საყოფაცხოვრებო საქმიანობა. ასეთ მეთოდმა საერთაშორისო აღიარება ჰპოვა. ვულკანური მოქმედების ზონაშიდაც კი, მაგალითად 40-42 წლის წინათ ჰავაის კუნძულებზე ვულკანის ამოფრქვევის შედეგად, რომელმაც დიდი ზარალი მიაყენა მოსახლეობას და შეიწირა 1500 ადამიანი, გამოაცხადეს საშიშ ზონად. დანიშნეს მეთვალყურეები, რომლებიც უკრძალავდნენ ყველას გამოყოფილ საზღვრებში ყოველგვარ საქმიანობას. ასეთმა ღონისძიებამ გადაარჩინა ადგილობრივი მცხოვრებნი მეორეჯერ 4-5 წლის წინათ წელს ვულკანურ ამოფრქვევისაგან ძირს დაშვებული ლავური ღვარისაგან. შეიძლება იქნას გამოყენებული კომბინირებული მეთოდი დარიალის ხეობის ჩახერგვისა და გარღვევის მაგალითზე ოთხივე მეთოდის გამოყენებით: სიფონური, წყალამოღვრა, ხერეღის გაყვანილობა, საშიშ ზონად გამოცხადება, საგზაო გვირაბის გაყვანა სამხედრო გზისათვის დარიალის ხეობაში.

5.5. სპეციალიზებული დაკვირვებები და გეოდეზიური აბზომვა

როგორც აღვნიშნეთ, უპირველეს ცნობას მდინარეებისა და ხეობების ჩახერგვის შესახებ იძლევა მთის მოსახლეობა, როცა ხდება ისეთი უჩვეულო მოვლენების განვითარება, როგორიცაა გამაყრუებელი და შემზარავი გუგუნი, მტვრის კორიანტელი, მდინარის დინების შეწყვეტა და სხვა.

ცნობების მიღებისთანავე ადგილზე მიემგზავრება სპეციალური ექსპედიცია, რომელიც ატარებს შემდეგ სამუშაოებს:

- ჩახერგვასთან დაკავშირებული ჰიდროლოგიური მოვლენების შეფასება
- სპეციალიზებული დაკვირვებების, გეოდეზიური აგეგმვების მოწყობა-ჩატარება.

ხეობის კლდე-ზვავებით, მეწყრებით, მყინვარული გამონატანით ჩახერგვის შემდეგ ეწყობა სპეციალიზებული

დაკვირვება. იგი ტარდება ხეობის ჩახერგვის რაიონში და უფრო ხშირად მეზობლად მდებარე ჰიდრომეტეოროლოგიურ სადგურებსა და საგუშაგოებზე.

ხეობის ჩახერგვის რაიონში ეწყობა:

1. დროებითი მეტეოროლოგიური საგუშაგო, სადაც იზომება ატმოსფერული ნალექები და ჰაერის ტემპერატურა მეტეოროლოგიური საგუშაგოს პროგრამით.

