

ჰიდროლოგია, ჰიდრომეტეოლოგია და ჰიდრომეტეოლოგიური ნაგებობები

საქართველოს სსრ, სოხალხო განათლების სამინისტროს მიერ
დამტკიცებულია სახელმძღვანელოდ უმაღლესი ტექნიკური
სასწავლებლების სტუდენტებისათვის

წინამდებარე სახელმძღვანელო შედგენილია საგნის პროგრამის სრული შესაბამისობით. მასში განხილულია ადამიანის წყალსამეურნეო საქმიანობასთან დაკავშირებული ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული საკითხები: წყლის რესურსები, წყლის მეურნეობა, მდინარის ჩამონადენის ფაქტორები, კალაპორტური პროცესები, ჰიდრომეტრიული კვლევის ხერხები და ხელსაწყოები, ჰიდროტექნიკური ნაგებობები, წყლის რესურსებზე ანთროპოგენული გავლენის საკითხები და სხვ.

წიგნის ტექსტი შედგენილია გამოყენებულ ლიტერატურაზე ფართო მითითებებით, რაც ნაკარნახევია იმ მიზნით, რომ სტუდენტს აანუვიტაროს პირველწყაროზე დამოუკიდებელი მუშაობის ჩვევები.

რ ე ც ე ნ ზ ე ნ ტ ე ბ ი:

ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ნ. მ. ო წ ი ნ ე ლ ი ძ ე
ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატი, პროფესორი ა. პ ა პ ა შ ვ ი ლ ი
ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატი, დოცენტი ვ. ნ ა ქ ე ბ ი ა

პირველი განყოფილება

შესავალი

I თავი

ზოგადი ცნობები წყალსა და წყლის მეურნეობაზე

§ 1. 1. წყლის რასურსები ბუნებაში

დედამიწის ზედაპირის საერთო ფართობი შეადგენს 510 მლნ კმ²-ს, რომლის 71% (361 მლნ კმ²) უკავია მსოფლიო ოკეანეს, ხოლო დანარჩენი — ხმელეთს. უთანაბროა წყლისა და ხმელეთის დედამიწაზე განაწილება: ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ხმელეთი შეადგენს ნახევარსფეროს ფართობის 39%-ს, მაშინ როდესაც სამხრეთ ნახევარსფეროში მას უკავია მხოლოდ 19%.

დედამიწის ჰიდროსფეროს ნაწილები და მათი წყლის მარაგი კლასიფიცირებულია 1.1 ცხრილში [3].

ცხრილი 1. 1.

№	ჰიდროსფეროს ნაწილი	წყლის მოცულობა		
		ათასი კმ ³	წყლის სერთო მარაგიდან %—ობით	შტკნარი წყლის სერთო მარაგიდან %—ობით
1	მსოფლიო ოკეანე	1338000	96,4	—
2	მიწისქვეშა წყლები: გრავიტაციული, კაპილარული	23400	1,69	30,06
3	მარადი გაყინულობის ზონებში მყინვარები	300	0,022	0,86
		26064	1,88	88,7
4	ტბები	176	0,013	0,26
5	ნიადაგის ტენი	16,5	0,0012	0,047
6	ატმოსფეროს ტენი	12,9	0,00093	0,037
7	ჰაობები	11,5	0,00088	0,035
8	მდინარეები	2,12	0,00015	0,006
		1367963	100 %	100%

როგორც ვხედავთ, წყლის საერთო მარაგი დედამიწაზე დიდია (~1388 მლ კმ³), მაგრამ საქმე ისაა, რომ ამ მოცულობის უდიდესი ნაწილი (~97,5%) უკავია მარილიან წყალს (მსოფლიო ოკეანე, მლაშე ტბები და ჭაობები) და მტკნარი წყლის წილად მოდის წყლის მსოფლიო მარაგის მხოლოდ 2,5% (35 მლნ კმ³). მტკნარი წყალი ბუნებაში ძირითადად არსებობს ყინულის (არქტიკა, ანტარქტიკა, გრენლანდია. ხმელეთის მყინვარები), მდინარის ჩამონადენის და მიწისქვეშა წყლების სახით, რომელთა სრულად გამოყენება გარკვეულ ტექნიკურ სიძნელებთანაა დაკავშირებული. ამჟამად მოხმარებისათვის მისაწვდომი მტკნარი წყლის მოცულობა შეადგენს წყლის მსოფლიო მარაგის მხოლოდ 0,3%-ს (4,16 მლნ კმ³).

კაცობრიობის სამეურნეო საქმიანობაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ჰქონდა და აქვს მდინარეთა ჩამონადენს, რომლის მსოფლიო საშუალო წლიური რაოდენობა უტოლდება 38830 კმ³-ს [11, 14]: საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე (22,4 მლნ კმ³) მოდის ამ მოცულობის მნიშვნელოვანი ნაწილი — 4720 კმ³. საქართველოც მდიდარია წყლის რესურსებით: მისი საერთო ფართობიდან (69,5 ათასი კმ²) წელიწადში საშუალოდ ჩამოედინება 66,3 კმ³ მდინარის წყალი.

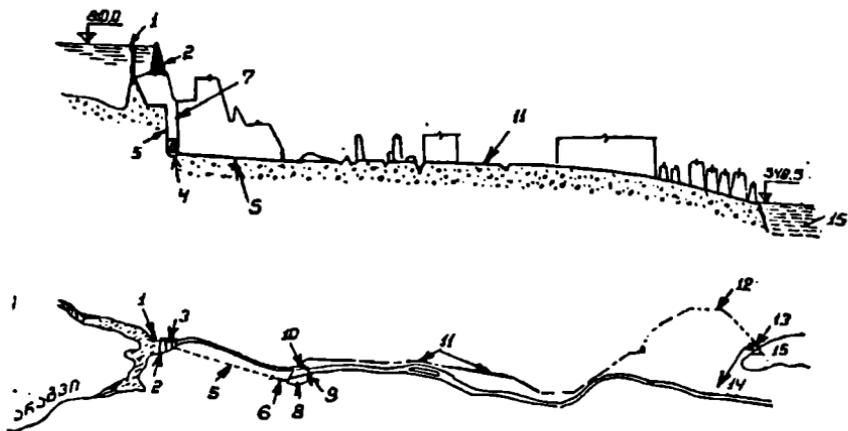
ისევე, როგორც წყლის საერთო მარაგი, მდინარის ჩამონადენიც ფრიად უთანაბროდაა განაწილებული ხმელეთის ზედაპირზე. მაგალითად, მსოფლიო მდინარეთა წლიური ჩამონადენის 98% ერთვის მსოფლიო ოკეანეს, ხოლო წყალგაუდინარი ტერიტორიების წილად, რომლებსაც ხმელეთის მთლიანი ფართობის 22% უჭირავს, მოდის 2%; საბჭოთა კავშირის ტერიტორიის აზიური და ევროპული ტერიტორია ფასდება მდინარეთა ჩამონადენის შესაბამისად 80% და 20%-ით; მდინარეების 85% მიმართულია ჩრდილოეთით, სამხრეთის ზღვებში კი ჩაედინება მხოლოდ 14%; საქართველოში მდინარის წყლების 75,1% მოდის დასავლეთზე, ხოლო 24,9% — აღმოსავლეთი რაიონების წილად და ა. შ.

მნიშვნელოვანია ჩამონადენის დროში არათანაბარი განაწილება: საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე წლიური ჩამონადენის 77% ემთხვევა წყალდიდობის მოკლე პერიოდს (1... 3 თვე).

დედამიწის არსებობის მანძილზე ბუნებრივი წყლების საერთო რაოდენობა პრაქტიკულად უცვლელია. ეს მოსაზრება არ შეიძლება გავავრცელოთ მტკნარი წყლის და, უპირველესად, მდინარის ჩამონადენის მარაგზე: ადამიანი სამეურნეო საქმიანობაში მოიხმარს მტკნარი წყლის სულ უფრო მეტ რაოდენობას, რომლის დიდი ნაწილი აღარ უბრუნდება პირველად წყაროებს ან უბრუნდება გაუარესებული ხარისხით (თავი XXIX).

ზემოთ აღნიშნეთ ხმელეთის ზედაპირული წყლების უთანაბრო განაწილება დროსა და სივრცეში; სახალხო მეურნეობა კი მოითხოვს შეძლებისდაგვარად სტაბილურ წყალმომარაგებას, რასაც შეიძლება მივაღწიოთ მხოლოდ სპეციალური საინჟინრო ღონისძიებების განხორციელებით. სახალხო მეურნეობის იმ დარგს, რომელიც შეისწავლის ქვეყნის წყლის რესურსების აღრიცხვის, რეგულირების, განაწილებისა და გამოყენების საკითხებს, ეწოდება წყლის მეურნეობა [25., ნაწ. I, გვ. 5]. წყლის მეურნეობის დარგებია: ჰიდროენერგეტიკა — ენერგეტიკის დარგი, რომელიც გულისხმობს წყლის რესურსების ენერჯის გამოყენებას (თანამედროვე გაგებით-ელექტროენერგეტიკა); წყლის ტრანსპორტი — მდინარეების, ტბებისა და ზღვების გამოყენება ნაოსნობისა და ტვირთის გადასაზიდად; ჰიდრომელიორაცია — ტერიტორიის არახელსაყრელი ბუნებრივი პირობების გაუმჯობესება, რაც გულისხმობს: მშრალი ნიადაგის დამატებით გატენიანებას (ირიგაცია), ნიადაგიდან ზედმეტი ტენის გაყვანას (დაშრობა) ან სასოფლო-სამეურნეო წყალმომარაგებას (გაწყლიერება); წყალმომარაგება და კანალიზაცია — დასახლებული ადგილების, სამრეწველო, სატრანსპორტო და სხვა ობიექტების სასმელი და ტექნიკური წყლით უზრუნველყოფა (წყალმომარაგება), ჩამდინარე წყლების გაყვანა (კანალიზაცია) და გაწმენდა; წყლის წიაღისეული სიმდიდრეების გამოყენება — თევზის მეურნეობა, წყლიდან მადნეულის, მარილების, სასარგებლო წყალმცენარეების მოპოვება. წყლის მეურნეობის ხასიათმა დიდი ხანია გადალახა დარგობრივი საზღვრები, ასე რომ, გარდა ზემოაღნიშნულისა, მის ამოცანებში შედის: წყლის რესურსებისა და მათი ხარისხის დაცვა და რაციონალური გამოყენება, წყლის დამანგრეველ მოქმედებასთან ბრძოლა, დასახლებული ადგილების წყლით კეთილმოწყობა, წყალსატევების გამაჯანსაღებელი და დასვენების მიზნებისათვის გამოყენება და სხვ.

წყლის მეურნეობის დარგები თვისებრივად სხვადასხვაგვარად განაგებენ წყლის რესურსებს: წყალმომარაგებელი (წყალმომარაგება, ირიგაცია) მოიხმარენ წყალს და ძალიან ცოტას უბრუნებენ პირველწყაროს, წყალმოსარგებელ დარგები კი მხოლოდ გამოიყენებენ მას და თითქმის მთლიანად უბრუნებენ ბუნებას (ჰიდროენერგეტიკა, წყლის ტრანსპორტი, წყლის წიაღისეულის დამუშავება). როგორც ვხედავთ, წყლის მეურნეობის დარგები და ამოცანები ფრიალ რთული და მრავალფეროვანია, ამიტომ წყლის მეურნეობის ორგანიზაციის მთავარი რაციონალური პრინციპია წყლის რესურსების კომპლექსური გამოყენება. მისი ძირითადი არ-



ნახ. 1. 1. ჟინვალის კომპლექსური ჰიდროკვანძი მდ. არაგვზე. 1 — კონკრეტი წყალმი-
 ლები; 2 — კაშხალი; 3 — წყალსაგდები; 4 — ჟეს-ის შენობა; 5 — სატურბინო და
 გამყვანი წყალსატარები; 6 — არხი; 7 — სამგზავრო-სატვირთო შახტი; 8 — ბუფერუ-
 ლი აუზი; 9 — წყალგამომშვები; 10 — მოძველები გვირაბი; 11 — უდაწნეო წყალსა-
 ტარი; 12 — გვირაბი; 13 — გამწმენდი ნაგებობები; 14 — ქალაქის წყალსადენის ქსე-
 ლი; 15 — თბილისის ზღვა.

სი იმაში მდგომარეობს, რომ წყალსამეურნეო ღონისძიების გეგმარე-
 ბისას გავითვალისწინოთ მისი ერთდროულად გამოყენება წყლის მეურ-
 ნეობის ყველა შესაძლო და ეკონომიკურად დასაბუთებული მიზნებისა-
 თვის.

ასეთია, მაგალითად, ჟინვალის ჰიდროკვანძი მდ. არაგვზე (ნახ. 1. 1),
 რომელიც ემსახურება ენერგეტიკას, წყალმომარაგებასა და ირიგაციას.
 ჰიდროკვანძის მთავარ ნაგებობას წარმოადგენს 102 მ სიმაღლის ქვამიწის
 კაშხალი თიხნარის გულით. იგი ტბორაგს რა არაგვის ხეობას, ქმნის 520
 მლნ მ³ ტევადობის წყალსაცავს, რომლის 370 მლნ მ³ გამოიყენება სასარ-
 გებლოდ. წყალდიდობის საანგარიშო მაქსიმალური ხარჯი (2100 მ³/წმ)
 ქვედა ბიეფში გადაიღვრება ღია ტიპის სანაპირო წყალსაგდებით (1100
 მ³/წმ) და სიღრმული წყალჩასაშვებით (1000 მ³/წმ); უკანასკნელს აკის-
 რია წყალსაცავის დაცლის ფუნქცია. წყალმიმღები გაანგარიშებულია
 110 მ³/წმ ხარჯის მისაღებად და 628 მ სიგრძის გვირაბული წყალსატარით
 უკავშირდება ჰიდროელსადგურის მიწისქვეშა შენობას, რომელშიც გან-
 ლაგებულია 130 ათასი კვტ საერთო სიმძლავრის 4 ტურბინა (ელექტრო-
 ენერჯის გამომუშავებაა — 500 მლნ კვტ-ს). ჰიდროსადგურის გამყვანი
 ტრაქტი წარმოადგენილია 10,1 კმ უდაწნეო წყალსატარით, რომ-
 ლის მეშვეობითაც ტურბინებში გატარებული წყალი ჩაედინება
 ბუფერულ აუზში. ბუფერული აუზის ტევადობა შეადგენს 1 მლნ

მ-ს; მისი დანიშნულებაა: ქვედა ბიეფში წყალმომხმარებელთა მომარაგება, მდინარის ბუნებრივი კალაოტის გაწვლევანება (ამ ტერიტორიიდან მარაგდება მუხრანისა და საგურამოს სარწყავი სისტემები და თბილისის წყალმომარაგების არაგვის წყაროები). ბუფერული აუზიდან წყლის ნაწილი (11,6 მ³/წმ) სამეურნეო და სასმელი წყალმომარაგების წყალსატარით, რომლის საერთო სიგრძე შეადგენს 36,7 კმ-ს, მიედინება თბილისისაკენ: 7,0 მ³/წმ მოხმარდება მორწყვას (ჩაედინება თბილისის ზღვაში), ხოლო 4,6 მ³/წმ მიემატება თბილისის სასმელ წყალმომარაგების სისტემას.

§ 1. 8. ჰიდროლოგიის, ჰიდრომეტრიისა და ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა სახანი

ჰიდროლოგია, ჰიდრომეტრია და ჰიდროტექნიკური ნაგებობები ის დისციპლინებია, რომლებიც ძირითადად ემსახურება წყლის ბუნებრივი რესურსების შესწავლის, საინჟინრო ნაგებობების დაპროექტებისა და მათი მეშვეობით წყლის მეურნეობის ღონისძიებების განხორციელების საერთო საქმეს. ასე რომ, სამივე დისციპლინა ორგანულადაა დაკავშირებული ერთმანეთთან, რამაც შესაძლებელი გახდა სტრუქტურა სათანადო სპეციალობებისათვის გამაერთიანებელი საგნის სწავლება: „ჰიდროლოგია, ჰიდრომეტრია და ჰიდროტექნიკური ნაგებობები“ [31].

ჰ ი დ რ ო ლ ო გ ი ა მიეკუთვნება მეცნიერებათა ჯგუფს, რომელიც შეისწავლის დედამიწის ფიზიკურ და გეოგრაფიულ თვისებებს; კერძოდ — დედამიწის ჰიდროსფეროს და მის თვისებებს ატმოსფეროსთან, ლითოსფეროსთან და ბიოსფეროსთან ურთიერთკავშირში [3]. ჰიდროსფერო შეიძლება წარმოვიდგინოთ წყლის წყვეტილ გარსად, რომელიც განლაგებულია ატმოსფეროსა და დედამიწის ქერქს შორის და შეადგენს ოკეანეების, ზღვების, ტბების, მდინარეების, ჭაობების, მყინვარებისა და მიწისქვეშა წყლების ერთობლიობას.

ჰიდროლოგიის შესწავლის ობიექტების მრავალფეროვნებამ და სირთულემ განაპირობა ამ მეცნიერების დიფერენციაცია ცალკეულ, მეტნაკლებად დამოუკიდებელ ნაწილებად. ხ მ ე ლ ე თ ი ს ჰ ი დ რ ო ლ ო გ ი ა შეისწავლის ხმელეთის ზედაპირულ წყლებს (მდინარეები, ტბები, წყალსაცავები, ჭაობები, მყინვარები); ზოგიერთი კლასიფიკაციით მას მიაკუთვნებენ აგრეთვე დედამიწის ქერქის ზედა ფენებში არსებულ ბუნებრივ მიწისქვეშა წყლებს. ო კ ე ა ნ ი ს ჰ ი დ რ ო ლ ო გ ი ა (ოკეანოლოგია, ოკეანოგრაფია) აერთიანებს მეცნიერულ დისციპლინებს, რომლებიც სწავლობენ ოკეანეებსა და ზღვებში მიმდინარე ფიზიკურ, ქიმიურ, გეოლოგიურ და ბიოლოგიურ პროცესებს. მ ი წ ი ს ქ ე ვ შ ა წ ყ ლ ე ბ ი ს ჰ ი დ რ ო ლ ო გ ი ა (ჰიდროგეოლოგია) ერთდროულად მიეკუთვნება გეოლოგიისა და ჰიდროლოგიის დარგს; ჰიდროგეოლოგია შეის-

წყავლის მიწისქვეშა წყლების შედგენილობას, წარმოშობას, თვისებებს. გავრცელების კანონზომიერებას, ქანებთან ურთიერთქმედებას, პრაქტიკულ გამოყენებას, ე. ი. ატარებს თვალსაჩინო „გეოლოგიურ“ ხასიათს, რამაც, ალბათ, განაპირობა. რომ უახლესი კლასიფიკაციით ის არაა მოხსენებული ჰიდროლოგიის ნაწილად [3].

წინამდებარე სახელმძღვანელოში განიხილება მხოლოდ ხმელეთის ჰიდროლოგიის საკითხები, ანუ მდინარეთა, ტბების (წყალსაცავების), ჭაობებისა და მყინვარების ჰიდროლოგია. თუმცა, აქვე დავძინოთ, რომ მყინვარების ჰიდროლოგია დამოუკიდებელი მეცნიერების — გლაციოლოგიის ორგანული ნაწილია.

შესასწავლი საკითხებისა და გამოკვლევის მეთოდების არსებულმა დაჯგუფებებმა განაპირობა ხმელეთის ჰიდროლოგიის სწავლებიდან სამი დამოუკიდებელი ნაწილის გამოყოფა; ჰიდრომეტრია იხილავს წყლის ობიექტებზე დაკვირვებათა მეთოდებს, დაკვირვებათა შედეგების დამუშავების ხერხებს, ჰიდროლოგიური სიდიდეების გაზომვისათვის საჭირო სპეციალურ ხელსაწყოებსა და მოწყობილობებს: ხმელეთის ჰიდროგრაფიის ამოცანებში შედის ზედაპირული წყლების გეოგრაფიული გავრცელების კანონზომიერების შესწავლა, წყლის ობიექტების, მათი რეჟიმისა და სამეურნეო დანიშნულების აღწერა, ტერიტორიის გეოგრაფიულ პირობებთან მათი ურთიერთკავშირის ხასიათის დადგენა; საინჟინრო ჰიდროლოგია (ან ჰიდროლოგიური გაანგარიშებანი და პროგნოზები) სწავლობს სხვადასხვა ჰიდროლოგიური მახასიათებლების გაანგარიშებისა და პროგნოზირების მეთოდებს, რომლებიც აუცილებელია წყლის ობიექტების ბუნებრივი რეჟიმის მიზანშეწონილად გამოყენების ან შეცვლისათვის.

თუ ყურადღებით დავაკვირდებით ხმელეთის ჰიდროლოგიის აღნიშნულ ნაწილებს, დაინახავთ, რომ მათ შორის არაა (და, ალბათ, არც შეიძლება იყოს) მკვეთრი საზღვრები.

ჰიდროლოგია და ჰიდრომეტრია საშუალებას გვაძლევს გავიანგარიშოთ, დავაგეგმაროთ და ავაგოთ ჰიდროტექნიკური ნაგებობები, ანუ შეექმნათ წყალსამეურნეო ობიექტები. მეცნიერებას, რომელიც შეისწავლის სხვადასხვა სამეურნეო მიზნებისათვის წყლის რესურსების გამოყენებისა და წყლის მავნე მოქმედებათა წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებებს, აგრეთვე ამ ღონისძიებათა განხორციელებისათვის საჭირო ნაგებობების დაპროექტების, მშენებლობისა და ექსპლუატაციის მეთოდებს, ეწოდება ჰიდროტექნიკა; საინჟინრო ნაგებობებს, რომლებიც უშუალოდ ახორციელებენ ამ თუ იმ წყალსამეურნეო ღონისძიებას, ეწოდება ჰიდროტექნიკური ნაგებობები [25, ნაწ. I, გვ. 6]. ჰიდროტექნიკური ნაგებობები სხვა საინჟინრო ნაგებობებისაგან გამოირჩევა განსაკუთრებული თვისებებითა და სირთულით (§ 18.3)

ჰიდროლოგია, ჰიდრომეტრია და ჰიდროტექნიკა იყენებს ექსპერიმენტული (ლაბორატორიული, ნატურული) და თეორიული გამოკვლევების მეთოდებს. ასე რომ, ისინი, ცალ-ცალკე თუ ერთიანობაში, ეყრდნობიან მრავალ თეორიულ და ექსპერიმენტულ-გამოყენებითს დისციპლინას, რომელთაგან შეიძლება დავასახელოთ საერთო-საბუნებისმეტყველო და საერთო-სამშენებლო საინჟინრო დისციპლინები. პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება კლიმატოლოგია, მეტეოროლოგია, გეოლოგია, ჰიდროგეოლოგია, ფიზიკური გეოგრაფია, ჰიდრომექანიკა, ჰიდრაულიკა, მდინარის კალაპოტური პროცესები; მეორე ჯგუფში კი შეიძლება გავერთიანოთ სამშენებლო მექანიკა და დუქადობის თეორია. გრუნტების მექანიკა, საინჟინრო გეოლოგია, საინჟინრო კონსტრუქციებისა და მშენებლობის წარმოების დისციპლინები, საშენი მასალები და სხვ

§ 1.4. ჰიდროლოგია-ჰიდრომეტრიულ გამოკვლევათა და ჰიდრომექანიკური ნაგაბოგების განვითარების მოკლე მიმოხილვა

ხმელეთის ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლებს გამოყენებას ძალიან ძველი და ღრმა ფესვები აქვს, რადგან წყალს ყოველთვის ჰქონდა და აქვს კაცობრიობისათვის გადამწყვეტი სასიცოცხლო მნიშვნელობა [29]. მდინარეები, ტბები და ზღვები, რომელთა მახლობლად სახლდებოდა ყოველთვის ადამიანი, წარმოადგენენ მისი განვითარების ძირითად საფუძველს; ამის დასადასტურებლად საკმარისია გავიხსენოთ ცივილიზაციები მესოპოტამიაში (მდ. ტიგრისა და ეფრატის აუზები), მდ. ნილოსის დაბლობზე (ეგვიპტე), ამუ-დარიის, ჩიონის, არაქსის აუზებში და სხვ. ადამიანის წყალსამუშაო საქმიანობის მრავალმა ნიმუშმა ჩვენამდეც მოაღწია [10, 25, 62, 63, 64]: დაახლოებით 5000 წელს ისტორია აქვს კოშენის ქვის კაშხალს ეგვიპტეში (სიმაღლე 15 მ, სიგრძე 450 მ); ამავე პერიოდისაა ქვის წყობის ქები, რომლებიც გალერეებით იყო შეერთებული მდ. ნილოსთან და მისი დონის აღრიცხვა ხდებოდა ქვის კედელზე დატანილი ნიშნულებით; 500 წლით ადრე ჩ. წ მდე ტარდებოდა საოგულაციო სამუშაოები ტიგროსსა და ეფრატზე; ძველი წელთაღრიცხვის VI—III საუკუნეებში რომის იმპერიაში შენდებოდა უნიკალური წყალსადენი სისტემები აკვედუკების ფართო გამოყენებით, რომლებიც ახლაც კი იწვევს გაოცებას; ახლანდელი პოლანდის ტერიტორიაზე მცხოვრები ხალხი ოდითგანვე ებრძვის ზღვის შემოტევას დამკაფი ჯებირებისა და კედლების მეშვეობით; კავკასიისა და შუა აზიის რესპუბლიკებში აღმოჩენილია სარწყავი არხების ნაშთები, რომელთაც ძველი წელთაღრიცხვის პირველ ათასწლეულს მიაკუთვნებენ; მდ. ზერავეშენის აუზში და ხორეზში ჩვენს ერამდე დიდი ხნით ადრე მოქმედებდა საირიგაციო არხებზე მოწყობილი წყალსაზომები; მდინარეების, ტბებისა და ზღვების აღწერას ეხედებით ძველ ლიტერატურულ წყაროებში: მაგალითად, პლინიუსი (23—79წწ) მდ. ფაზისის (ჩიონის) შესახებ წერს, რომ . . . იგი საზაოსნოა დიდი გეგმებისათვის . . . პატარა გეგმებით ასევე შეიძლება უფრო

ზევითაჲ. ფაზისზე აშენებულია 120 ხიდი“ [49]; ცნობილია, რომ რუსეთის ერთიანი სახელმწიფოს შექმნამდე სლავიანები აწარმოებდნენ დაკვირვებებს მდინარეების დონეებზე; რუსეთის სახელმწიფოს ჩამოყალიბების პერიოდთან ცნობილი გახდა განთქმული წყლის გზა „ვარიაგებიდან-ბერძნეთამდე“; ნოვგოროდში X საუკუნეში უკვე არსებობდა სასმელი წყლით მომარაგების ხის წყალსადენი სისტემა; ჰიდრომშენებლობის გამორჩეულ ნიმუშებად მიიჩნევენ XII საუკუნის ალაზნისა (199 კმ) და სამგორის (20 კმ) სარწყავ არხებს; დაახლოებით ამ პერიოდს განეკუთვნება ვარძიის სამონასტრო კომპლექსის კლდეში გამოკვეთილი წყალმომარაგების 3,5 კმ სიგრჯის გვირაბი; XIII საუკუნის რუსეთში აშენებდნენ პატარა კაშხლებს — „ეზებს“, რომლითაც ქმნიდნენ საგუბრებს თევზის სარეწებისათვის და ა. შ.

მანუფაქტურული მრეწველობის განვითარებისა და კაპიტალიზმზე გადასვლის პერიოდში მკვეთრად გაიზარდა მოთხოვნილება ენერჯიაზე; შენდება ფაბრიკა-ქარხნები, სადაც მანქანა-დანადგარების ამქრავად იყენებენ 6...8 მ სიმაღლის კაშხლიანი გუბურებიდან მოწოდებულ წყლის ენერჯიას. კაშხლების დაწნევის ენერჯია კიდევ უფრო უპირატესი გახდა XVII—XVIII საუკუნეებში სამთამადნო მრეწველობის სწრაფი განვითარების გამო. ამ ხანაში მოღვაწეობდა ცნობილი ჰიდროტექნიკოსი კ. ფროლოვი (1726—1800): დღემდე შემონახული მის მიერ აგებული 18 მ სიმაღლის ზშეინოგორსკის კაშხალი.

ჰიდროლოგიის განვითარების უმნიშვნელოვანესი პერიოდი იწყება XVII საუკუნის ბოლოდან, როდესაც ფრანგმა (პერო, მარიოტი) და ინგლისელმა (გალლეი) მეცნიერებმა ნალექების, ორთქლებისა და ჩამონადენის უშუალო გაზომვათა მონაცემების საფუძველზე პირველებმა ჩამოაყალიბეს წყლის ბრუნვის მთავარი რაოდენობრივი თანაფარდობანი.

ჰიდროლოგია-ჰიდრომეტრიულ გამოკვლევათა და ჰიდრომშენებლობის განვითარების საქმეში მნიშვნელოვანია პეტრე პირველის ეპოქა: ამ დროს მდინარეებზე ტარდება სისტემატური გამოკვლევები, 1715 წ. გამართულ იქნა პირველი წყალსაზომი საგუშაგო მდ. ნევაზე (პეტრე პავლეს ციხესთან), მდ. ოკა არხით დაუკავშირდა მდ. დონს და სხვ; აღსანიშნავია, რომ ერთ-ერთი პირველი წიგნი, რომელიც დაისტამბა რუსეთში ახლად შემოღებული საშაქალაქო ანბანით ჰიდროტექნიკური თემატიკის იყო: „Книга о способах, творящих водохождение рек свободное“.

დიდი ბუნებრივი წყლების შესწავლის საქმეში მ. ლომონოსოვის ლეაწლი (1711—1765 წწ). დიდი წვლილი დასდო საქართველოს ბუნების შესწავლას ვახუშტი ბაგრატიონმა.

წყლის რესურსების გეგმაზომიერი გამოკვლევების დასაწყისად რუსეთში მიიჩნევენ XIX საუკუნის 70-იან წლებს, როდესაც 1874 წ.

• Нестерук Ф. Я. Первая книга по гидротехнике. Гидротехн. стр.-во, № 7, 1948.

ორგანიზებულმა ნავიგაციურ-ალმწერმა კომისიამ 20 წლის განმავლობაში შესწავლა ევროპული რუსეთის ციმბირისა და შორეული აღმოსავლეთის მდინარეები.

მსოფლიოში წყალსამეურნეო მშენებლობის დაჩქარებული წინსვლა აღნიშნება XIX საუკუნისა და განსაკუთრებით XX საუკუნის განმავლობაში: წყლის რესურსების ჰიდროლოგიურ-ჰიდრომეტრიულ შესწავლას ეძლევა სისტემატური მეცნიერული ხასიათი, სწრაფად იზრდება მორწყვითი მიწათმოქმედება, შენდება უნიკალური ნაგებობები (მაგ. სუეცისა და პანამის არხები), ფართოდ იხერგება წყალმომარაგება და ჰიდროენერგეტიკა.

საბჭოთა კავშირში ჰიდროტექნიკური მშენებლობის განვითარების საწყისები დაკავშირებულია ვ. ი. ლენინის ინიციატივით შედგენილ გოელროს გეგმისთან, რომელიც ითვალისწინებდა 10—15 წლის განმავლობაში 1,5 მილიონი კილოვატი საერთო სიმძლავრის 30 რაიონული ჰეს-ის მშენებლობას. გოელროს გეგმის შესრულებამ მოითხოვა მრავალი მდინარისა და ტბის ბუნებრივი რეჟიმის შესწავლა. უკვე 1931 წ. ეს გეგმა გადაქარბებით შესრულდა — აშენებულ სადგურთა სიმძლავრემ 2 მილიონ კილოვატს გადააბეჭა [57]. ქართველი ჰიდრომშენებლების სასახელოდ ამ სადგურებს შორის პირველთაგანია ზემო ავკალის ჰიდროელ-სადგური (ზაპესი).

წყალსამეურნეო მშენებლობის დონითა და განვითარების ტემპებით ჩვენი ქვეყანა ერთ-ერთი პირველია მსოფლიოში. ჰიდროლოგია-ჰიდრომეტრიული კვლევებისა და ჰიდროტექნიკური მშენებლობის დაწვრილებითი ისტორიის გასაცნობად დინტერესებულ მკითხველს მივუთითებთ სპეციალურ ლიტერატურას [3, გვ. 7; 5, გვ. 31; 9, გვ. 10; 12, გვ. 5; 25, ნაწ. I, გვ. 9; 49, გვ. 8]. აქ კი მხოლოდ მოვიყვანთ წყალსამეურნეო საქმიანობის მნიშვნელობისა და თვალსაჩინოების მაგალითებს: 1919 წ. პეტერბურგში ჩამოყალიბდა სახელმწიფო ჰიდროლოგიური ინსტიტუტი, რომელმაც ითავა წყლის რესურსების კვლევის ერთიანი სისტემით წარმართვა, შეთოდური ხელმძღვანელობა და წყლის რაციონალური გამოყენების მეცნიერული დასაბუთება; ჰიდროლოგია-ჰიდრომეტრიის განვითარების ყველაზე ნაყოფიერი პერიოდი იწყება საბჭოთა კავშირის ერთიანი ჰიდრომეტეოროლოგიური სამსახურის ჩამოყალიბების დღიდან (1929 წ.); 1929—1931 წლებში პირველად გაიხსნა უმაღლესი და საშუალო სპეციალური სასწავლებლები ჰიდროლოგ ინჟინერ-ტექნიკოსების მოსამზადებლად; ჩვენთვის წყალსამეურნეო მშენებლობის დიდ მნიშვნელობაზე მეტყველებს თუნდაც ის ფაქტი, რომ ამ დარგის მშენებლობა არ შეწყვეტილა დიდი სამამულო ომის პერიოდშიც; სხვადასხვა დროს საბჭოთა კავშირში აშენდა მძლავრი ჰიდროელექტროსადგურები; გაშალა მშენებლობამ მიაღწია მსოფლიო რეკორდულ სიმაღლეებს: ნურეკის

გრუნტის კაშხალი (305 მ), ენგურის თაღოვანი კაშხალი (271,5 მ); აშენდა დიდი საირიგაციო სისტემები: ფერგანის მდ. ნარინზე (270 კმ), ყარაყუშის მდ. ამუ-დარიანზე (900 კმ), ზემო ალაზნის მდ. ალაზანზე (რომელიც მორწყავს 100 ათასზე მეტ ჰა მიწას) და სხვ; დაშრობითი მელიორაციის სახიერი მაგალითებია ბალტიისპირა ტერიტორიების, ბელორუსიის, კოლხეთის დაბლობის დაჭობებული მიწების გაუმჯობესების სამუშაოები; ქალაქებისა და მსხვილი საპრეწველო ობიექტების წარმოშობამ განაპირობა წყალმომარაგებისა და კანალიზაციის ჰიდროტექნიკური სისტემების მშენებლობის აუცილებლობა (მაგალითად, ჩრ. დონეცი—დონბასი 125 კმ, დნეპრი—კრივოი როგი 42,5 კმ, ირტიში—ყარაგანდა 460 კმ); შიგა წყლების ტრანსპორტის განვითარების მიზნით აიგო ეოლგა-დონის, ეოლგა ბალტიის ზღვის, მოსკოვის სახელობის და სხვა სანაოსნო არხები, რომელთაგან უმრავლესობა კომპლექსური დანაშნულებიანაა; წყლის პრობლემების შემსწავლელი სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულებები, გარდა სამეცნიერო-პრაქტიკული მოღვაწეობისა, აქუშაებენ სამშენებლო ნორმებსა და წესებს, რომლებმაც უნდა უზრუნველყოს ჰიდრონაგებობათა დაპროექტების, მშენებლობისა და ექსპლუატაციის საიმედოობა; საბჭოთა წყალსამეურნეო მშენებლობის დიდი წარმატებების დამადასტურებელია ის განუწყვეტლად მზარდი ტექნიკური დახმარება, როქელსაც ჩვენი ქვეყანა უწევს ამ დარგში მსოფლიოს მრავალ ქვეყანას.