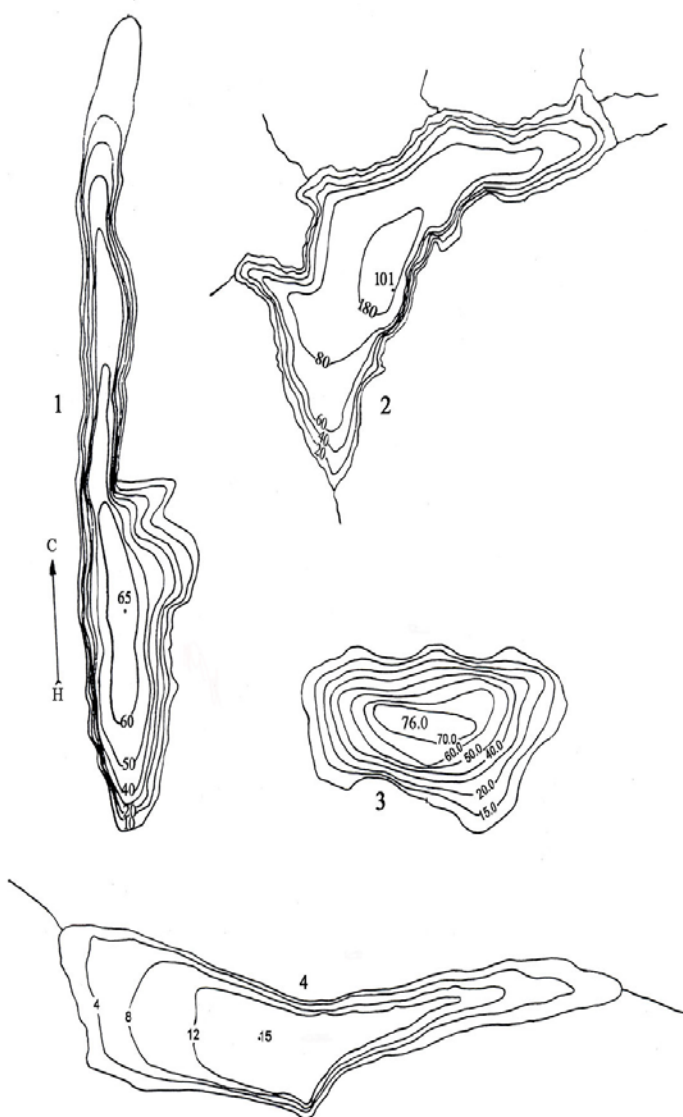
2. დროებითი ჰიდროლოგიური საგუშაგო, რომელიც შედგება ორი-სამი ჰიდროლოგიური კვეთისაგან დაგუბების ზემოთ, სადაც დაიდგმება დონეების საზომი წყლის ღარიკები; დონეებზე დაკვირვება ხდება ყოველ ორ საათში შერჩეულ ჰიდროლოგიურ კვეთებთან. პერიოდულად, კერძოდ, დონეების მკვეთრი აწევის დროს, იზომება წყლის ხარჯები. ჰიდროლოგიური დაკვირვებები და გაზომვები ასევე ტარდება ჰიდროლოგიური საგუშაგოს პროგრამით.

დაკვირვებისა და გაზომვის მასალების დამუშავება და ანალიზი ხდება ყოველდღიურად. წყლის დონეების, წყლის ხარჯებისა და ინფლიტრაციის ინტენსიური მატების შემთხვევების სათანადო შეფასების საფუძველზე; ადგენენ ბიულეტენებს (იხ. დანართი) და გადასცემენ დაინტერესებულ ორგანიზაციებს საჭირო ზომების მისაღებად. ასევე, ყველა ჰიდროლოგიურ საგუშაგოზე, სადაც უნდა გაიაროს დაგუბებული ტბის გარღვევასთან დაკავშირებული ნაზღვლევი წყალმოვარდნის ტალღამ, ეწყობა დაკვირვება წყლის დონეზე, ყოველ ორ საათში, წყალმოვარდნის დაწყების, მაქსიმუმისა და დამთავრების დროის ჩვენებით.

გეოდეზიური აგეგმვები ტარდება დაგუბებული ტბის გარღვევისა და მასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნის ტალღის გავლის შემდეგ. იგი მოიცავს დაგუბებული ტბის თეოდოლიტურ აგეგმვას, ნიველირის მეთოდით წყლის დონის უდიდეს ნიშნულამდე 2-3 მ სიმაღლის დამატების გათვალისწინებით. მიღებული მასალების საფუძველზე დგება დაგუბებული ტბისა და მიმდებარე ტერიტორიის სქემა (ნახ. 4), ტბის ბათმეტრიული რუკა (ნახ. 50), წყლის მოცულობის, წყლის ხარჯისა და ფართობის მრუდები. განივი და გრძივი პროფილების გრაფიკების აგებით (ნახ. 38, 39), და წყლის მაქსიმალური ხარჯის განსაზღვრა წყლის დონის უდიდესი ნიშნულის მეთოდის მიხედვით (ცხრ. 6). აიგება აგრეთვე

წყალმოვარდნის ჰიდროგრაფი წინა და მომდევნო დღეების დონეების დატანით (ნახ. 36). მიღებული მასალებიდან დადგენილ B , L , F , H და W -ს ადარებენ იმავე სიდიდეებს, გამოთვლილი პროგნოზული მეთოდით; ცდომილების გამოვლინებისა და გამოთვლების დასაზუსტებლად. ასევე, ჰიდროლოგიურ საგუშაგოებზე და დამატებით ჰიდროლოგიურ კვეთებზე წყლის დონის უდიდეს ნიშნულამდე (51) გაზომილ-გამოთვლილი წყლის ხარჯების საშუალებით გამოითვლება წყლის ხარჯი გარღვევის ადგილას, ფორმულა (11)-ის გამოყენების საფუძველზე.