II ტ ა ვ ი

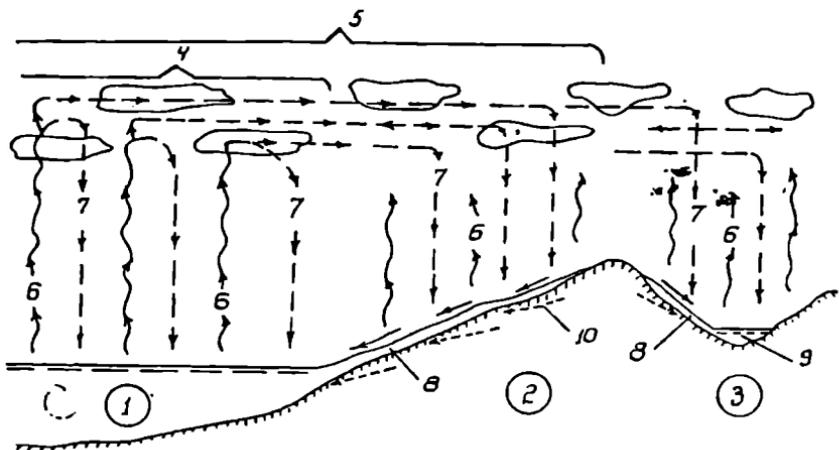
წყლის მიმოქცევა ზუნებაში

§ 2. 1. ტენის მიმოქცევა. წყლის წარმოების სახეები

დედამიწაზე ტენი მუდმივ მიმოქცევაშია, რის მეშვეობითაც ჰიდროსფეროს ნაწილები ერთმანეთთანაა დაკავშირებული. ამ მიმოქცევის გამოწვევ ფაქტორებად გვევლინება სითბური ენერჯია და სიძიძის ძალა: სითბური პროცესების ზეგავლენით ზდება წყლის აორთქლება, ტენის კონდენსაცია, გაყინვა, გაღობა, ღრუბლების წარმოქმნა და გადაადგილება; სიძიძის ძალა კი განაპირობებს დედამიწის ზედაპირზე ნალექების მოსვლას, ხმელეთის ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების მოძრაობას.

დედამიწის ზედაპირიდან აორთქლებული წყალი, მოხვდება რა ატმოსფეროში, გადაადგილდება ჰაერის მასებთან ერთად, ხელსაყრელ პირობებში კონდენცირდება და ნალექის სახით ისევ უბრუნდება დედამიწას. დედამიწის ზედაპირსა და ატმოსფეროს შორის ტენის მუდმივად გაცვლისა და ბრუნვის პროცესს ბუნებაში წყლის მიმოქცევის (წყლის წრებრუნვას) უწოდებენ.

მსოფლიო ოკეანის ზედაპირიდან აორთქლებული წყლის უდიდესი ნაწილი უბრუნდება მის ზედაპირს ატმოსფერული ნალექების სახით. ასეთ შემთხვევაში ლაპარაკობენ წყლის მცირე წრებრუნვაზე; მასში მონაწილეობენ მსოფლიო ოკეანე და ატმოსფერო (ნახ. 2. 1). დიდ წრებრუნვას უწოდებენ წყლის მიმოქცევის უფრო რთულ სტეჟას, როდესაც მსოფლიო ოკეანის ზედაპირიდან აორთქლებული ტენის ნაწილი გადაიტანება ხმელეთზე, მოდის იქ ნალექის სახით და ნაწილობრივ ისევ ჩაედინება მსოფლიო ოკეანეში; ტენის დიდ წრებრუნვაში მონაწილეობს მსოფლიო ოკეანე, ხმელეთი და ატმოსფერო. აქ სიტყვა „ნაწილობრივ“ მოვშველიეთ იმის ხაზგასამელადაც, რომ მსოფლიო ოკეანეში ზედაპირული წყალი ჩაედინება ხმელეთის მხოლოდ პერიფერიულ ზონიდან ანუ ტერიტორიიდან საერთო ქანობით მსოფლიო ოკეანისაკენ. პერიფერიულ ნაწილს უკავია ხმელეთის ფართობის 78%, დარჩენილი ფართობი კი ხასიათდება საერთო ქანობით ხმელეთის შიგნით და წარ-



ნახ. 2. 1. ზუნებში წყლის მიმოქცევის სქემა. 1—მსოფლიო ოკეანე; 2—ხელების პერიფერიული ნაწილი; 3—ხელების ჩაკეტილი (წყალგაფინარი) ნაწილი; 4—წყლის მცირე წრებრუნვა; 5—წყლის დიდი წრებრუნვა; 6—აორთქლება; 7—ნალექები; 8—მდინარის ჩამონადენი; 9—ტბა; 10—მეწიქეშემა წყლების შემონადენი.

მოადგენს ჩაკეტილ ტერიტორიას. მათზე მოსული ზედაპირული წყლები, ზუნებრივია, არ ჩადინება მსოფლიო ოკეანეში, რის გამოც ასეთ ზონებს წყალგაფინარსაც უწოდებენ. ასეთებია, მაგალითად, არალ-კასპიის, ჩადის ტბის აუზები.

დელამიწაზე ტენის მიმოქცევის ზოგადი სურათი ნაჩვენებია 2.1 ცხრილში. მასში მოცემულია იმ წყლების საშუალო წლიური მოცულობები, რომლებიც ძირითადად მონაწილეობენ წყლის მსოფლიო წრებრუნვაში.

ცხრილი 2. 1

№	დელამიწის ნაწილი	ზედაპირის ფართობი, მლნ კმ ²	ზედაპირზე მოსული ნალექები, ათას კმ ³	აორთქლება ზედაპირიდან, ათას კმ ³
1	მსოფლიო ოკეანე	361	458	505
2	ხელები: პერიფერიული ნაწილი	119	110	63
	ჩაკეტილი ნაწილი	30	9	9
3	სულ ხელები	149	119	72
4	სულ დელამიწა	510	577	577

§ 2. ზოგადი ცნობები წყლის ბალანსის მეთოდზე

ბუნებაში წყლის მიმოქცევა (წრებრუნვა) გამოისახება წყლის ბალანსის განტოლებით. იგი გამოხატავს მატერიის მუდმივობის საერთო კანონს და დაფუძნებულია შემდეგ უცილობელ ფაქტზე: ხმელეთის ნებისმიერ შემოფარგლულ სივრცეში დროის ნებისმიერ შუალედში შემოდინებული და საანგარიშო სივრციდან გადინებული წყლის რაოდენობათა სხვაობა ტოლი უნდა იყოს წყლის მოცულობის ცვალებადობისა ამ სივრცის შიგნით

$$\Sigma_1 - \Sigma_2 = \pm \Delta V. \quad (2.1)$$

აქ Σ_1 , Σ_2 არის ბალანსის შემოსავალი და გასავალი კომპონენტების ჯამი;

ΔV — წყლის რაოდენობის ცვალებადობა სივრცეში დროის საანგარიშო შუალედში; როცა $\Sigma_1 > \Sigma_2$, აიღება ნიშანი „+“, პირიქით შემთხვევაში კი ნიშანი „-“.

წყლის ბალანსის განტოლების ჩაწერა შესაძლებელია დედამიწის ან მისი ნებისმიერი ნაწილისათვის. განტოლების ყველა სიდიდე უნდა იყოს გამოსახული ერთი და იმავე განზომილებით, ჩვეულებრივ, წყლის ფენის სიმაღლით მილიმეტრებში.

§ 2. 3. დედამიწის წყლის ბალანსის განტოლება

დედამიწის წყლის ბალანსის განტოლება მიზანშეწონილია წარმოვიდგინოთ დროის მრავალწლიანი პერიოდისათვის. ასეთ ხანგრძლივ შუალედში ერთმანეთს ენაცვლება წყალუხვი და წყალმცირე წლები და წყლის რაოდენობის ჯამური ცვალებადობა მიისწრაფვის ნულისაკენ ($\Delta V \rightarrow 0$). დედამიწის ცალკეული ნაწილებისათვის ბალანსის (2. 1) განტოლების შემოსავლისა და გასავლის კომპონენტები ნაჩვენებია 2. 2 ცხრილში. ცხრილის მიხედვით ელემენტარულად ჩაიწერება დედამიწის მთი-

ცხრილი 2. 2

№	დედამიწის ნაწილი	წყლის ბალანსის შემოსავალი Σ_1	წყლის ბალანსის გასავალი, Σ_2
1	მსოფლიო ოკეანე	ნალექები, X_1 მდინარის ჩამონადენი, Y	იორთქლება, Z_1
2	ხმელეთის პერიფერიული ზონა	ნალექები, X_2	იორთქლება, Z_2 მდინარის ჩამონადენი, Y
3	ხმელეთის ჩაკეტილი ზონა	ნალექები, X_3	იორთქლება Z_3

თებულის ნაწილების წყლის ბალანსის განტოლებები, ხოლო (2. 1)-ის საფუძველზე მთლიანად დედამიწისათვის გვექნება

$$\Sigma_1 - \Sigma_2 - X_1 + X_2 + X_3 - (Z_1 + Z_2 + Z_3) = 0; \quad (2. 2)$$

ე. ი. დროის ხანგრძლივ შუალედში დედამიწიდან აორთქლებული და მისზე ნალექის სახით დაბრუნებული ტენის საერთო რაოდენობა ტოლია. ამ პოსტულატის მართებულობაზე მიუთითებს აგრეთვე მეცნიერული დაკვირვება მსოფლიო ოკეანის დონის პრაქტიკულად უცვლელობას თაობაზე [24, 54].

§ 2. 4. მდინარის აუზის წყლის ბალანსის განტოლება

მეტი ზოგადობისათვის განვიხილოთ მდინარის აუზის ბალანსის განტოლება დროის ნებისმიერ პერიოდში. წყლის ბალანსის შემოსავალ ნაწილს შეადგენს: აუზში მოსული ატმოსფერული ნალექები — X , ნიადაგში კონდენცირებული ტენი — C , მეზობელი აუზებიდან წყლის მიწისქვეშა შემონადენი — W_1 ; წყლის ბალანსის გასავალ ნაწილშია: აორთქლება აუზიდან — Z , მდინარის ჩამონადენი — Y , აუზიდან წყლის მიწისქვეშა განადენი — W_2 .

ზოგადი (2. 1) განტოლების შესაბამისად გვექნება

$$X + C + W_1 - (Y + Z + W_2) = \pm \Delta V \quad (2. 3)$$

ახლა, თუ დედამიწის წყლის ბალანსის განტოლების მსგავსად განვიხილავთ დროის ხანგრძლივ (მრავალწლიან) პერიოდს, შაშინ შესაძლებელი გახდება შემდეგი გამარტივების შემოტანა: დიდი აუზებისათვის წყლის მიწისქვეშა შემოდინება და გადინება დაახლოებით ტოლია ($W_1 \approx W_2$), ნიადაგში ტენის კონდენსაცია ძალზე მცირეა განტოლების სხვა სიდიდეებთან შედარებით ($C \approx 0$), აუზში ტენის ცვალებადობის ΔV ჯამი ნულისაქნ მისწრაფებს და (2. 3)-ის ნაცვლად მივიღებთ

$$X_0 - (Y_0 + Z_0) = 0, \quad (2. 4)$$

სადაც X_0 , Y_0 , Z_0 არის შესაბამისად ნალექის, ჩამონადენისა და აორთქლების საშუალო წრეწლიური სიდიდე ანუ ნალექის, ჩამონადენისა და აორთქლების ნორმა (§ 6. 2).

§ 2. 5. ტბის წყლის ბალანსის განტოლება

განვიხილოთ დროის ნებისმიერი შუალედი. ტბის წყლის ბალანსის შემოსავალ ნაწილს შეადგენს: ატმოსფერული ნალექები მოსული ტბის სარკისებრ ზედაპირზე — X , ზედაპირული (მდინარეთა) ჩამონადენი — Y_1 , მიწისქვეშა წყლების შემონადენი — W_1 , წყლის ორთქლის კონდენსაცია ტბის ზედაპირზე — K . ტბის წყლის ბალანსის გასავალი ნაწილია: ორთქ-

ქლება სარკისებრი ზედაპირიდან — Z , ტბიდან ზედაპირული (მდინარეთა) განადენი — Y_1 , ტბის ქვაბულიდან მიწისქვეშა ფილტრაცია — W_1 , წყლის აღება წყალსამეურნეო მიზნებისათვის — M . აღნიშნულის საფუძველზე (2. 1) განტოლება მიიღებს სახეს

$$X + Y_1 + W_1 + K - (Z + Y_2 + W_2 + M) = \pm \Delta V. \quad (2. 5)$$

§ 2. 6. წყალსაცავის წყლის ბალანსის განხილვა

წყალსაცავები წარმოადგენენ წყალსამეურნეო დანიშნულების ხელოვნურ წყალსატევებს (§ 19. 1). ასე რომ, წყალსაცავებისა და ტბების წყლის ბალანსს აქვთ მსგავსი სტრუქტურა, მაგრამ აქვე ხაზი უნდა გაესვას იქასაკ. რომ ბალანსის ზოგიერთი კომპონენტი უფრო ღიფერენციურებულად განიხილება წყალსაცავების შემთხვევაში.

წყალსაცავის წყლის ბალანსის შემოსავალ ნაწილში შედის: ძირითად მდინარეთა ჩამონადენი — Y_1 , შემონადენი წყალსაცავის გარშემო პერიფერიული ტერიტორიიდან — Π , მიწისქვეშა წყლების შემონადენი წყალსაცავის ქვაბულიდან — W_1 , სარკისებრი ზედაპირზე მოსული ატმოსფერული ნალექები — X , ჰიდროტექნიკური ნაგებობებიდან გადმოგდებული წყლები — M_1 . წყალსაცავის ბალანსის გასაველ ნაწილშია: ჰიდროკვანძის წყალსაგდებებით გატარებული წყლები (აქვეა წყლის ფილტრაციული დანაკარგები კაშხლის ტანში, შემოვლით და ფუძეში) — T , წყლის აღება წყალსამეურნეო მიზნებისათვის — M_2 , აორთქლება სარკისებრი ზედაპირიდან — Z , ფილტრაცია წყალსაცავის ქვაბულიდან — W_2 .

წყალსაცავებში ძალიან მკვეთრია წყლის დონეებისა და მოცულობების დროში ცვალებადობა, ამიტომ დიდ მნიშვნელობას იძენს ზოგადი (2. 1) განტოლების ΔV წევრი და მას გამოსახავენ აკუმულაციური კომპონენტების ჯამის სახით [3, გვ. 215; 30, გვ. 8]

$$\Delta V = A_1 + A_2 + A_3 + A_4, \quad (2. 6)$$

სიდაც A_1 არის წყლის აკუმულაცია წყალსაცავში;

A_2 — წყლის აკუმულაცია წყალსაცავში ჩადინებულ მდინარეებს ხეობების შეტბორვის ზონებში;

A_3 — მიწისქვეშა აკუმულაცია წყალსაცავის სანაპირო ზონაში;

A_4 — აკუმულაცია ყინულისა და თოვლის სახით, რომელიც რჩება წყალსაცავის ფერდობებსა და ფსკერზე ზამთარში წყალსაცავის დონის მკვეთრი დამუშავების (დაწევის) შედეგად.

(2. 6)-ის გათვალისწინებით წყალსაცავებისათვის გვექნება

$$\begin{aligned} Y_1 + \Pi + W_1 + X + M_1 - (T + M_2 + Z + W_2) = \\ = \pm (A_1 + A_2 + A_3 + A_4). \end{aligned} \quad (2. 7)$$

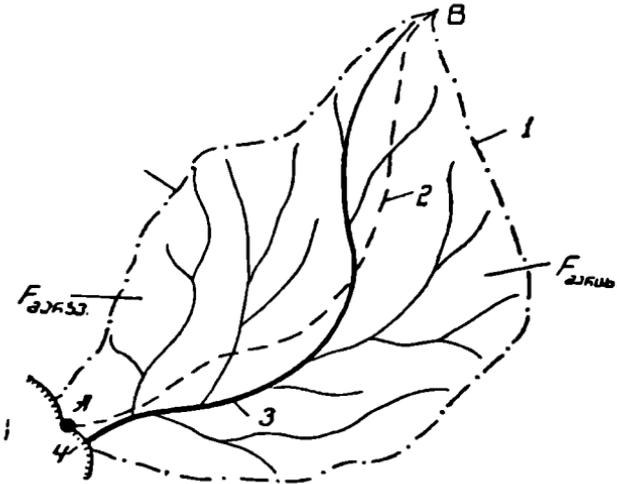
მდინარის აუზი. მდინარე. მდინარის ხეობა და კალაპოტი

§ 8. 1. მდინარის აუზი. აუზის ფიზიკარ-გეოგრაფიული და მორფომეტრიული მახასიათებლები

ხმელეთის ნაწილს, საიდანაც ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები მდინარეში ჩაედინება, მდინარის აუზი ეწოდება (ნახ. 3. 1). როგორც განმარტებილია ჩანს, მდინარის აუზი შედგება ზედაპირული და მიწისქვეშა წყალშემკრებისაგან. საზღვრები მებობელ წყალშემკრებებს შორის წყალგამყოფებზე გადის, რომლებიც წყალშემკრებთა სასაზღვრო ზედაპირის უმაღლეს წერტილებზე გაქაჯალი ხაზებია. ეინაიდან მიწისქვეშა წყალგამყოფის დადგენა რთულია, ამიტომ მდინარის აუზის განსაზღვრისას, ჩვეულებრივ, ზედაპირულ წყალშემკრებს გულისხმობენ. აღსანიშნავია, რომ წყალგამყოფების დეკლმდებარეობა შეიქლება შეიცვალოს გეოლოგიური პროცესებისა და მდინარეების ეროზიული მოქმედების შედეგად.

მდინარის აუზის თავისებურებანი განისაზღვრება მისი ფიზიკურ გეოგრაფიული მახასიათებლებით: წყალშემკრების გეოგრაფიული მდებარეობა აღინიშნება აუზის უკიდურესი განაპირა ჩრდილოეთი, სამხრეთი, დასავლეთი და აღმოსავლეთი წერტილების გეოგრაფიული განედებისა და გრძედების მიხედვით; გეოლოგიური აგებულება მნიშვნელოვნად განაპირობებს ზედაპირული თუ მიწისქვეშა წყლების ჩამონადენს, ამასთანავე დიდია მისი როლი მდინარის აუზის ხეობისა თუ

კალაპოტის ისტორიული ფორმირების პროცესში; წყალშემკრების რელიეფი განსაზღვრავს აუზის რიგ მორფომეტრიულ მახასიათებელს, გველენას ახდენს აუზის საერთო კლიმატურ თავისებებზე, ანუ მდინარის ჩამონადენზე; აუზის კლიმატური პირობები, განსაკუთრებით კი ატმოსფერული ნალექები და აორთქლება, მდინარის ჩამონადენს ძირითა-



ნახ. 3. 1. მდინარის წყალშემკრები აუზი. 1—წყალგამყოფი ხაზი; 2—მდინარის ხაზი AB; 3—შაჰიარი მდინარე; 4—შესართავი.