ყველა შემთხვევაში გამოთვლილ Q -ს მნიშვნელობები დაახლოებით იგივე უნდა იყოს, რაც Q — მიღებულია ფორმულით (42) ან (46), როცა $L=0$ -ს. თვალსაჩინოებისათვის იხილეთ დანართი.



ნახ. 50. ამტყელის (1), ღიღი რივის (2), პატარა რივის (3) და ქველურემის (4) ტბების ბათომეტრიული სქემები



ნახ. 51. მღ. ქსანზე 1987 წ. 11 ოვნისის წყალმოვარდნის წყლის
მაქსიმალური ხარჯის გაზომვები მისი გავლის შემდეგ დატოვებული
ნიშნულების მიხედვით ნიველირების მეთოდით.

5.6. რეკომენდაციები დაზუბებული ტბების ბარდგვმასთან დაკავშირებული ნაზღვლევი წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების თავიდან აცილების შესახებ

- მდინარის ხეობის ჩახერგვის რაიონში უნდა შეიქმნას ოპერატიული შტაბი, დაწესდეს დღე-ღამური მორიგეობა, როგორც დაზუბების რაიონში, ასევე იმ დასახლებაში, სადაც უნდა გაიაროს 0.5 – 1.0 მ სიმაღლის ნაზღვლევი წყალმოვარდნის ტალღამ. სამორიგეო პუნქტებს შორის უნდა დამყარდეს სატელეფონო კავშირი; ოპერატიულ შტაბში სისტემატურად უნდა ივსებოდეს სპეციალური ჟურნალი (იხ. დანართი-ბიულეტენი) მიღებული ინფორმაციის, ნაზღვლევი წყალმოვარდნის გავლისა და დამთავრების დროის, ასევე შედეგების ჩანაწერებით.

- მდინარის ხეობის კლდე-ზვავებით, მეწყრებით, მყინვარების გამონატანით ჩახერგვის დროიდან, მდინარის კალაპოტი, ჭალები და დაბალი ტერასები მდინარის დონიდან 10 მ-მდე უნდა გამოცხადდეს საშიშ ზონად და შეწყდეს ყოველგვარი სამეურნეო საქმიანობა. დაუყოვნებლივ უნდა განხორციელდეს საშიშ ზონაში არსებული მოსახლეობის, ფერმების, სადგომების და სხვა სახის სამეურნეო ობიექტების ევაკუაცია.
- ხეობის ჩახერგვისა და წყლის დაგუბების დაწყებიდან, ჩახერგილ კაშხალში დროულად უნდა იქნეს გაყვანილი თხრილი კაშხლის სიმაღლის 1/5 სიღრმემდე. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ხეობის ფერდობების დადაბლებულ და მდინარის დიდი სიმრუდის მქონე მოსახვევ ადგილებს, სადაც მოსალოდნელია წყალმოვარდნის ტალღის ნაწილის გადმოღინება (დადაბლებულ უბნებზე), ან ტალღის ნაწილის ასვლა ფერდობზე (მდინარის დინების სიმრუდის უბანზე). საჭიროა ხეობის გასწვრივ განლაგდეს რკინაბეტონის ფილები წყლის მდინარის კალაპოტში დასაბრუნებლად.
- დაგუბებული უბნების, წყალსაცავების წყლით ინტენსიური ავსების შემთხვევაში, როდესაც ავსების დრო განისაზღვრება საათობით, უნდა განხორციელდეს მოსახლეობის ევაკუაცია უსაფრთხოების ადგილებზე.
- მიწისძვრის შემთხვევაში, სადაც მოსალოდნელი იქნება მისი განმეორება, მოხდეს წყალსატევების (წყალსაცავები, დაგუბებული უბნები) დაცლა.
- საკვლევ გაანგარიშებებს და გამოთვლილ პროგნოზებს შეიძლება არ მოჰყვეს დაგუბებული ტბების გარღვევა და მასთან დაკავშირებული კატასტროფული ნაზღვლევი წყალმოვარდნები, მაგრამ მიღებული შედეგები გამაფრთხილებელი სიგნალებია, მოითხოვს ყურადღებას, რადგან დაგუბებული ტბები პოტენციურად საშიშ ობიექტებს წარმოადგენენ. საშიშროების ლიკვიდაციისათვის საჭიროა დაგუბებული ტბების დონეების დაწევა 10-15 მ-ით.
- მდინარეთა ხეობების კლდე-ზვავებით, მეწყრებით და მყინვარული გამონატანით ჩახერგვის შედეგად დაგუბებული უბნების გაჩენასთან ერთად გამოიანგარიშება მოსალოდ-

ნელი დაგუბებული ტბის და მის გარღვევასთან დაკავშირებული წყალმოვარდნის მასხასიათებლები, ივსება ბიულეტენი, რომლის ფორმა და შინაარსი შევსებული მაგალითის სახით მოყვანილია ქვემოთ:

ბიულეტენი

მდინარის _____ ხეობა

ჩახერბილი:

კლდე-ზვავით _____

მეწყრით _____

მყინვარით და ა.შ _____

რიცხვი, თვე, წელი _____ 20__ წ.

შესართავიდან _____ კმ-ის ზემოთ

სოფელი _____ კმ-ის ზემოთ/ქვემოთ

№	მახასიათებლები	მნიშვნელობები	
1	2	3	
1	ჩახერგილი კაშხლის სიმაღლე ძირიდან (H_1), მ	1810	
2	ჩახერგილი კაშხლის თხემის სიმაღლე (H_2), მ	1850	
3	მოსალოდნელი შეტბორვის დონე $h=(H_2-H_1)$, მ	40	
4	მოსალოდნელი დაგუბებული ტბის სიგანე, “ $a-b$ ”(B), მ	75	
5	მოსალოდნელი დაგუბებული ტბის სიგრძე, “ $C-O$ ”(L), მ	2500	
6	დაგუბებული ტბის მოცულობა $W=BLH/K$, მ ³	2500000	
7	წყალშემკრები აუზის ფართობი ჩახერგილი კაშხლის თხემამდე (F), კმ ²	130	
8	წყალშემკრები აუზის ფართობი ჰიდროლოგიურ საგუშაგომდე ($F_{საგ}$), კმ ²	160	
9	წყალშემკრები აუზის ფართობი ანალოგ მდინარეებზე		
	მდინარე	F_1 , კმ	200
	სოფელი		
	მდინარე	F_1 , კმ	340
	სოფელი		
	მდინარე	F_1 , კმ	465
სოფელი			
10	წყლის ხარჯი დაგუბებული მდინარის ჰ/ს-მდე Q , მ ³ /წმ		
	წყლის ხარჯი ანალოგ მდინარეებზე		
	მდინარე	Q_1 , მ ³ /წმ	2,90
	სოფელი		
	მდინარე	Q_1 , მ ³ /წმ	4.50
	სოფელი		
მდინარე	Q_1 , მ ³ /წმ	5.55	
სოფელი			
11	დაგუბებულ უბნებზე მდინარეთა ჯამური წყლის ხარჯი		
	გაზომვის მეთოდით (ΣQ), მ ³ /წმ		0.95
	დაგუბებული მდინარის საგუშაგოს მონაცემებით $\Sigma Q= (F/F_{საგ})$, მ ³ /წმ		0.94
	ანალოგ მდინარის მეთოდით $\Sigma Q=1/n(Q_1/F_1)+Q_2/F_2)+---+(Q_n/F_n)$, მ ³ /წმ		0.94
12	დაგუბებული ტბის (წყალსატევის) ავსების ხანგრძლივობის პროგნოზი		
	$T=W/Q$, წამებში		800000
	$T_w=T/60$, წუთებში		13333
	$T_i= T_w/60$, საათებში		222
	$T_d= T_i /24$, დღეში		9
13	დაგუბებული ტბის გარღვევის შემდეგ წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური დონე, მ $h=H/10^{3 \frac{b}{B}(1+0.15L)}$, როცა		
	$L_1=0$ კმ		20.0
	$L_2=5$ კმ		11.5