ფი ფექტორები; მცენარეული საფარი (ტყეები, მინდვრები, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები) დიდად ზემოქმედებს აუზის კლიმატზე. ხოლო მისი როლი ქარისმიერი და წყლისმიერი ეროზიისაგან მდინარის აუზის დაცვის საქმეში განუზომელია; აუზის ნიადაგი განსაზღვრავს გროუნტში ატმოსფერული ნალექების ჩაეწვასა და ხმელეთიდან წყლის აორთქლების პირობებს; აუზის ფარგლებში არსებული წყლის ობიექტები (ტბები, წყალსაცავები, საგუბრები) ხელს უწყობენ აუზიდან აორთქლების ინტენსიურობის გაზრდას, ამასთანავე საყურადღებოა მათი დადებითი გავლენა წყლის ჩამონადენის ბუნებრივი რეგულირების პროცესზე.

როგორც ჩანს, აუზის ფიზიკურ-გეოგრაფიული მახასიათებლები ორგანულ ურთიერთდამოკიდებულებაშია და ერთობლივად განსაზღვრავენ მდინარის წყალშემკრების თვისებებს.

მდინარის აუზის შესასწავლად შემოაქვთ მორფომეტრიულ მახასიათებელთა შემდეგი ცნებები.

წყალშემკრების F ფართობი (ნახ.3.1) მოიხაზება მდინარის აუზის წყალგამყოფის შესატყვისად და გაიზომება კლანიმეტრის ან პალეტის მეშვეობით.

ხშირად საჭიროა ვიცოდეთ წყალშემკრების ფართობი არა მარტო მთელი მდინარისათვის შესართავამდე, არამედ მდინარის ნებისმიერი ჩვენთვის საინტერესო განივკვეთის (გასწორის) მიმართ. ამ მიზნით აგებენ წყალშემკრების ფართობის მატების გრაფიკს* (ნახ.3.2) რომელიც გამოხატავს აუზის წყალშემკრების ფართობის ცვალებადობას (ზრდას) მდინარის გასწვრივ სათავიდან შესართავამდე.

წყალშემკრების ასიმეტრიულობის კოეფიციენტი იხასიათებს მთავარი მდინარის მიმართ მარჯვენა $F_{მარჯ}$ და მარცხენა $F_{მარც}$ წყალშემკრებთა ფართობების უთანაბრობას და განსაზღვრება ფორმულით

$$a = \frac{F_{მარჯ} - F_{მარც}}{(F_{მარჯ} + F_{მარც})/2} \quad (3.1)$$

წყალშემკრების L სიგრძე შეესაბამება იმ მდინარის სიგრძეს, რომელიც გავლებულია აუზში ჩახაზული და მისი მოპირდაპირე მხარეების შეხებში წრეწირების ცენტრებზე (ნახ. 3. 1).

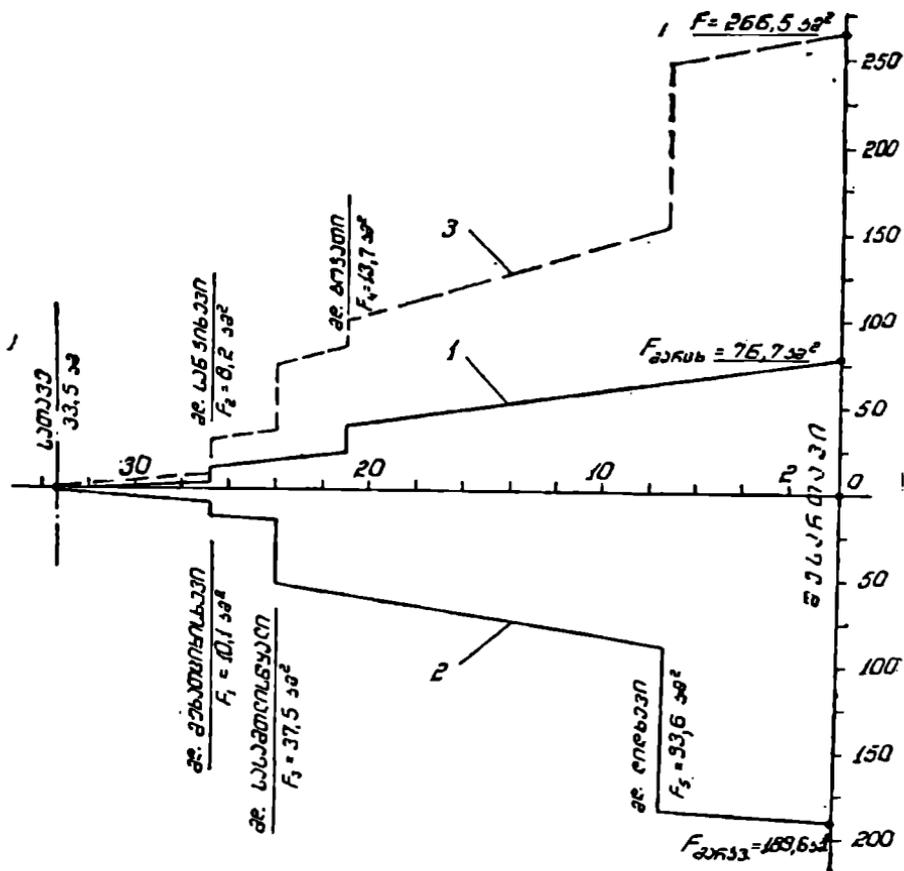
წყალშემკრების საშუალო სიგანე ($B_{საშ}$) წყალშემკრების F ფართობისა და მისი L სიგრძის ფარლობაა

$$B_{საშ} = F/L \quad (3.2)$$

წყალშემკრების საშუალო სიმაღლე ($H_{საშ}$) შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი გრაფო-ანალიზური ფორმულით

$$H_{საშ} = (f_1 \cdot H_1 + f_2 \cdot H_2 + \dots + f_n \cdot H_n) / F, \quad (3.3)$$

* კ. კიკილაშვილი, დ. ქოჩიაშვილი. ხმელეთის ჰიდროლოგიის პრაქტიკა. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1974.



ნახ. 3. 2. მდ. ლოპოტის აუზის ფართობის პატივის გრაფიკი. 1,2—მდინარის მარცხენა და მარჯვენა წყალშემკრები; 3—მდინარის ჯამურა წყალშემკრები.

სადაც f_1, f_2, \dots, f_n არის წყალშემკრების ნაწილობრივი ფართობები მოთაფებული მომიჯნავე პორიზონტალებს (იზოპიფსებს) შორის;

H_1, H_2, \dots, H_n — საშუალო სიმაღლეები მომიჯნავე პორიზონტალებს შორის.

წყალშემკრების საშუალო ქანობის, აუზის ამ მეტად მნიშვნელოვანი მახასიათებლის, შეფასება შესაძლებელია ფორმულით

$$I_{საშ} = [0,5(l_0 + l_n) + l_1 + l_2 + \dots + l_{n-1}] \Delta H / F. \quad (3.4)$$

აქ l_0, l_1, \dots, l_n არის მდინარის აუზის ფარგლებში მოხვედრილი იზოპიფსების სიგრძე, კმ;

ΔH — ინტერვალი იზოიფსებს შორის, კმ.

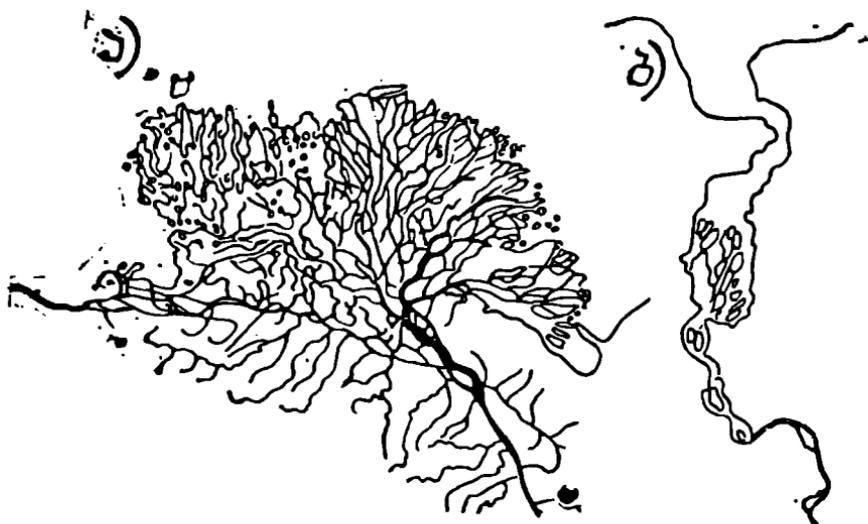
ტყეების, ქაობებისა და ტბების არსებობა ხასიათდება მდინარის აუზში მათი ფარდობითი ან პროცენტული ოდენობით

$$F_{ტა}/F, F_{ტბ}/F, F_{ტა+ტბ}/F, \quad (3.5)$$

სადაც $F_{ტა}$, $F_{ტბ}$, $F_{ტა+ტბ}$ არის მდინარის აუზში შეშავალი ის ჯამური ფართობები, რომლებიც უკავიათ შესაბამისად ტბებს, ქაობებსა და ტყეებს, კმ².

§ 3. 2. მდინარე. მდინარის პირიქითი ელემენტები და მორფოგეოგრაფიული მახასიათებლები

წვიმისა და თოვლის დნობის წყლები თავს იყრის ხელების და დაბლებულ ადგილებში კატარ-პატარა ქაელებად და ნაკაელებად, მიედინება ბუნებრივი ქანობის გაყოლებით, გარკვეულ მანძილზე ერთდება და წარმოქმნის მდინარეს. მდინარე ჰქვია წყლის ნაკადს, რომელიც ბუნებრივ კალაპოტში მიედინება და თავისი აუზის ზედაპირული და მიწისქვეშა ჩამონადენით საზრდობს. ადგილს, საიდანაც კალაპოტში აღინიშნება წყლის მუდმივი მოძრაობა, მდინარის სათავეს უწოდებენ. მდინარის სათავედ შეიძლება მოგვევლინოს ტბა, მყინვარი, ქაობი ან წყარო. ჩვეულებრივ, მდინარის სათავეს (დასაწყისის) ადგილმდებარეობის ზუსტად დადგენა არ ხერხდება და ზოგჯერ მოიშველიებენ პირობით განსაზღვრებებს: ტბიდან გამოდინებულ მდინარის სათავედ



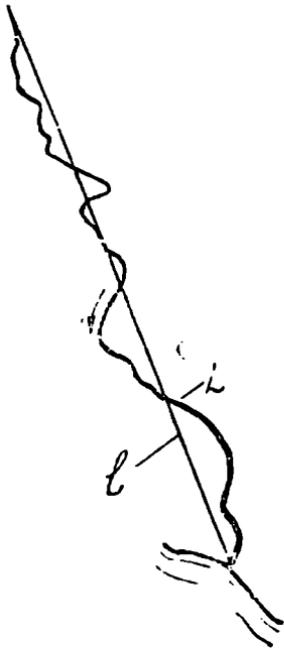
ნახ. 3. 3. მდინარის შესართავის ფორმები: ა—დეტა; ბ—ეტიარია.

მიწნეულია ტბის ნაპირთან მდინარის გადაკვეთა; მდინარეებისათვის, რომლებსაც იწყება მყინვარებიდან, სათავეს წარმოადგენს მყინვარების მღვიმეებიდან ან მოკენებიდან გამოდინებული მუღმევი ნაკადული; ვაკის მდინარეები ხშირად იზადება ქაობებიდან და ამ შემთხვევაში, სათავეს განსაზღვრა კიდევ უფრო სუბიექტურია. სათავეს ადგილსამყოფელის პირობითობა არა მარტო თვით მდინარის საწყისის ცნების ერთგვარი გაურკვევლობის შედეგია, არამედ იმისაც, რომ ეს ადგილსამყოფელი მონაცვლეობს დროის განმავლობაში. მაგალითად, ქაობიდან გამოდინებული მდინარის სათავე მშრალ პერიოდში გადაინაცვლებს ქვემოთ მდინარის მიმართულებით.

ადგილს, სადაც მდინარე უერთდება სხვა მდინარეს, ტბას, ან მსოფლიო ოკეანეს, მდინარის შესართავი ჰქვია. ზოგიერთ მდინარეს შესართავი სრულიად არა აქვს (ან აქვს წლის რაღაც პერიოდში), ვინაიდან ძალიან დიდი მდინარიდან წყლის დანაკარგები აორთქლებასა და ფილტრაციასზე (მაგ. მდ. ზერავშანი). შესართავი გაურკვეველია, აგრეთვე, იმ შემთხვევაში, როდესაც მდინარის წყალი ჩაედინება და „იკარგება“ კარსტულ ქანებში (მაგ. მდ. შაორი). სათავესაგან განსხვავებით, შესართავი ნაკლებად იცვლის თავის ადგილსამყოფელს და, ამიტომ, მას ნიშნავენ მდინარეებზე მანძილების ათვლის საწყისად.

მდინარის შესართავი, ჩვეულებრივ, წარმოგვიდგება ორი ძირითადი ფორმის სახით: ესტუარი და დელტა (ნახ. პ. 3). ესტუარი ეთროტრიანი ძაბრისებურად გაფართოებული შესართავია; ასეთი სახე ფორმირდება მაშინ, როცა მდინარის მოტანილი მყარი ნატანი უშუალოდ შესართავთან კი არ იღეჭება, არამედ ზღვის (ტბის, მთავარი მდინარის) დინებას ან მიმოქცევას შეაქვს მის სიღრმეში. ესტუარის ტიპის შესართავები წყლის დიდი სიღრმით ხასიათდება. ასეთი შესართავები აქვთ, მაგალითად, ენისეის, ელბას, საქართველოს შავი ზღვისპირეთის მდინარეებს. დელტას უწოდებენ ზღვაში (ტბაში) შეჭრილ შესართავს, რომელიც აგებულია ნარიყით და გადაკვეთილია მეტნაკლებად დატოტვილი მდინარის ნაკადებითა და უშანებით. დელტა მდინარის თხევადი და მყარი ჩამონადენის, ზღვის ლეღის, მიმოქცევებისა და წყლის მიმოდუნის რთული ურთიერთქმედების შედეგია. მის ზრდას ხელს უწყობს მდინარის მყარი ნატანის სიუბევე (მაგალითად, მდ. ვოლგის დელტა ყოველწლიურად საშუალოდ 90 მ-ით მიიწევს კასპიის ზღვაში). დიდი მდინარეების დელტას უჭირავს საკმაოდ ვრცელი ტერიტორია (მდ. ამაზონის დელტის ფართობი 100 კმ²-ია, მდ. ნევის დელტაზეა გაშენებული ქ. ლენინგრადი).

მდინარე, რომელიც უშუალოდ ერთვის მსოფლიო ოკეანეს, ტბას, ქაობს ან ქვიშებში „იკარგება“ ეწოდება მთავარი მდინარე. მდინარეები, რომლებიც მთავარ მდინარეს ერთვის შენაკადებია; მათაც



განიცდის თვისებრივ და რაოდენობრივ ცვალებადობას. ჩვენს ეპოქაში ფრიად მნიშვნელოვანი ვახდა ამ პროცესში ადამიანის საქმიანობის როლი.

ჰიდროგრაფიული ქსელის გვერდით მოხსენიებენ მდინარეთა ქსელის ცნებასაც, რაშიც გულისხმობენ გარკვეული ტერიტორიის ფარგლებში მოქცეული. ცხადად გამოხატული წყალნაკადების (მდინარეების) ერთობლიობას. მაგალითისათვის მოგვყავს სახელმწიფო ჰიდროლოგიური ინსტიტუტის მონაცემები საბჭოთა კავშირის მდინარეთა ქსელზე (ცხრილი 3. 1).

ყურადღებას იქცევს სულ პატარა მდინარეების გადამწყვეტი წილი მდინარეთა საერთო ქსელში.

მდინარის სისტემის შეფასება ხდება რიგი მორფომეტრიული მახასიათებლების მეშვეობით.

მდინარის L სიგრძე ეწოდება მანძილს მდინარის გაყოფებით სათაიდან შესარაჯავძე. მდინარის სისტემაში შეიძლება შეირჩეს მთავარი მდინარისა და შენაკადების ყველაზე

ნახ. 3. 5. მდინარის კლანძობის განსაზღვრა.

უგრძესი ტრასა და მაშინ ლაპარაკობენ მდინარის ჰიდროგრაფიულ სიგრძეზე. მაგალითად, მდინარე მისისიპის სიგრძეა 3950 კმ, უდიდესი ჰიდროგრაფიული სიგრძე კი ემთხვევა მისისიპი-მისურის ტრასას და შეადგენს 6420 კმ-ს.

მდინარეთა ქსელის სიხშირე (D) ჰქვია საანგარიშო ტერიტორიის (მდინარის აუზის) ერთეულ ფართობზე მოსულ მდინარეთა ქსელის სიგრძეს

$$D = \Sigma L / F, \quad (3. 6)$$

სადაც ΣL არის საანგარიშო ტერიტორიის (მდინარის აუზის) წყალნაკადების სიგრძეთა ჯამი, კმ;

F — საანგარიშო ტერიტორიის (მდინარის წყალშემკრების) ფართობი, კმ².

მდინარეები ხასიათდებიან გეგმაში კლანძობით, რომლის რაოდენობრივი დახასიათებისათვის შემოაქვთ კლანძობის კოეფიციენტის ცნება (ნახ. 3. 5)

$$K_{კ} = L/l. \quad (3. 7)$$

აქ L არის მდინარის სიგრძე;

l — წრფივი მანძილი მდინარის სათავესა და შესართავს შორის.

მდინარეების კლასიფიკაცია შესაძლებელია მდინარისა თუ მდინარის აუზის სხვადასხვა ჰიდროლოგიური ან მორფომეტრიული მახასიათებლის საფუძველზე. სწორედ ამის მიზეზია, რომ დღეისათვის ჰიდროლოგიურ ლიტერატურაში ცნობილია მდინარეთა კლასიფიკაციის მრავალი სახე. ხშირად, მდინარეთა ჩამოთვლისას, თანამიმდევრობას განსაზღვრავენ მათი სიგრძის მიხედვით; სიგრძითი კლასიფიკაციის პრინციპითაა შედგენილი მსოფლიოსა და საქართველოს უმთავრეს მდინარეთა 3. 2 და 3. 3 ცხრილები.