	$L_3=10$ კმ	8.0
	$L_4=15$ კმ	6.2
	$L_5=20$ კმ	5.0
	$L_6=25$ კმ	4.2
	$L_7=30$ კმ	3.6
	და ა.შ.	
14	დაგუბებული ტბის გარღვევის შემდეგ წყალმოვარდნის წყლის მაქსიმალური ხარჯი, მ ³ /წმ $Q=1.9LBH^{3/2}/(L+L_i)$ როცა	
	$L_1=0$ კმ	36525
	$L_2=5$ კმ	12053
	$L_3=10$ კმ	7305
	$L_4=15$ კმ	5114
	$L_5=20$ კმ	3287
	$L_6=25$ კმ	2922
	და ა.შ.	

შეადგინა _____

შეამოწმა _____

თარიღი _____ 20 ____ წ.

ლიტერატურა

1. გორგიჯანიძე ს., ცინცაძე ნ. მყინვარების უკან დახევის
შედეგად წარმოშობილი დაგუბებული ტბების გეოგრაფია.
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული.
ტ.111. 2003.

- [illegible]

14. [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25] [26] [27] [28] [29] [30] [31] [32] [33] [34] [35] [36] [37] [38] [39] [40] [41] [42] [43] [44] [45] [46] [47] [48] [49] [50] [51] [52] [53] [54] [55] [56] [57] [58] [59] [60] [61] [62] [63] [64] [65] [66] [67] [68] [69] [70] [71] [72] [73] [74] [75] [76] [77] [78] [79] [80] [81] [82] [83] [84] [85] [86] [87] [88] [89] [90] [91] [92] [93] [94] [95] [96] [97] [98] [99] [100] [101] [102] [103] [104] [105] [106] [107] [108] [109] [110] [111] [112] [113] [114] [115] [116] [117] [118] [119] [120] [121] [122] [123] [124] [125] [126] [127] [128] [129] [130] [131] [132] [133] [134] [135] [136] [137] [138] [139] [140] [141] [142] [143] [144] [145] [146] [147] [148] [149] [150] [151] [152] [153] [154] [155] [156] [157] [158] [159] [160] [161] [162] [163] [164] [165] [166] [167] [168] [169] [170] [171] [172] [173] [174] [175] [176] [177] [178] [179] [180] [181] [182] [183] [184] [185] [186] [187] [188] [189] [190] [191] [192] [193] [194] [195] [196] [197] [198] [199] [200] [201] [202] [203] [204] [205] [206] [207] [208] [209] [210] [211] [212] [213] [214] [215] [216] [217] [218] [219] [220] [221] [222] [223] [224] [225] [226] [227] [228] [229] [230] [231] [232] [233] [234] [235] [236] [237] [238] [239] [240] [241] [242] [243] [244] [245] [246] [247] [248] [249] [250] [251] [252] [253] [254] [255] [256] [257] [258] [259] [260] [261] [262] [263] [264] [265] [266] [267] [268] [269] [270] [271] [272] [273] [274] [275] [276] [277] [278] [279] [280] [281] [282] [283] [284] [285] [286] [287] [288] [289] [290] [291] [292] [293] [294] [295] [296] [297] [298] [299] [300] [301] [302] [303] [304] [305] [306] [307] [308] [309] [310] [311] [312] [313] [314] [315] [316] [317] [318] [319] [320] [321] [322] [323] [324] [325] [326] [327] [328] [329] [330] [331] [332] [333] [334] [335] [336] [337] [338] [339] [340] [341] [342] [343] [344] [345] [346] [347] [348] [349] [350] [351] [352] [353] [354] [355] [356] [357] [358] [359] [360] [361] [362] [363] [364] [365] [366] [367] [368] [369] [370] [371] [372] [373] [374] [375] [376] [377] [378] [379] [380] [381] [382] [383] [384] [