მდინარეთა დახასიათება — შედარება მიზანშეწონილია აგრეთვე მათი წყალშემკრები აუზის ფართობის შესაბამისად. პატარას უწოდებენ მდინარეებს, რომელთა წყალშემკრები აუზის ფართობი არ აღემატება 2000 კმ²-ს. პატარა მდინარე თავსდება ერთ გეოგრაფიულ ზონაში; მიუხედავად ამისა, ჩამონადენის ფაქტორების ადგილობრივი ხასიათის გამო, მისი ჰიდროლოგიური რეჟიმი შეიძლება განსხვავდებოდეს ამ ზონის ჰიდროლოგიური რეჟიმისაგან. საშუალო მდინარეების კატეგორიას მიაკუთვნებენ მდინარეებს 2000...50000 კმ² აუზით. ასეთი

ცხრილი 3. 2

მსოფლიოს უმთავრესი მდინარეები

№	მდინარის სახელწოდება	ტერიტორია, კმ ²	ძირითადი ჰიდროლოგიური და მორფომეტრიული მახასიათებლები			
			სიგრძე, კმ	წყალშემკრები აუზის ფართობი, 1000 კმ ²	საშუალო წლიური ხარჯი, მ ³ /წმ	წლიური ჩამონადენის ფენა, მმ
1	ნილოსი	აფრიკა	6671	2870	26000	29
2	მისისიპი (მისურით)	ჩრდ.ამერიკა	6420	3268	19000	163
3	ამაზონი (მარანონით)	სამხრ. ამერიკა	6400	7180	175000	770
4	იანძი	აზია	5800	1808,5	34000	596
5	ობი (ირტიშით)	სსრკ	5410	2290	12300	130
6	ენისეი (ანგარათი და სელენგით)	სსრკ	5075	2580	19800	219
7	ჰეკონგი	აზია	4500	810	4600	180
8	იმურაი (არგუნით)	სსრკ	4410	1855	10800	185
9	ლენა	სსრკ	4400	2490	17000	216
10	პარანა	სამხრ. ამერიკა	4380	4250	15000	170

მდინარე ძირითადად განლაგებულია ერთ გეოგრაფიულ ზონაში და ხასიათდება ამ ზონის ჰიდროლოგიური რეჟიმით. მდინარეებს, რომელთა წყალშემკრები ალემატება 50000 კმ²-ს დიდ მდინარეებს უწოდებენ. დიდი მდინარე მიედინება რამდენიმე გეოგრაფიულ ზონაში და მისი ჰიდროლოგიური რეჟიმი, ჩვეულებრივ, განსხვავებულია თითოეული ამ ზონის ჰიდროლოგიური რეჟიმისაგან.

საქართველოს უმთავრესი მდინარეები

№	მდინარეების სახელ- წოდება	ძირითადი ძიროლოგიური და მორფომეტრული მახასიათებლები			
		სიგრძე, კმ	წყალშემკრები აუზის ფართობი, 1000 კმ ²	საშუალო წლიური ხარ- ჯი, მ ³ /წმ	წლიური ჩამო- ნადენის ფენი, მმ
1	მტკვარი	1364	188	573,9	96,3
	მტკვარი საქართველო ფარგლებში	384	36,8	—	—
2	თერგი	623	43,2	304,4	222,2
3	კოროხი	438	22,1	282,2	402,7
4	ილაზანი	351	11,8	111	296,6
5	რიონი	327	13,4	399,5	940,3
6	იორი	320	4,65	15,9	107,5
7	ენგურა	213	4,06	187,1	1453,2
8	ქცია-ხრამი	201	8,34	57,1	215,8
9	ცხენისწყალი	176	2,12	88,8	1320,8
10	ხოზი	150	1,34	50,7	1194
11	იბრაგვი	112	2,74	57,1	656,9

§ 3. მდინარის ხეობა. ხეობის ძირითადი ელემენტები

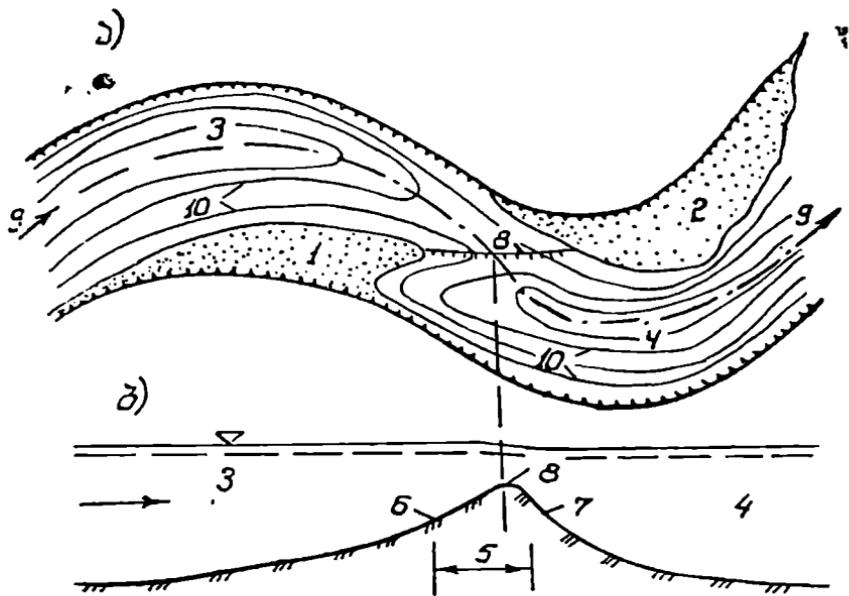
მდინარის ხეობას უწოდებენ ვიწრო, წაგრძელებულ, მეტწილად გეგმაში დაკლაკნილი რელიეფის ჩაღრმავებულ ფორმებს, რომლებსაც გააჩნია ქვემოთ მიმართული საერთო ქანობი. მდინარის ხეობების წარმოქმნა იმ გეოლოგიურ პერიოდს მიეკუთვნება, როდესაც ჩამოყალიბდა თვით მდინარე. ხეობების წარმოქმნისა და განვითარების პროცესი განუწყვეტელია. უმეტეს ხეობათა წარმოქმნა-ფორმირება საწყის სტადიაში განისაზღვრება ტექტონიკური რელიეფით, შთი განვითარება-ფორმირება კი შედეგია მთელი რიგი ფაქტორების ურთიერთქმედებისა, რომელთაგან გამოიყოფენ მდინარის ეროზიულ ზემოქმედებას, ვულკანურ, მყინვარულ, ტექტონიკურ ფაქტორებს. მათგან პირველი მონაწილეობს პრაქტიკულად ყველა მდინარის ხეობის ფორმირების პროცესში. ხეობის ტიპს განსაზღვრავენ იმ ძირითადი ფაქტორების შესაბამისად, რომელსაც უფრო მეტი გავლენა იქონია ხეობების ჩამოყალიბებაში.

განვიხილოთ მდინარის ხეობის ზოგადი განივი კრილი (ნახ. 3. 6). ხეობის შედარებით ვაკე, დადაბლებულ ნაწილს, რომელსაც საერთო დახრილობა აქვს ზემოდან ქვემოთ, ხეობის ფსკერს (ძირს) უწოდებენ. ხეობის ფსკერის უდაბლესი წერტილების შემთავრებულ ხაზს ტალევი გვიჩვენებს. ფსკერის ნაწილი, რომელიც მდინარის წყლითაა დაკავებული კალაპოტის ან ძირითადი კალაპოტის სახელითაა ცნობილი; ხეობის ფსკერის იმ ნაწილს, რომელიც წყლით იფარება მხოლოდ მდინარის

ობები და მდინარეს შეიძლება არც კი ჰქონდეს კალური ნაწილი; ვაკის მდინარეებზე კი, პირიქით, მნიშვნელოვანია კალის წილი (მაგალითად, მდ. ოზის კალა ქვემო დინებაში აღწევს 100 კმ-ს).

კალას გაჩნია მნიშვნელოვანი მარეგულირებელი ეფექტი, რამეთუ ამცირებს მაქსიმალურ ხარჯებს მდინარის ძირითად კალაპოტში და ახანგრძლივებს წყალდიდობის ჩავლის პერიოდს.

მდინარის კალაპოტი გეგმაში მრავალფეროვანია. მიუხედავად ამისა, შესაძლებელია კალაპოტის შემდეგი „გეგმური“ ელემენტებისა და მახასიათებელი უზნების გამოყოფა [55,56]. მდინარის კალაპოტი გეგმაში ხასიათდება შერ-ნაკლები კლასიცილობით; კალაპოტის კლასიცილობის (მეანდრებს) მით უფრო გამოხატული ფორმა აქვთ ვაკის მდინარეებზე. კლასიცილობა (მოხვეულობა) განსაზღვრავს სიღრმეების ცვალებადობას მდინარის გასწვრივ და განივად (ნახ. 3.7). სახელდობრ, ცნობილია, რომ წყალნაკადი ინტენსიურად ზემოქმედებს კალაპოტის შეზნეილ ნაპირებთან და გამოიმუშავებს შედარებით დიდ სიღრმეებს; კალაპოტის ამ უზნებს ნატბორებს უწოდებენ. მეზობელ მოხვეულობებს (ნატბორებს) შორის გვაქვს კალაპოტის შედარებით სწორხაზოვანი მონაკვეთი მცირე



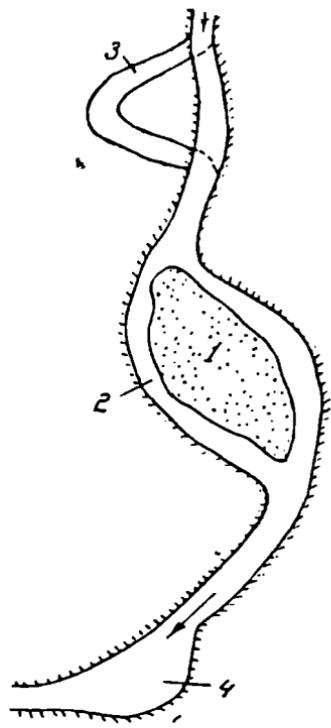
ნახ. 3. 7. მდინარის ნატბორი-ჩქერის ტანის მორფოლოგიური ელემენტები. ა—გეგმა; ბ—გრძივი პროფილი ფარვატურზე; 1—ზელა და ქველა ისარა (ქვეშეხი); 3,4—ზელა და ქველა ნატბორის ლარტიფი; 5—უნაგარა; 6,7—წინა და უკანი ფერლო; 8—თხემი (ზეინული); 9—ფარვატურა; 10—ახობათემა.

სიღრმეებითა და დიდი სიჩქარეებით, რომელსაც ჩქერი ჰქვია. კუ-
ნძულ ხეობის ძირის ის ნაწილია, რომელიც შემოსაზღვრულია მდი-
ნარის ტოტებით (ნახ. 3. 8); ის წარმოიქმნება მდინარის ეროზიული
ზემოქმედებისა ან მყარი ნატანის დაღეკვის შედეგად. ტოტი გამოყოფი-
ლია მდინარის შთავარი კალაპოტიდან ან სხვა ტოტებიდან კუნძულით. ნა-
მდონარეც მდინარის ძველი კალაპოტია; მეტწილად ნამდინარევე-
ბი გვხვდება ბარის უბნებზე და ძირითადად წყალნაკადის მიერ მკვეთრად
გამობატული კლაკნილის ყელის გარღვევის და კლაკნილის „მიტოვების“
შედეგია. ყურე მდინარის ნაპირში ღრუად შეჭრილი უბანია, რომელშიც
არ ხდება მდინარის წყლების გამდინარე მოძრაობა; სანაოსნო მდინარ-
ეებში ყურე გამოიყენება გემების სადგომად. მარჩხოზ მდინარის
კალაპოტის დაბალწყლიანი ადგილია, რომელიც მყარი ნატანის დაღეკ-
ვის შედეგად წარმოიქმნება.

კალაპოტის ფსკერის უდაბლესი წერ-
ტილების ერთობლიობა წარმოადგენს კალა-
პოტის ფარვატერს. ფარვატერზე გამა-
ვალი ვერტიკალური სიბრტყე მდინარის
ფსკერთან გადაკვეთაში გვადლევს მდინარის
კალაპოტის გრძივ პროფილს. ჩვეუ-
ლებრივ, მდინარის ხეობის ტალღევი და
კალაპოტის ფარვატერი ერთმანეთს ვმთხვე-
ვა და მდინარის ხეობისა და მდინარის კა-
ლაპოტის გრძივი პროფილები იგივეურ ცნე-
ბად შეიძლება მივიჩნიოთ.

გრძივი პროფილი გამოიყენება მრავალ-
ბუნებრივი ფაქტორის ზეგავლენით,
რომელთა შორის ძირითადია მდინარის
წყლიანობა, ხეობის ფსკერის საერთო ქანო-
ბი, კალაპოტის შემადგენელი ქანების წინა-
ღობადობა წყლის ეროზიულ ზემოქმედებაზე,
აღამიანის წყალსამეურნეო საქმიანობა.

გრძივი პროფილის ფორმირება ის-
ტორიულ განაკვეთში ასე შეიძლება წარმო-
ვიდგინოთ. საწყის სტადიაში ადგილი აქვს
კალაპოტის სიღრმით და გვერდით ეროზიულ
პროცესებს. გრძივ პროფილს ძირითადად
განსაზღვრავს სიღრმითი ეროზია, რომელიც
გრძელდება მანამ, სანამ მდინარის ბოლოში
ან მის რომელიმე უბანზე არ გამოიკვეთება
ეროზიის ბაზისი, ანუ ადგილი, რომლის ქვე-

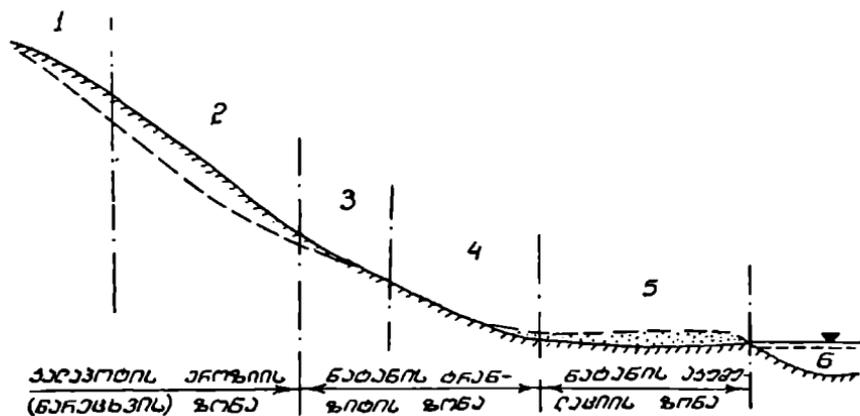


ნახ. 3. 8. მდინარის მახახაობებე-
ლი უბნები: 1—კუნძული; 2—ტო-
ტი; 3—ნამდინარევი; 4—ყურე.

მოთხოვრა პრაქტიკულად შეწყდება სიღრმით დეფორმაცია (ასეთი ბაზისე-
ბაა, მაგალითად, ზღვის ან ტბის დონე შესართავში, მეტად მკვერივი ქა-
ნები გამოსული მდინარის კალაპოტში, კაშხლები). ამის შემდეგ სიღ-
რმითი ეროზია ვითარდება ეროზიის ბაზისის ზემოთ მდინარის სათავე-
საკენ და თავის განვითარებით ფორმირებაში მიისწრაფვის რალაც
ზღვრული გრძივი პროფილისაკენ, რომელსაც წონასწორობის პრო-
ფილს უწოდებენ. ცხადია, წონასწორობის ცნება პირობითია და აქვს
უფრო თეორიული საფუძველი.

გრძივი პროფილების დიდ მრავალფეროვნებაში შესაძლებელია გახდეს
შემდეგი ოთხი ძირითადი ტიპის გამოყოფა [3, გვ. 39]: მდოვრედ ჩაზნე-
ქილი, სწორხაზოვანი, ამოზნექილი და საფეხუროვანი. როგორც არ უნ-
და იყოს მდინარის კალაპოტის (ხეობის) გრძივი პროფილი, მასში გამო-
არჩევენ მეტ-ნაკლებად მკვეთრად გამოხატულ უბნებს [16]: კალაპოტის
ეროზიის ზონა (მდინარის ზემო წელი), მყარი ნატანის ტრანზიტის ზო-
ნა (მდინარის შუა წელი) და ნატანის აკუმულაციის ზონა (მდინარის ქვე-
მო წელი). მოკლედ დავახასიათოთ ეს ზონები ბუნებაში შედარებით უფ-
რო გავრცელებული მდოვრედ ჩაზნექილი გრძივი პროფილის მაგალით-
ზე (ნახ. 3. 9).

კალაპოტის ეროზიის (წარეცხვის) ზონა მოიცავს მდინარის
ზემო წელის მაღალმთიან და მთიან უბნებს, სადაც კალაპოტის ინტენ-
სიური ეროზიული პროცესები განპირობებულია მდინარის ხეობის დი-
დი ქანობებითა და წყალნაკადების დიდი სიჩქარეებით. მდინარის შუა
წელში (მთისწინა და საშუალო ბარის უბნები), ჩვეულებრივ, წყალნა-
კადის სიჩქარეები მცირეა იმისათვის, რომ წარეცხოს კალაპოტი, მაგ-



ნახ. 3. 9. მდინარის გრძივი პროფილის დამახასიათებელი უბნები. 1—მაღალმთიანი; 2—მთის; 3—მთისწინა; 4—საშუალო ბარის; 5—ბარის; 6—ზღვა (ეროზიის ბაზისი).

რამ საკმაო რისია მდინარის ზემოდან მოსული ნა ტანის ტრანსპორტირებისათვის; აქედან გამომდინარე, მდინარის შუაწელს ტრანზიტის ზონასაც უწოდებენ. მდინარის ქვემო წვლი ხასიათდება მცირე ქანობებითა და სიჩქარეებით; ამის გამო, მდინარის ამ მონაკვეთზე მყარი ნატანი ილექება და ამ უბანს ნატანის აკუმულაციის ზონა ექვია.

ცხადია, აღნიშნული კლასიფიკაცია ფრიალ ზოგადია და ყოველი კონკრეტული მდინარისათვის შოითხოვს კორექტირებას.

კალაპოტის გრძივი პროფილის ფორმირებაზე დიდ გავლენას ახდენს აგრეთვე ადგილობრივი, ხეობის გარკვეული უბნებისათვის დამახასიათებელი გეოლოგიური თვისებები. იქ, სადაც მთის მყერივი, პრაქტიკულად წაურეცხადი ქანები გამოდიან კალაპოტის ზედაპირზე, მდინარე ხასიათდება მძაფრი დინებით, მცირე სიღრმით და დიდი სიჩქარით. მდინარის კალაპოტის ამ მოკლე უბნებს ზღურბლს უწოდებენ. ხშირად იინი წარმოადგენენ ეროზიის ბაზისს და განაპირობებენ, მაგალითად, საფეხუროვანი ტიპის გრძივ პროფილს (მდ. დნებრი, ენისეი, ენგური). ზოგჯერ ხეობის გეოლოგიური სტრუქტურა კალაპოტის განივად წარმოშობს წაურეცხად საფეხურს, რომლის შემდგომაც ადგილი აქვს წყლის ვარდნას; კალაპოტის ასეთ უბნებს წყალვარდნილები ექვია. შესაძლებელია მიმდევრობით განლაგებული წყალვარდნილების მთელი სერია, ანუ კასკადი.