385] [386] [387] [388] [389] [390] [391] [392] [393] [394] [395] [396] [397] [398] [399] [400] [401] [402] [403] [404] [405] [406] [407] [408] [409] [410] [411] [412] [413] [414] [415] [416] [417] [418] [419] [420] [421] [422] [423] [424] [425] [426] [427] [428] [429] [430] [431] [432] [433] [434] [435] [436] [437] [438] [439] [440] [441] [442] [443] [444] [445] [446] [447] [448] [449] [450] [451] [452] [453] [454] [455] [456] [457] [458] [459] [460] [461] [462] [463] [464] [465] [466] [467] [468] [469] [470] [471] [472] [473] [474] [475] [476] [477] [478] [479] [480] [481] [482] [483] [484] [485] [486] [487] [488] [489] [490] [491] [492] [493] [494] [495] [496] [497] [498] [499] [500] [501] [502] [503] [504] [505] [506] [507] [508] [509] [510] [511] [512] [513] [514] [515] [516] [517] [518] [519] [520] [521] [522] [523] [524] [525] [526] [527] [528] [529] [530] [531] [532] [533] [534] [535] [536] [537] [538] [539] [540] [541] [542] [543] [544] [545] [546] [547] [548] [549] [550] [551] [552] [553] [554] [555] [556] [557] [558] [559] [560] [561] [562] [563] [564] [565] [566] [567] [568] [569] [570] [571] [572] [573] [574] [575] [576] [577] [578] [579] [580] [581] [582] [583] [584] [585] [586] [587] [588] [589] [590] [591] [592] [593] [594] [595] [596] [597] [598] [599] [600] [601] [602] [603] [604] [605] [606] [607] [608] [609] [610] [611] [612] [613] [614] [615] [616] [617] [618] [619] [620] [621] [622] [623] [624] [625] [626] [627] [628] [629] [630] [631] [632] [633] [634] [635] [636] [637] [638] [639] [640] [641] [642] [643] [644] [645] [646] [647] [648] [649] [650] [651] [652] [653] [654] [655] [656] [657] [658] [659] [660] [661] [662] [663] [664] [665] [666] [667] [668] [669] [670] [671] [672] [673] [674] [675] [676] [677] [678] [679] [680] [681] [682] [683] [684] [685] [686] [687] [688] [689] [690] [691] [692] [693] [694] [695] [696] [697] [698] [699] [700] [701] [702] [703] [704] [705] [706] [707] [708] [709] [710] [711] [712] [713] [714] [715] [716] [717] [718] [719] [720] [721] [722] [723] [724] [725] [726] [727] [728] [729] [730] [731] [732] [733] [734] [735] [736] [737] [738] [739] [740] [741] [742] [743] [744] [745] [746] [747] [748] [749] [750] [751] [752] [753] [754] [755] [756] [757] [758] [759] [760] [761] [762] [763] [764] [765] [766] [767] [768] [769] [770] [771] [772] [773] [774] [775] [776] [777] [778] [779] [780] [781] [782] [783] [784] [785] [786] [787] [788] [789] [790] [791] [792] [793] [794] [795] [796] [797] [798] [799] [800] [801] [802] [803] [804] [805] [806] [807] [808] [809] [810] [811] [812] [813] [814] [815] [816] [817] [818] [819] [820] [821] [822] [823] [824] [825] [826] [827] [828] [829] [830] [831] [832] [833] [834] [835] [836] [83

- [illegible]

46. [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25] [26] [27] [28] [29] [30] [31] [32] [33] [34] [35] [36] [37] [38] [39] [40] [41] [42] [43] [44] [45] [46] [47] [48] [49] [50] [51] [52] [53] [54] [55] [56] [57] [58] [59] [60] [61] [62] [63] [64] [65] [66] [67] [68] [69] [70] [71] [72] [73] [74] [75] [76] [77] [78] [79] [80] [81] [82] [83] [84] [85] [86] [87] [88] [89] [90] [91] [92] [93] [94] [95] [96] [97] [98] [99] [100] [101] [102] [103] [104] [105] [106] [107] [108] [109] [110] [111] [112] [113] [114] [115] [116] [117] [118] [119] [120] [121] [122] [123] [124] [125] [126] [127] [128] [129] [130] [131] [132] [133] [134] [135] [136] [137] [138] [139] [140] [141] [142] [143] [144] [145] [146] [147] [148] [149] [150] [151] [152] [153] [154] [155] [156] [157] [158] [159] [160] [161] [162] [163] [164] [165] [166] [167] [168] [169] [170] [171] [172] [173] [174] [175] [176] [177] [178] [179] [180] [181] [182] [183] [184] [185] [186] [187] [188] [189] [190] [191] [192] [193] [194] [195] [196] [197] [198] [199] [200] [201] [202] [203] [204] [205] [206] [207] [208] [209] [210] [211] [212] [213] [214] [215] [216] [217] [218] [219] [220] [221] [222] [223] [224] [225] [226] [227] [228] [229] [230] [231] [232] [233] [234] [235] [236] [237] [238] [239] [240] [241] [242] [243] [244] [245] [246] [247] [248] [249] [250] [251] [252] [253] [254] [255] [256] [257] [258] [259] [260] [261] [262] [263] [264] [265] [266] [267] [268] [269] [270] [271] [272] [273] [274] [275] [276] [277] [278] [279] [280] [281] [282] [283] [284] [285] [286] [287] [288] [289] [290] [291] [292] [293] [294] [295] [296] [297] [298] [299] [300] [301] [302] [303] [304] [305] [306] [307] [308] [309] [310] [311] [312] [313] [314] [315] [316] [317] [318] [319] [320] [321] [322] [323] [324] [325] [326] [327] [328] [329] [330] [331] [332] [333] [334] [335] [336] [337] [338] [339] [340] [341] [342] [343] [344] [345] [346] [347] [348] [349] [350] [351] [352] [353] [354] [355] [356] [357] [358] [359] [360] [361] [362] [363] [364] [365] [366] [367] [368] [369] [370] [371] [372] [373] [374] [375] [376] [377] [378] [379] [380] [381] [382] [383] [384] [385] [386] [387] [388] [389] [390] [391] [392] [393] [394] [395] [396] [397] [398] [399] [400] [401] [402] [403] [404] [405] [406] [407] [408] [409] [410] [411] [412] [413] [414] [415] [416] [417] [418] [419] [420] [421] [422] [423] [424] [425] [426] [427] [428] [429] [430] [431] [432] [433] [434] [435] [436] [437] [438] [439] [440] [441] [442] [443] [444] [445] [446] [447] [448] [449] [450] [451] [452] [453] [454] [455] [456] [457] [458] [459] [460] [461] [462] [463] [464] [465] [466] [467] [468] [469] [470] [471] [472] [473] [474] [475] [476] [477] [478] [479] [480] [481] [482] [483] [484] [485] [486] [487] [488] [489] [490] [491] [492] [493] [494] [495] [496] [497] [498] [499] [500] [501] [502] [503] [504] [505] [506] [507] [508] [509] [510] [511] [512] [513] [514] [515] [516] [517] [518] [519] [520] [521] [522] [523] [524] [525] [526] [527] [528] [529] [530] [531] [532] [533] [534] [535] [536] [537] [538] [539] [540] [541] [542] [543] [544] [545] [546] [547] [548] [549] [550] [551] [552] [553] [554] [555] [556] [557] [558] [559] [560] [561] [562] [563] [564] [565] [566] [567] [568] [569] [570] [571] [572] [573] [574] [575] [576] [577] [578] [579] [580] [581] [582] [583] [584] [585] [586] [587] [588] [589] [590] [591] [592] [593] [594] [595] [596] [597] [598] [599] [600] [601] [602] [603] [604] [605] [606] [607] [608] [609] [610] [611] [612] [613] [614] [615] [616] [617] [618] [619] [620] [621] [622] [623] [624] [625] [626] [627] [628] [629] [630] [631] [632] [633] [634] [635] [636] [637] [638] [639] [640] [641] [642] [643] [644] [645] [646] [647] [648] [649] [650] [651] [652] [653] [654] [655] [656] [657] [658] [659] [660] [661] [662] [663] [664] [665] [666] [667] [668] [669] [670] [671] [672] [673] [674] [675] [676] [677] [678] [679] [680] [681] [682] [683] [684] [685] [686] [687] [688] [689] [690] [691] [692] [693] [694] [695] [696] [697] [698] [699] [700] [701] [702] [703] [704] [705] [706] [707] [708] [709] [710] [711] [712] [713] [714] [715] [716] [717] [718] [719] [720] [721] [722] [723] [724] [725] [726] [727] [728] [729] [730] [731] [732] [733] [734] [735] [736] [737] [738] [739] [740] [741] [742] [743] [744] [745] [746] [747] [748] [749] [750] [751] [752] [753] [754] [755] [756] [757] [758] [759] [760] [761] [762] [763] [764] [765] [766] [767] [768] [769] [770] [771] [772] [773] [774] [775] [776] [777] [778] [779] [780] [781] [782] [783] [784] [785] [786] [787] [788] [789] [790] [791] [792] [793] [794] [795] [796] [797] [798] [799] [800] [801] [802] [803] [804] [805] [806] [807] [808] [809] [810] [811] [812] [813] [814] [815] [816] [817] [818] [819] [820] [821] [822] [823] [824] [825] [826] [827] [828] [829] [830] [831] [832] [833] [834] [835] [836] [83