მდინარის კალაპოტის ერთ-ერთი ძირითადი შორფომეტრიული მახასიათებელია კალაპოტის ქანობი. თუ H_1 არის ნიშნული საანგარიშო უბნის დასაწყისში, ხოლო H_2 —ბოლოში, მაშინ ნიშნულთა სხვაობა $H_1 - H_2 = \Delta H$ წარმოადგენს მდინარის ვარდნას; თუ L არის ამ უბანზე მდინარის სიგრძე, მაშინ, კალაპოტის ქანობი ექნება

$$I = \Delta H / L = (H_1 - H_2) / L. \quad (3. 8)$$

ცხადია, ქანობი ასეთი განმარტებით უვანზომილებო სიდიდეა ექვე დაჭინოთ, რომ პრაქტიკაში ხშირად შევხედებით ქანობის გამოსახულებას პროცენტობით (%) და პრომილებით (‰).

მდინარის კალაპოტის ყველა პროფილისათვის (გარდა სწორხაზოვანისა) დამახასიათებელია ქანობის ცვალებადობა სათავედან შესართავამდე; ჩვეულებრივ, ქანობი თანდათან კლებულობს.

მდინარის გრძივი პროფილის უბნების შესაბამისად იცვლება კალაპოტის განივი პროფილის ფორმა და მახასიათებლები: ვიწრო და ღრმა კალაპოტებს (ხეობებს) მდინარის ზემო წელში ცვლის განიერი და დაბალა განივკვეთები ქვემო წელში. მდინარის განივკვეთას ნაწილს, რომელიც შემოსაზღვრულია კალაპოტის ხმელეთის ხაზითა და წყლის ზედაპირით, ცოცხალი კვეთი ეწოდება [33, 51]. ცოცხალი კვეთის მსი-

განედ მიიჩნევენ კალაპოტის სიგანეს წყლის საანგარიშო დონეზე-
სველი პერიმეტრი χ წარმოადგენს ცოცხალი კვეთის პერიმეტრის
კალაპოტური ნაწილის სიგრძეს. ცოცხალი კვეთის საშუალო სი-
ღრმე $h_{სა}$ პირობითი მახასიათებელია და გამოითვლება ცოცხალი კვე-
თის ფართობისა (ω) და სიგანის ფარდობით

$$h_{სა} = \omega / B. \quad (3. 9)$$

ჰიდრაულიკური რადიუსი R გამოსახავს ცოცხალი კვეთის
ფართობისა და სველი პერიმეტრის შეფარდებას

$$R = \omega / \chi. \quad (3. 10)$$

განიერი ცოცხალი კვეთების შემთხვევაში (რაც, მეტწილად, დამო-
ხასიათებელია ვაკის მდინარეებისათვის) B სიგანე ბევრად აღემატება
საშუალო $h_{სა}$ სიღრმეს, რაც უფლებას გვაძლევს სველი პერიმეტრი χ
მივიჩნიოთ B სიგანის ტოლად; ამ მიხედობის შედეგად ვიღებთ ჰიდრა-
ულიკური რადიუსისა და საშუალო სიღრმის მიახლოებით ტოლობას,
რაც, ზოგ შემთხვევებში, ფრიად აიოლებს ჰიდრაულიკურ გაანგარიშე-
ბებს

$$R = \omega / \chi \approx \omega / B = h_{სა}. \quad (3. 11)$$

მდინარის კალაპოტის გეგმის, გრძივი და განივი პროფილების ძი-
რითადი ელემენტები და მორფომეტრიული მახასიათებლები ორგანულა-
დაა ურთიერთდაკავშირებული და ურთიერთგანპირობებული ბუნებრივ
კალაპოტური (სამდინარო) პროცესებით (5 9. 2).

IV თავი

მდინარის ჩამონადენის განმსაზღვრელი ფაქტორები

§ 4. 1. ზოგადი ცნობები

მდინარის ჩამონადენის განმსაზღვრელად მიიჩნევენ იმ მიზეზობრივ
ფაქტორებს, რომლებიც პირდაპირი ან არაპირდაპირი გზით მონაწილე-
ობენ ხმელეთის ზედაპირული წყლების ფორმირებაში. არსებობს წყლის
ჩამონადენის განმსაზღვრელი ფაქტორების კლასიფიკაციის სხვადასხვა
ცდა [3, 8, 9, 54, 55]. ჩამონადენის განმსაზღვრელი ფიზიკურ-გეო-
გრაფიული ფაქტორები შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად: მეტეორო-
ლოგიური (კლიმატური) და დედაშიწის ქვენაფენი ზედაპირის, მეტეორო-
ლოგიურ ფაქტორებს მიეკუთვნება ნალექები, ოროტქლება, ჰაერ-
რის, წყლის, ნიადაგის ტემპერატურა, ჰაერის ტენიანობა, ქარი. დედა-

მიწის ქვენათენი ზედაპირის ფაქტორებია საანგარიშო რაიონის (მდინარის აუზის) ფიზიკურ-გეოგრაფიული და მორფომეტრიული მახასიათებლები: გეოგრაფიული მდებარეობა, ნიადაგი, გეოლოგიური აგებულება, რელიეფი, მცენარეული და ტყის საფარი, წყალშემკრების ფართობი, შიგა წყალსატევების არსებობა და სხვ.

მდინარის ჩამონადენზე სხვადასხვა ფიზიკურ-გეოგრაფიული ფაქტორების გავლენის ხასიათი თუ ხედრითი წილი, რა თქმა უნდა, ფრიად შრავალფეროვანი და ცვალებადია მაგრამ, ღათში შესაძლებელია გამოიყოს ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც პირდაპირ (უშუალოდ განპირობებენ ჩამონადენს (მაგ. ნალექები, აორთქლება) და დამატებითი ფაქტორები, რომლებიც არაპირდაპირ, მეტწილად კი ძირითად ფაქტორებზე მათი გავლენით განსაზღვრავენ მდინარის წყლიანობას ნალექებისა და აორთქლების გადამწყვეტი როლი ნათლად ჩანს, თუნდაც, მდინარის წყლის ბალანსის (2. 4) განტოლებიდან.

ჩამონადენის განმსაზღვრელი ფაქტორების რთული ურთიერთდამოკიდებულება არ იძლევა იმის საშუალებას, რომ მკაცრი დიფერენცია ციით მოვახდინოთ ყველა მათი ახსნა-განმარტება; ამიტომ, ქვემოთ შემოგვიფარგლებით ნალექებისა და აორთქლების ცალ-ცალკე განხილვით, მათზე სხვა ფაქტორების ზეგავლენის აღწერით.

წინასწარ განემარტოთ ის ფიზიკური სიდიდეები თუ რაოდენობრივი მახასიათებლები, რომლებიც აუცილებელია ნალექებისა და აორთქლების არსში გასარკვევად.

ორთქლი ნეთიერების აირული მდგომარეობის სახელწოდებაა. ორთქლსა და აირს შორის განსხვავება მცირეა და, ამიტომ, პირობითია პაერში წყლის ორთქლის ანუ ტენის არსებობა განსაზღვრავს პაერის ტენიანობას. პაერის ტენიანობის რაოდენობრივი მახასიათებლები განაპირობებენ ძირითადში ბუნებაში წყლის ბრუნვის პროცესებს.

წყლის ორთქლის იმ რაოდენობას (გრამებში), რომელსაც ერთეული მოცულობის (მ³) პაერი შეიცავს, აბსოლუტური ტენიანობა ეწოდება (e). პაერში არსებულ წყლის ორთქლი ზრდის მის წნევას; უკანასკნელს უწოდებენ წყლის ორთქლის დრეკადობას და განსაზღვრავენ ვერცხლისწყლის სვეტის სიმაღლით მმ-ში. ლიტერატურაში ამასთანავე გვხვდება წყლის ორთქლის დრეკადობის (აბსოლუტური ტენიანობის) მილიბარული განზომილება (1 მილიბარი = 1000 დნ/სმ², რაც ვერცხლისწყლის სვეტის 0,75 მმ-ის ეკვივალენტურია).

ფარდობითი ტენიანობა (r) წარმოადგენს მოცემულ ტემპერატურაზე პაერის აბსოლუტური e ტენიანობის ფარდობას ტენიანობის იმ E ზღვრულ მნიშვნელობასთან, რომელიც საპიროა იმავე ტემპერატურაზე წყლის ორთქლით პაერის იმავე სივრცის გასაჯერებლად

$$r = (e/E) \cdot 100\%.$$

(4. 1)

ჰაერის წყლის ორთქლით გაჯერების ზღვრული მნიშვნელობა დამოკიდებულია ჰაერის ტემპერატურაზე [54, გვ. 389, დანართი 6].

ტენიანობის დეფიციტი (d) ეწოდება სხვაობას მოცემულ ტემპერატურაზე ჰაერის გაჯერების E ტენიანობასა და ჰაერის ფაქტიურ ტენიანობას შორის

$$d = E - e; \quad (4. 2)$$

(4. 1)-ის გათვალისწინებით გვექნება

$$d = e \cdot \left(\frac{100 - r}{r} \right) \text{ ან } d = E \left(1 - \frac{r}{100} \right). \quad (4. 3)$$

§ 4. 2. აბმოსფერული ნალექები

იმ შემთხვევაში, როდესაც ჰაერში წყლის ორთქლის აბსოლუტური e ტენიანობა გაუტოლდება ან გადააჭარბებს მოცემულ ტემპერატურისათვის წყლის ორთქლით ჰაერის გაჯერების E ზღვარს, ხდება ტენის კონდენსაცია ანუ წყლის ორთქლის გადასვლა აირისებრი მდგომარეობიდან თხევად ან მყარ ფაზაში. ტენის კონდენსაციას ადგილი აქვს, როგორც ატმოსფეროში, ასევე უშუალოდ დედამიწის ზედაპირზეც. ატმოსფერული კონდენსაციის შედეგად წარმოიქმნება თხევადი (წვიმა) ან მყარი (თოვლი, სეტყვა) სახის ნალექები. ტენის უშუალოდ დედამიწის ქვედაფენზე ზედაპირზე კონდენსაციის შედეგია ნალექის განსაკუთრებული სახეები: ცვარი (ნამი), თრთილი, კირხლი, ლიპინული. მათი წილი ნალექების საერთო რაოდენობაში უმნიშვნელოა.

4. 1. აბმოსფერული ნალექების განსაზღვრელი ფაქტორები

ატმოსფერული ნალექების ტერიტორიულ და დროში ცვალებადობას ძირითადად განსაზღვრავს დედამიწის საერთო კლიმატური გარემო, თუმცა, ცალკეულ რაიონებსა თუ მდინარეთა აუზებში მნიშვნელოვანი ადგილობრივი ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების გავლენა.

● სხვა განსაზღვრელი პირობების თანაბრობის შემთხვევაში აღინიშნება ოკეანეებისა და ზღვების სანაპირო ტერიტორიიდან კონტინენტების სიღრმისაკენ ატმოსფერული ნალექების კლების კანონზოიერება. ასე რომ, სახეზეა საანგარიშო ტერიტორიის (მდინარის აუზის) გეოგრაფიული მდებარეობის ფაქტორის გავლენა. ამ ფენომენს ზოგადად ხსნიან იმ განსხვავებით, რომელიც რეალურად არსებობს ოკეანის (ზღვის) და ხმელეთის ზედაპირების დინამიკურ ხორკლიანობას შორის: ხმელეთის ზედაპირი სანაპირო ზონაში გაცილებით უფრო მეტად ხორკლიანია; ამის შედეგად, სანაპიროზე მუხრუჭდება ზღვიდან მოდინებული ჰაერის უხვტენიანი ქვედა ფენები, ხორდება ჰაერის მასების ზედასვლა,

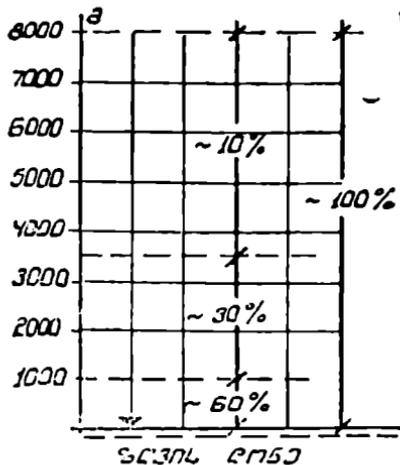
რაც საბოლოოდ ხელს უწყობს კონდენსაციის ზრდას და სასაპირო ტერიტორიებზე უფრო მეტი ნალექების მოსვლას, ვიდრე ხმელეთის ქვიშინით.

● ნალექების რაოდენობაზე რელიეფის ზეგავლენის მიზეზობრივ ფაქტორებს შეადგენს: საანგარიშო და მოსაზღვრე ტერიტორიების ზედაპირულ ხორკლიანობათა განსხვავება, საანგარიშო რაიონის სიმაღლითი მდებარეობა და მთის ფერდობების ექსპოზიცია. რელიეფის ზეგავლენის ნათლად წარმოსადგენად განვიხილოთ ატმოსფეროში ჰაერის ტენის განაწილების მიახლოებითი სურათი (ნახ. 4. 1): პრაქტიკულად ჰაერში არსებული მთელი ტენი მოთავსებულია ატმოსფეროს ქვედა 8 კილომეტრიან ფენაში.

რელიეფის ხორკლიანობა, ზღვის სასაპირო ტერიტორიის ხორკლიანობის ანალოგიურად, მნიშვნელოვნად ზრდის ტურბულენტურ მიმოცვლას და ხელს უწყობს ნალექების ადგილობრივ რაოდენობრივ მატებას. მაგალითად, სმოლენსკ — მოსკოვის შემადღება (ხორკლიანობა) ზრდის წლიურ ნალექს 100...150 მმ-ით.

ადგილმდებარეობის სიმაღლითი განაწილების ზრდასთან ერთად ნალექების ზრდის კანონზომიერება უფრო მკვეთრად გამოიხატება მთიან რაიონებში. აღნიშნულის საილუსტრაციოდ მოგვეყავს ლ. ბერგის შედგენილი მონაცემები [54] კავკასიონის ქედისათვის (ცხრილი 4. 1).

უკრაინის ტერიტორიაზე სიმაღლის ყოველი 100 მ-ით ზრდას შეესაბამება ნალექების 26% -ით მატება, ყაზახეთისათვის ეს ციფრი შეადგენს 100% -ს.



ნახ. 4. 1. ტენის ატმოსფეროში განაწილების სქემა.

ცხრილი 4. 1

საანგარიშო რაიონი	რაიონის ნიშნული ზღვის დონიდან, მ	წლიური ჩამონადენის ფენა, მმ
თბილისი	401	525
ორჯონიკიძე	691	867
კობი	1970	1191
გულაური	2197	1515
ქერის უღელტეხილი	2379	1706

სიმაღლესთან ერთად ნალექების ზრდის ეფექტი განპირობებულია მთის ქარისმხარე ფერდობებზე ჰაერის ქველა — უხეტენაანი მასების აღმასვლით და სიმაღლეზე ტენის მზარდი კონდენსაციით ჰაერის ტემპერატურის თანდათანობითი შემცირების გამო. ტენისა და ნალექების შატების ამ პროცესს ადგილი აქვს ატმოსფეროს შედარებით ქველა ფენებში, სადაც თავმოყრილია ატმოსფერული ტენის უდიდესი წილი (ნახ. 4. 1); გარკვეული სიმაღლის შემდეგ ატმოსფეროში ტენის შემცველობა იმდენად მცირდება, რომ, საერთო ჯამში, ნალექებს რაოდენობა იწყებს სიმაღლესთან ერთად კლებას. სიმაღლის ეს ზურული სიდიდე დამოკიდებულია იდგილმდებარეობის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ თვისებებზე. მაგალითად, კავკასიისა და ალპების მაღალმთიანი რაიონებისათვის ეს სიმაღლე შეადგენს 3000... 3500 მ-ს, მაშინ, როდესაც ინდოჩინეთის მთიანი ტერიტორიისათვის იგი განისაზღვრება 1500 მ-ით.

მთის ფერდობების ექსპოზიციის გაელენა იმაში გამოიხატება, რომ ნალექების უდიდესი ნაწილი მოდის ქარის მხარე ფერდობებზე, მითუმეტეს, თუ ისინი განლაგებულია ჰაერის უხეტენიანი ნაკადების გაბატონებული მიმართულების პერპენდიკულარულად. შედეგად ჰქვს გადაეცლება საგრძნობლად ტერგამოცლილი ჰაერის მასა, რის გამოც ქარის საწინააღმდეგო ფერდობებზე ნალექები მნიშვნელოვნად მცირეა. აღნიშნული ეფექტით აიხსნება, მაგალითად, ნალექების სიმცირე შიდატერიტორიულ რაიონებში, რომლებიც გარშემორტყმულია მაღალმთიანი ქედებით.

● განსაკუთრებით საყურადღებო და სასიკეთოა ტყის მასივების გაელენა წყლის მოშოქევის საერთო ხასიათზე. ტყის ზედაპირის ხორკლიანობა 10... 20-ჯერ აღემატება გარშემო უტყეო ტერიტორიების ხორკლიანობას, რის შედეგადაც ტყის მასივებზე მოდის 10... 12%-ით უფრო მეტი თხევადი და 3... 11%-ით უფრო მეტი მყარი ნალექი. გარდა ამისა, ტყეები მნიშვნელოვნად განპირობებენ ჩამონადენის დროში თანაბარ განაწილებას, რის შედეგადაც იზრდება გაზაფხულის წყალდილობის ხანგრძლიეობა და, შესაბამისად, მცირდება მაქსიმალური ჩამონადენის პიკური ხარჯები.

● შიგა ზღვების, დიდი ტბებისა და წყალსაცავების ზედაპირზე მოსული ნალექები ხმელეთის მიმდებარე ტერიტორიაზე მოსულ ნალექებზე ნაკლებია, რის მიზეზადაც მიიჩნევენ თერმულ ინვერსიას და დინამიურ ხორკლიანობათა სხვაობას [3, გვ. 48].

● ნიადაგის და გრუნტების გეოლოგიური პირობები ძირითადად განსაზღვრავენ გრუნტში წყლის ინფილტრაციის რაოდენობრივ ხასიათს; მაშასადამე, ზემოქმედებენ ზედაპირული ჩამონადენის ოდენობაზე.