ღაბუბებული ტბების შემსუბუქების მახასიათებლების გაანგარიშების შედეგები

№	ეტაპები, შესაბამისი მონაცემები და გამოთვლები	ჯრუჭულა	ხახიეთისწ ყალი	ფაწა ქემულთა
1	2	3	4	5
I. საწყისი მონაცემები				
1	მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი (კმ ²)	37.6	81.0	179
2	მდინარის სიგრძე (კმ)	13.5	9.6	24
3	მდინარის სათავის სიმაღლე (1 მ)	1400	1900	3000
4	მდინარის საანგარიშო კვეთის სიმაღლე (2 მ)	680	880	1180
5	მდინარის წყალშემკრები აუზის საშუალო სიმაღლე (მ)	1480	1800	1950
II. ჰიპოთეზური მონაცემები				
6	მდინარის დახრილობა $I=0,75[(H_1-H_2)/L]$	0.068	0.080	0.568
მდინარის წყლის ხარჯი:				
7	წლიური ნორმა 0 მ ³ /წმ	1.15	2.71	3.67
	ტბის შევსების პერიოდი Σ მ ³ /წმ	2.15	1.52	8.5
	უდიდესი მაქსიმალური წყლის ხარჯი მ ³ /წმ	442	447	570
	1%-ანი უზრუნველყოფის წყლის ხარჯი 1% მ ³ /წმ	310	313	390
III. ტბის შემსუბუქების მახასიათებლები ჩვეულებრივ პირობებში				
8	ტბის მოცულობა ჯ მ ³ /წმ	0.425 10 ⁶	2.1 10 ⁶	3.8 10 ⁶

9	ტბის შევსების ხანგრძლივობა $t_{\Sigma} = \frac{V}{Q}$ მ³/წმ	198000	1.422000	448000
		2.29	18.46	5.18
IV. ტბის შევსების მახასიათებლები 1% წყლის მაქსიმალური ხარჯის პირობებში				
10	წყალმოვარდნის ხანგრძლივობა t (1%), ფორმულა (4.8) წმ	1488	12126	18294
11	წყალმოვარდნის მატების ფაზების ხანგრძლივობა $t_{\Sigma} = t(1\%)/3.4$ წმ	438	3566	5381
12	წყალმოვარდნის დაცემის ფაზის ხანგრძლივობა $t_{\Sigma} = 2.4 t_{\text{თ}}$	1050	8560	12913
13	წყალმოვარდნის მატების ფაზის წყლის მოცულობა $Q = 0.96 t_{\text{თ}} 1\%$	54312	445463	839436
14	წყალმოვარდნის დაცემის ფაზის წყლის ხანგრძლივობა $Q(1\%)$	130349	$1.07 \cdot 10^6$	$2.01 \cdot 10^6$
15	წყალმოვარდნის მთლიანი წყლის მოცულობა $Q(1\%) = 1.36 t_{\text{თ}} 1\%$	184661	$1.52 \cdot 10^6$	$2.85 \cdot 10^6$
16	პირობა $Q(1\%)$	$< Q$	$\leq Q$	$> Q$
17	ტბის შევსების ხანგრძლივობა t , ფორმულა (4.10) წმ	113214	399105	117146
	დღე	1.31	4.56	1.36