წვიმა ატმოსფერული ნალექების ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული სახეა. წვიმის გარკვეული რაოდენობა დასაწყისში ხმარდება ხმელეთის ზედაპირის დასველებას, რელიეფის შიკროდადაბლებების ამოვსებას, ნიადაგში ინფილტრაციას, აორთქლებას და არ მონაწილეობს ზედაპირული ჩამონადენის შექმნა-ფორმირებაში. ამიტომ, ამ პერიოდის ნალექებს ჩამონადენის თვალსაზრისით დაკარგულად მიიჩნევენ და ჩამონადენის საწყისი დანაკარგების ფენის სიმაღლით ახასიათებენ (~15...26 მმ). ასე რომ, ჩამონადენის ფორმირებაში უშუალოდ მონაწილეობენ ის წვიმები, რომელთა ოდენობა აღემატება საწყის დანაკარგებს. მაგალითად გაზაფხულსა და ზაფხულის დასაწყისში წვიმის მთელი ნალექი ხმარდება ზედაპირული ჩამონადენის ფორმირებას. ვინაიდან მაღალია ნიადაგის ტენიანობა. ზაფხულის პერიოდში კი პირიქით, წვიმების დიდი ნაწილი მოდის დანაკარგებზე, რადგან დიდია ინფილტრაცია ნიადაგის სიმშრალის გამო.

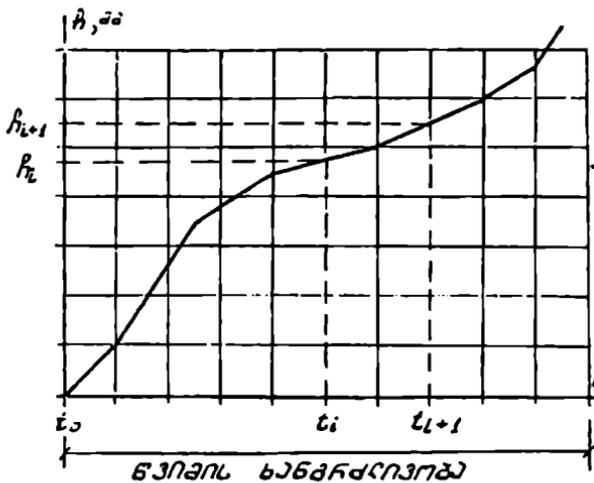
განასხვავებენ წვიმის შემდეგ რაოდენობრივ მახასიათებლებს: წვიმის ხანგრძლივობა (წუთი, საათი, დღე-ღამე), ამ პერიოდში მოსული ნალექის ფენის სიმაღლე (მმ), ნალექის მოსვლის ინტენსიურობა (მმ/წთ, მმ/სთ), წვიმით მორწყვის ფართობი (კმ²); ამ სიდიდეების შესაბამისად განარჩევენ წვიმის შემდეგ სახეებს: თავსხმას, თავსხმა წვიმას და გაბმულ წვიმას (ცხრილი 4. 2).

წვიმის რაოდენობრივი რევისტრაციისათვის არსებობს სპეციალური ხელსაწყოები, რომლებიც აღრიცხავენ წვიმის რაოდენობას დროის გარკვეულ შუალედში. თუ წვიმის დაწყებიდან გვეცოდინება დროის თა-

უბრლო 4. 2

წვიმის კლასიფიკაცია

წვიმის სახე	წვიმის შიკვ დახასიათება	წვიმის ხანგრძლივობა, სთ.	წვიმის საშუალო ინტენსიურობა, მმ/სთ
თავსხმა	ხანმოკლე, ინტენსიური; რწყავს მცირე ფართობებს (10...100 კმ ²)	≤ 2... 4	≥ 10... 20
თავსხმა წვიმა	ხანგრძლივი, ინტენსიური; რწყავს ვრცელ ფართობებს (10000...100000 კმ ²)	რამდენიმე საათიდან რამდენიმე დღე ღამემდე	≥ 2... 10
გაბმული წვიმა	ხანგრძლივი, ნაკლებად ინტენსიური; რწყავს ვრცელ ფართობებს (10000...100000 კმ ²)	რამდენიმე საათიდან რამდენიმე დღე ღამემდე	≤ 2



ნახ. 4.2. წვივის ინტენსიურობის გრაფიკი

ნამომდევრულ ΔL_i ინტერვალებში ნალექების ოდენობა (Δh_i), მაშინ შესაძლებელია ნებისმიერი $T = \sum \Delta L_i$ ხანგრძლივობის წვიმის ინტეგრალური მრუდის აგება (ნახ. 4.2); რაც უფრო შცირვა წვიმაზე დაკვირვების ΔL_i ინტერვალები, მით უფრო ზუსტი იქნება ცოდნა წვიმის შესვლაობაზე. მრუდის საშუალებით შესაძლებელია დროის ნებისმიერ

$t_{i+1} - t_i$ წუალედში წვიმის საშუალო ინტენსიურობის განსაზღვრა

$$a_{საშ} = \frac{h_{i+1} - h_i}{t_{i+1} - t_i} \quad (4.4)$$

წვიმებზე ხანგრძლივი მეცნიერული დაკვირვებების შედეგად შესაძლებელი გახდა თავსხმებისა და თავსხმა წვიმების რაოდენობრივი მახასიათებლების ურთიერთდამოკიდებულების ემპირიული კანონზომიერების აღდგენა [3, 54]; წვიმების ინტენსიურობა დროის განმავლობაში მნიშვნელოვნად ცვალებადობს (ნახ. 4.2); დროის რალაც ინტერვალში წვიმის საშუალო ინტენსიურობასა და ამ ინტერვალის ხანგრძლივობას შორის არსებობს უკუდამოკიდებულება; რაც უფრო დიდია ხმელეთის ფართობი, მით უფრო იშვიათად ირწყვება ის სრულად; წვიმის ფენის სიმაღლე კლებულობს წვიმის ცენტრიდან მორწყვის ფართობის პერიფერიული ზონისაკენ და სხვ.

მდინარის ჩამონადენის ფორმირებისა და მიწისქვეშა წყლების მარაგის შევსების პროცესი განპირობებულია მრავალი ფიზიკურ-გეოგრაფიული ფაქტორით. მიუხედავად ამისა, შეიძლება ზოგადად განესაზღვროთ ამ პროცესებში სხვადასხვა ტიპის წვიმების როლი: თავსხმები და თავსხმა წვიმები იწვევენ მდინარეებზე წყალდიდობებსა და წყალმოვარდნებს; გაბშული წვიმების ზეგავლენა ამ მხრივ შედარებით უმნიშვნელოა და შეიმჩნევა მხოლოდ საშუალო და დიდ მდინარეებზე შექოღგომის ცივ პერიოდში; მიწისქვეშა წყლების მარაგი შეივსება მეტწილად ხანგრძლივი თავსხმა წვიმების ხარჯზე.

4. 2. 8. თოვლის საფარი

თოვლი მყარი ატმოსფერული ნალექია, რომელიც ცვივა ღრუბლებიდან სხვადასხვა ფორმის კრისტალებს — ფიფქების სახით; თოვლის ფიფქები გარკვეულ პირობებში ერწყმის ერთმანეთს, გადამეტციებულ წყლის წვეთებს და წარმოიქმნება თოვლის ფანტელები.

თოვლის საფარი არის ხმელეთის ზედაპირზე აკუმულირებული ატმოსფერული ნალექი მოსული თოვლის სახით. თოვლი ზომიერი განედების მდინარეების კეების მთავარი წყაროა; აუზში შისი მარაგი კარნახობს გაზაფხულის წყალდიდობების ხასიათს, თოვლის საფარი ამცირებს გრუნტების და წყალსატევების ჩაყინვის სიღრმეს და ა. შ.

ქვემოთ მოგვყავს თოვლისა და თოვლის საფარის თვისებრივი და რაოდენობრივი მახასიათებლები, რომლებიც პირდაპირ თუ არაპირდაპირ განსაზღვრავენ წყლის ზედაპირულ ჩამონადენს.

თოვლის თბოგამტარობა ნიადაგთან შედარებით 100-ჯერ უფრო მცირეა, რის შედეგადაც ნიადაგის ტემპერატურა თოვლის ქვეშ 15...20°C-ით აღემატება ჰაერის ტემპერატურას.

ახალმოსული თოვლის ზედაპირის სხივური არეკვლის უნარი (ალბედო) შეადგენს 80...90%-ს; შემდგომში თოვლის გაქუქყიანებასთან ერთად ალბედო მცირდება; თოვლის დნობისას იგი 50%-ის ტოლია.

თოვლის საფარის ინფრაწითელი რადიაციული გამოსხივების კოეფიციენტია 0,995. ამ თვისებისა და თოვლის დაბალი თბოგამტარობის შედეგად ტემპერატურა თოვლის საფარის ზედაპირზე ჰაერის ტემპერატურაზე ნაკლებია.

თოვლის საფარის სიმძლავრე დამოკიდებულია ატმოსფერული ნალექების ოდენობაზე, თოვლის სიმკვრივეზე, რელიეფსა და მცენარეულ საფარზე; მნიშვნელოვანი კორექტირება შეაქვს ძლიერ ქარს და ქარბუქს. საბჭოთა კავშირში თოვლის სიმაღლე აღწევს 1 მ-სა და მეტს.

თოვლის საფარის სიმკვრივე არის თოვლის რალაც მოცულობის (W , სმ³) გადნობით მიღებული წყლის მასის (M , გ) ფარდობა ამ მოცულობასთან

$$\rho = M/W. \quad (4.5)$$

სიმკვრივე მნიშვნელოვანი რაოდენობრივი მახასიათებელია, რადგან განსაზღვრავს თოვლში წყლის მარაგის ოდენობას.

თოვლის დგომის ხანგრძლივობა იზრდება სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ. მაგალითად, ევროპული ნაწილის სამხრეთ რაიონებში იგი შეადგენს დაახლოებით ერთ თვეს, უკიდურეს ჩრდილოეთით, კი — 8...9 თვეს. აღინიშნება აგრეთვე თოვლის დგომის ხანგრძლივობის ზრდა კლიმატის კონტინენტურობის შესაბამისადაც: ბალტიის ზღვის

სინაპირზე თოვლი დევს დაახლოებით 2 თვე, დასაყვამთ ციმბირის იმავე განედზე კი — 7 თვე.

თოვლის დნობა იწყება მის ზედაპირზე დადებითი სითბური ბალანსის დადგომასთან ერთად. მნიშვნელოვანია, ამასთანავე, თბილი ქარებისა და წვიმების გავლენა. დნობის პროცესი შეიძლება დახასიათდეს დნობის ხანგრძლივობითა და დნობის ინტენსიურობით.

თოვლის დნობის ხანგრძლივობაში შეიმჩნევა 3 პერიოდი. თოვლის დნობის დასაწყისში მდნარი წყალი ავსებს თოვლის ფორებში კაპილარულ შეღებებს, მცირე ზომის სიკარიელებს და ვერ აღწევს ნიადაგს; ამიტომ დნობის პირველი პერიოდი არაერთარ გავლენას არ ახ. დენს ჩამონადენს ფორმირებაზე, მიუხედავად იმისა, რომ ამ დროს დნება თოვლის საერთო მარაგის 30%. განსაკუთრებულია მეორე — თოვლის ძირითადი მასის დნობის პერიოდის გავლენა, რომლის დროსაც წყალშემკრების ფართობის დაახლოებით ნახევარი მთლიანად თავისუფლდება თოვლისაგან. ამ დროს დნება თოვლის მარაგის 47% და წინა პერიოდში გამდნარი მოცულობის გათვალისწინებით ნიადაგს აღწევს თოვლის საწყისი ოდენობის დაახლოებით 80%. ეს პერიოდი განსაზღვრავს გაზაფხულის წყალდიდობის ხასიათსა და ხარჯებს. თოვლის დნობის დასასრულ პერიოდში თოვლის მარაგის დარჩენილი 20% უკვე აღარ მონაწილეობს მაქსიმალური ხარჯების ფორმირებაში და მხოლოდ ახანგრძლივებს გაზაფხულის წყალდიდობას.

თოვლის დნობის ხანგრძლივობა და ვადები, რა თქმა უნდა, განსხვავებულია სხვადასხვა რაიონებისათვის.

თოვლის დნობის მეორე მახასიათებლად დავასახელოთ დნობის ინტენსიურობა. მისი სიდიდე განისაზღვრება მოხვალის ფაქტორით და ცვალებადობს დნობის პერიოდში. არსებობს თოვლის დნობის ინტენსიურობის გაანგარიშების ზუსტი, მაგრამ შრომატევადი მეთოდები [3, გვ. 60]; პრაქტიკული მიზნებისათვის კი შეიძლება გამოვიყენოთ მოხერხებული ემპირიული დამოკიდებულებები. მაგალითისათვის მოგვყავს ე. პოპოვის საკმაოდ გავრცელებული ფორმულა, რომელიც საშუალებას იძლევა დავადგინოთ თოვლის დნობის საშუალო a ინტენსიურობა (მმ/დღე-ღამე)

$$a = 7,1 \cdot (1 - r) \cdot (t_{\text{კვს}} - t_{\text{ს}} - 0,2) - 2,8(t_{\text{ს}} - t_{\text{ნონ}}) + 1,5(t_{\text{ს}} - 0,5) \cdot u_{\text{ს}} \quad (4.6)$$

სადაც $t_{\text{ს}}$, $t_{\text{კვს}}$, $t_{\text{ნონ}}$ არის ჰაერის საშუალო დღეღამური, მაქსიმალური და მინიმალური ტემპერატურა;

r — თოვლის საფარის ალბედო;

$u_{\text{ს}}$ — ქარის სიჩქარე 10 მ სიმაღლეზე, მ/წმ.

თოვლის დნობის ინტენსიურობა განსაზღვრავს დროის გარკვეულ შედეგში გამდნარი წყლის რაოდენობას. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ,

თოვლის დნობის საწყის პერიოდში მდნარი წყალი არ აღწევს ნიადაგს, ე. ი. სახეზეა თოვლის დნობა, მაგრამ არ ხდება ნიადაგისათვის წყლის გაცემა. დნობის მეორე და მესამე პერიოდებში კი, პირიქით, წყლის გაცემა აღმატება თოვლის დნობის ინტენსიურობას, რადგან უქანსკენელს ემატება ჰორველ პერიოდში თოვლის საფარით შეკავებული მდნარი და წვიმის წყალი. ასე რომ, წყლის ზედაპირული ჩამონადენის განსაზღვრისათვის დნობის ინტენსიურობის გარდა გამოითვლიან თოვლიდან წყლის გაცემის ოდენობას [3, გვ. 67].

4. 2. 4. სეტყვა

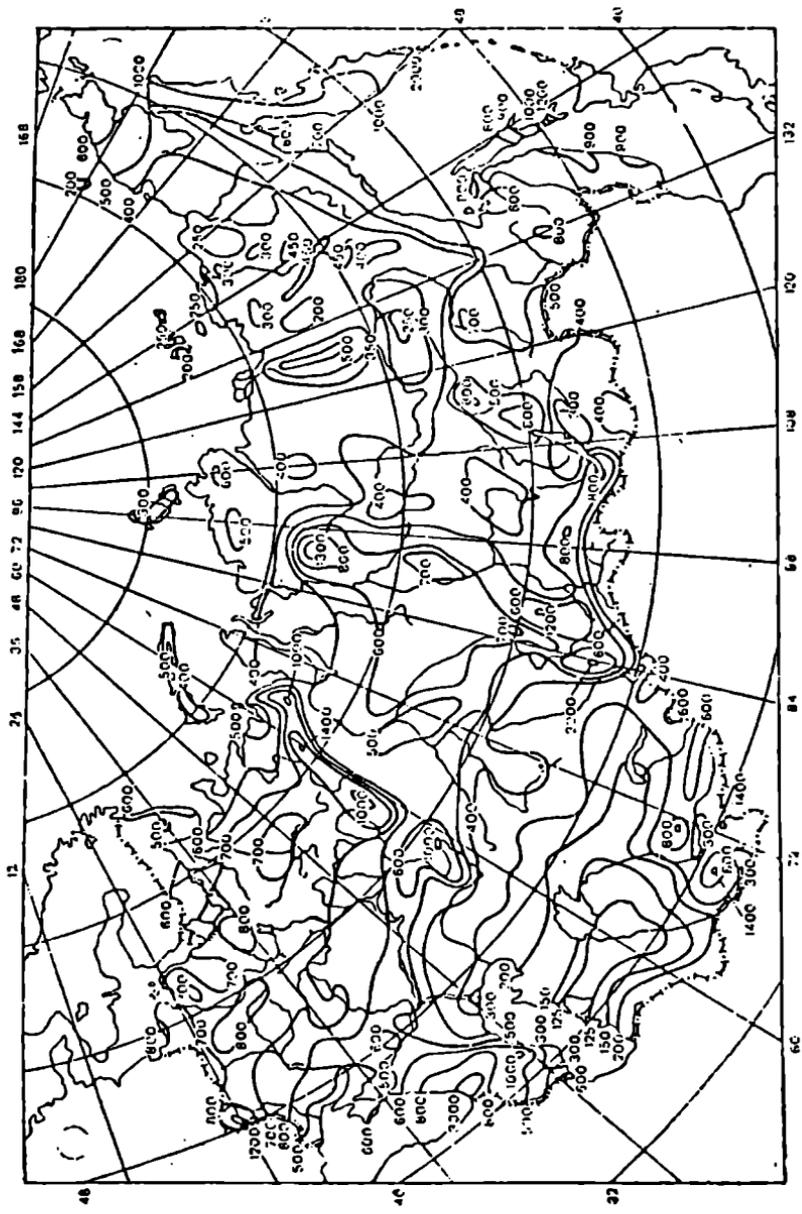
სეტყვა მყარი ატმოსფერული ნალექია, რომელიც ცვივა ღრუბლებიდან ყინულის სხვადასხვა ზომის სვერული ნაწილაკების ან ნატეხების სახით. სეტყვის მარცვლის ძირითადი ზომებია 5-55 მმ, იშვიათად — 130 მმ. სეტყვა მოდის წელიწადის თბილპერიოდში და, ჩვეულებრივ, ელექტის თანხლებით. მისი ხანგრძლივობა იშვიათად აღემატება ნახევარ საათს. სეტყვის, როგორც მდინარის ჩამონადენის რაოდენობრივი ფაქტორის როლი უმნიშვნელოა. მას უდიდესი ზიანი მოაქვს სოფლის მეურნეობისათვის.

4. ატმოსფერული ნალექების განაწილება საფრანგეთში კავშირის ტერიტორიაზე

ატმოსფერული ნალექების განსაზღვრული ფაქტორების სიმრავლე, მრავალფეროვნება და ცვალებადობა განაპირობებს ნალექების განაწილების მკვეთრ ტერიტორიულ და დროში უთანაბრობას. მაგალითად, ნალექების საშუალო ფენა დედამიწაზე წელიწადში შეადგენს 1130 მმ-ს, მაგრამ ინდოეთის ზოგიერთ რაიონებში იგი აღწევს 15 ათას მმ-ს, მაშინ როდესაც აფრიკის უდაბნოებში არ აღემატება 10-მმ-ს.

ნალექების ტერიტორიული განაწილების ვიზუალური გაანგარიშებისა და თვალსაჩინოებისათვის გეოგრაფიულ რუკებზე დააქვთ ტოლი ნალექების იზოხაზები — იზოჰიეტები. ასეთი რუკა შედგენილია საბ. კოთა კავშირის ტერიტორიისათვისაც (ნახ. 4. 3) [3, გვ. 76; 14, გვ. 94]. ნალექის საშუალო წლიური ფენა ჩვენს ტერიტორიაზე 530 მმ-ია; ყველაზე დიდი ნალექები აღინიშნება ქ. ბათუმის რაიონში — 5000 მმ, ყველაზე მცირე — შუა აზიის უდაბნოებში — 150 მმ.

მეტად მკვეთრია აგრეთვე ნალექების დროში განაწილების უთანაბრობაც, რის ნათელ ილუსტრაციასაც იძლევა, მაგალითად, ხარჯების პილოგრაფი (ნახ. 5.1).



ნაბ. 4.3. სსრ კავშირის ტერიტორიაზე ნალექის (მმ) საშუალო წლიური ნორმის განაწილების რუკა

პროცესს, რომლის დროსაც წყალი თხევადი ან მყარი მდგომარეობიდან გადადის აირად ფაზაში აორთქლება ეწოდება. დედაშიწიდან აორთქლების ზედაპირებია: წყალი, თოვლი, ყინული, ნიადაგი, მცენარეული საფარი.

4. 8. 1. აორთქლების განმსაზღვრელი ფაქტორები

ისევე, როგორც ნალექების შემთხვევაში, აორთქლებას უპირველესად განსაზღვრავენ მეტეოროლოგიური ფაქტორები: ჰაერის ტენიანობის დეფიციტი (აორთქლების ზედაპირის ტემპერატურის მიხედვით), ატმოსფერული ორთქლის პორიზონტალური და ვერტიკალური მიმართულებით გადატანა, ქარის სიჩქარე, ჰაერის ტემპერატურის სიმალეზე ცვალებადობა; ზოგიერთი აორთქლების შემთხვევაში მნიშვნელოვანი ხდება ტერიტორიის ფიზიკურ-გეოგრაფიული ფაქტორის გავლენა.

● აორთქლება შესაძლებელია მხოლოდ ტენიანობის დეფიციტის არსებობის შემთხვევაში. აქვე უნდა აღინიშნოს ის განსხვავება, რომელიც არსებობს ტენიანობის დეფიციტის ზოგად (4. 2) და აორთქლებასთან დაკავშირებულ განსაზღვრებებს შორის: თუ ზოგად შემთხვევაში განვიხილავდით მხოლოდ ერთ გარემოს — ატმოსფეროს, აორთქლებისას ფაქტიურად საქმე გვაქვს ტენიანობის დეფიციტთან აორთქლების ზედაპირსა (წყალი, თოვლი, ნიადაგი, მცენარეულობა) და ჰაერს შორის; ასე რომ, ტენიანობის დეფიციტი $d = E - e$ აორთქლების პროცესის შესწავლისას შემდეგნაირად განიმარტება: E არის ჰაერის წყლის ორთქლით გაჯერების ზღვარი იმ ტემპერატურაზე, რომელიც აქვს აორთქლების ზედაპირს, e კი — აბსოლუტური ტენიანობა გარშემო ჰაერის ფაქტიურ ტემპერატურაზე. საკითხის ასეთი განხილვა საშუალებას გვაძლევს მათემატიკურად ჩავწეროთ პირობა

$$d = E - e \geq 0, \quad (4. 7)$$

რომელიც შემდეგნაირად აიხსნება: თუ $d > 0$ სახეზეა აორთქლების პროცესი, $d < 0$ მიუთითებს იმაზე, რომ აორთქლების ნაცვლად ადგილი აქვს აორთქლების ზედაპირზე წყლის ორთქლის კონდენსაციას, ტოლობა $d = 0$ გამოხატავს წყლის ორთქლის რაოდენობრივ წონასწორობას.

● როგორც ეხედავთ, აორთქლებაზე დიდ გავლენას ახდენს ტემპერატურის ფაქტორი; ტემპერატურის გაზრდა იწვევს აორთქლების ზრდას. მზის ენერგიის უდიდეს ნაწილს (~43%) იღებს დედაშიწის ზედაპირი, 14%-ს ატმოსფერო, დანარჩენი კი აირეკლება კოსმოსურ საფაროში. ამიტომ ატმოსფეროს ქვედა ფენების გათბობა მეტწილად წარმოებს დედაშიწის ზედაპირთან თბოგაცვლის ხარჯზე; ჰაერის ქვედა გამთბარი ფენები გადაინაცვლებენ ზემოთ, მთ ადგილს კი იკავებს ჰაერის.

შედარებით ცივი მასები. ჰაერის, წყლისა და ნიადაგის ტემპერატურა განიკლდის დღე-ღამურ, სეზონურ (წლიურ) და შარავალწლიურ ცვალებადობას. ნიადაგის ტემპერატურა მიყვება ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობას ნიადაგის სიღრმის ყოველ 10 სმ-ზე 2,5...3 საათის ჩამორჩენით. დაახლოებით ერთ მეტრზე მეტი სიღრმის შემდეგ ტემპერატურის დღეღამური ცვალებადობა აღარ იგრძნობა. ნიადაგის ტემპერატურულ რეჟიმზე მოქმედებს მცენარეულობა და თოვლის საფარი.

● დიდ გავლენას ახდენს აორთქლებაზე ქარის სიჩქარე და მიმართულება. ქარის შეშეობით ჩქარდება აორთქლების ზედაპირის ახლო უკვე დატენიანებული ჰაერის ფენების შეცვლა ჰაერის ნაკლებად ტენიანი (მშრალი) მასებით.

● გარდა იმისა, რომ განსხვავებულია მცენარეული საფარიდან აორთქლების ხასიათი, საგულისხმოა აგრეთვე მისი რაოდენობრივი ზეგავლენა, სახელდობრ, მცენარეული საფარი მნიშვნელოვნად ზრდის აორთქლებას.

აორთქლებას საანგარიშოდ არსებობს წყლის ბალანსის, ტურბულენტური დიფუზიის, სითბური ბალანსის თეორიული მეთოდები [3,9], რომლებიც საკმაოდ რთულია; ამიტომ პრაქტიკული ამოცანების გადასაწყვეტად მიმართავენ ფიზიკურად დასაბუთებულ ემპირიულ დამოკიდებულებებს.

4. 3. 2. აორთქლება წყლის ზედაპირიდან

წყლის ზედაპირიდან აორთქლების პროცესი შეიძლება შემდეგ გამარტივებული სქემით წარმოვიდგინოთ: წყლის მოლეკულები განუწყვეტელ მოძრაობაშია; ისინი, რომელთაც შედარებით მეტი ენერჯია გააჩნიათ, გადალახავენ მოლეკულური მიზიდულობისა და წყლის ზედაპირული დაკრძალობის ძალებს და აღმოჩნდებიან ჰაერში; ნაწილი ამ მოლეკულებისა შეიძლება ისევ დაუბრუნდეს წყლის გარემოს და ა. შ. აორთქლების პროცესი მით უფრო ინტენსიურია, რაც უფრო მეტია წყლის ტემპერატურა, ტენიანობის დეფიციტი, ჰაერის შასების სიჩქარე და ტურბულენტურობა.

წყალსატევების ზედაპირიდან აორთქლების (Z , მმ/თვე) გამოსათვლელად რეკომენდებულია ბ. ზაიკოვის ფორმულა

$$Z = 0,14 \cdot \pi \cdot (E_s - e_s) \cdot (1 + 0,72 \cdot u_s), \quad (4. 8)$$

სადაც E_s არის წყლის ორთქლის ზღვრული დრეკადობა (გაჯერება) გამოთვლილი წყალსატევის წყლის ზედაპირული ტემპერატურის შესაბამისად, მილიბარი;

e_s — წყლის ორთქლის ფაქტობრივი დრეკადობა (აბსოლუტური ტენიანობა) წყალსატევის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე, მილიბარი;

„ — ქარის საშუალო სიჩქარე წყალსატევის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე, მ/წმ;

„ — დღეების რაოდენობა თვეში.

ფორმულაში შემავალი სიდიდეები განისაზღვრება წყალსატევის აკვატორიაზე უშუალო დაკვირვებების საფუძველზე; თუ ასეთი დაკვირვებები არ არსებობს, სარგებლობენ უახლოესი მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემებით.

4. 8. 3. აორთქლება თოვლისა და ყინულის ზედაპირიდან

თოვლისა და ყინულის ზედაპირიდან აორთქლებასას ადგილი აქვს წყლის ფაზურ გარდაქმნას: მყარიდან ის გადადის აირად მდგომარეობაში. აორთქლების ეს პროცესი ჯერ კიდევ არ არის სათანადოდ შესწავლილი. ზოგადად თოვლისა და ყინულის ზედაპირიდან აორთქლებას განაპირობებს ჰაერისა და აორთქლების ზედაპირის ტემპერატურა, ამ ზედაპირთან თბოგაცვლის ინტენსიურობა, თოვლის (ყინულის) სიმკვრივე, ტყის საფარი. საერთო დასკვნები შემდეგი სახისაა: როდესაც თოვლის (ყინულის) ზედაპირის ტემპერატურა მეტია ჰაერის ტემპერატურაზე, ყოველთვის ადგილი აქვს აორთქლებას; დანარჩენ შემთხვევებში, ფარდობითი ტენიანობის შესაბამისად, მოსალოდნელია წყლის ორთქლის წონასწორობის და აორთქლების ზედაპირზე კონდენსაციის მოვლენები; ერთნაირ პირობებში ყინულიდან აორთქლების ინტენსიურობა აღემატება თოვლისას; აორთქლება იზრდება თოვლის სიმკვრივის ზრდასთან ერთად (ძველი თოვლიდან აორთქლება 3,5-ჯერ აღემატება აორთქლებას ახალი თოვლიდან); თოვლის ღნობის პერიოდში მინდორში აორთქლება სამჯერ აღემატება ტყიდან აორთქლების ინტენსიურობას. თოვლის (ყინულის) ზედაპირიდან აორთქლების საერთო რაოდენობა საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე დიდი არაა და შეადგენს 25... 30 მმ/წლ.

თოვლის ზედაპირიდან აორთქლებული წყლის რაოდენობის გამოსათვლელად მოხერხებულია პ. კუზნინის ფორმულა

$$Z = (E_0 - e_p) \cdot (0,18 + 0,1 \cdot u_{10}), \text{ მმ/დღე-ღამე,} \quad (4. 9)$$

სადაც E_0 არის წყლის ორთქლის ზღვრული დრეკადობის (გაჯერების) საშუალო სიდიდე გამოთვლილი თოვლის ზედაპირის ტემპერატურის შესაბამისად, მილიბარი;

u_{10} — ქარის სიჩქარე 10 მ სიმაღლეზე, მ/წმ.

ფორმულაში შემავალი სიდიდეები განისაზღვრება უშუალო (ნატურული) დაკვირვებებით.

ნიადაგიდან აორთქლების ბუნება მეტად რთულია, რადგან, ფაქტობრივად, საქმე გვაქვს მის 3 სახესთან: აორთქლება უშუალოდ ნიადაგიდან (მასზე მცენარეულობის აბარსებობის შემთხვევაში), მცენარეულობის ვარჯზე დაკავებული ნალექების აორთქლება, ტრანსპირაცია.

● ნიადაგიდან აორთქლება სირთულით აღემატება წყლის ზედაპირიდან აორთქლების პროცესს. გარდა მეტეოროლოგიური ფაქტორებისა (ტენიანობა, ტენიანობის დეფიციტი, ტემპერატურა, ქარი) დიდია აგრეთვე ნიადაგისა და გრუნტის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გავლენა: ნიადაგის ტენიანობა, ნიადაგში წყლის ფიზიკური მდგომარეობა, გრუნტის წყლების განლაგება, ნიადაგის სტრუქტურა, გრანულომეტრიული შედგენილობა, ქიმიური თვისებები.

ნიადაგში წყლის მარაგის (წყლის ორთქლი, კაპილარული და გრავიტაციული წყლები) შევსება ხდება არმოსფერული ნალექებისა და გრუნტის წყლების შოდინების ხარჯზე. გაზაფხულზე, როდესაც ნიადაგის ტენიანობა მაქსიმუმს აღწევს, ნიადაგიდან აორთქლება წყლის ზედაპირიდან აორთქლების ანალოგიურია. ნიადაგის გამოშრობასთან ერთად მცირდება და რთულდება აორთქლების პროცესი; მნიშვნელოვანია ნიადაგის ზედა ფენებისაკენ წყლისა და წყლის ორთქლის შოდინების ხასიათი, რაც ძირითადში განისაზღვრება გრუნტის წყლების სიღრმეული განლაგებითა და კაპილარული აწევის სიმაღლით. აორთქლება მით უფრო მცირეა, რაც უფრო ღრმადია განლაგებული გრუნტის წყლები.

განსაკუთრებულია გრუნტის გრანულომეტრიული შემადგენლობისა და სტრუქტურის გავლენა, რადგან ისინი განსაზღვრავენ კაპილარული წყლების რაოდენობრივ და თვისებრივ ხასიათს: აორთქლება მით უფრო მეტია, რაც უფრო ვიწროა კაპილარები და მცირეა გრუნტის ნაწილაკები. ასე რომ, გამკვრივებული ნიადაგიდან იკარგება (აორთქლდება) წყლის უფრო მეტი რაოდენობა, ვიდრე ფხვიერიდან. აქედან ნათლად ჩანს ნიადაგის ხვან-დამუშავების სასიკეთო შედეგი.

● მცენარეული საფარის ზედაპირზე შეკავებული წვიმის ან თოვლის ნალექის აორთქლება შესაბამისად წყლის ან თოვლის ზედაპირიდან აორთქლების ანალოგიურია.

● ტ რ ა ნ ს პ ი რ ა ც ი ა ფიზიოლოგიური მოვლენაა, რომელიც აუცილებელია მცენარეულობის ზრდა-განვითარებისათვის. მასში გაერთიანებულია შემდეგი სამი პროცესი: ფესვებით ნიადაგის ტენისა და მასში გახსნილი მკვებავი ნივთიერებების შთანთქმა, შთანთქმული წყლის მოძრაობა ფესვებიდან ფოთლებისაკენ, ფოთლების ფორებიდან ქარბი წყლის აორთქლება.

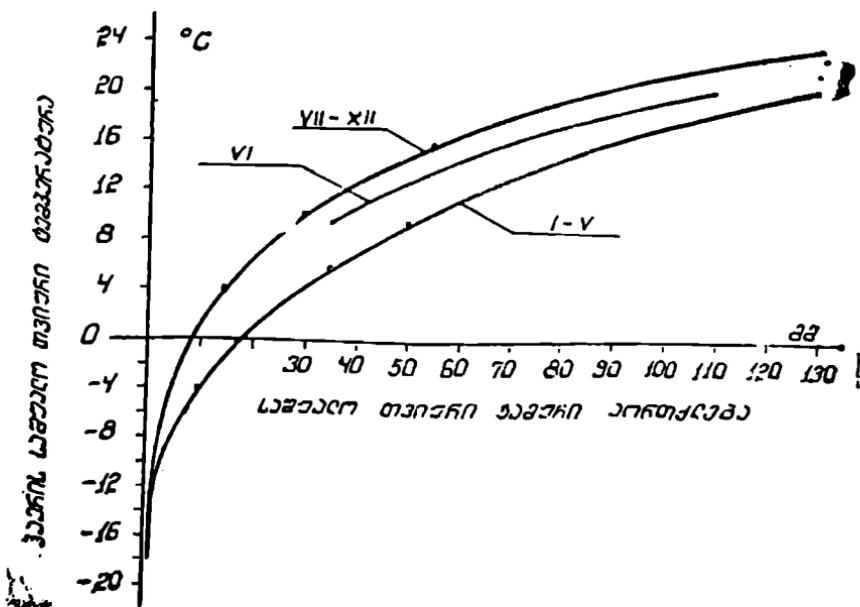
ტრანსპირაციული აორთქლება ხდება მხოლოდ მაშინ, როდესაც

ჭარემო პაერის ტენიანობა ჰცენარის ფოთლების ფორებში არსებულ ტენიანობაზე ნაკლებია; წინააღმდეგ შემთხვევაში პირობით, მცენარე შთანთქმავს პაერში არსებული წყლის ორთქლს.

ტრანსპირაციული (ფიზიოლოგიური) აორთქლების რაოდენობრივი შეფასებისათვის შემოაქვთ მცენარის ტრანსპირაციის კოეფიციენტის ცნება; ია წარმოადგენს დროის რაღაც პერიოდში ფოთლებიდან აორთქლებული წყლის მასის ფარდობის მცენარის მშრალი ნივთიერების ამავე პერიოდში ნამატის მსასთან. მაგალითად, ხორბლის, კარტოფილისა და ბამბისათვის ეს კოეფიციენტი იცვლება 300-დან 600-მდე, ფოთლოვანი ხეებისათვის 200-დან 650-მდე, წიწვოვანებისათვის 100 დან 250-მდე; ეს ციფრები ნათლად შიგვანიშნებენ თუ ფესვების მიერ შთანთქმული წყლის რა დიდი ნაწილი იხარჯება ფიზიოლოგიურ აორთქლებაზე.

♦ 2. 8. 5. ჯამური აორთქლება ხველათის ზედაპირიდან

ხველუთას საანგარიშო ტერიტორია (მდინარის აუზი) შეიძლება ერთდროულად მოიცავდეს აორთქლების ყველა ზემოთ აღწერილ ზედაპირს. ამ ასპექტში, ცალია, პრაქტიკულად შესაძლებელია მიოლოდ აორთქლე-



ნახ. 4. 6. მდინარის აუზიდან აორთქლების რაოდენობის გრაფიკები პ. კუზინის მიხედვით

ბის ჯამერი ოდენობით მანიპულირება. ყველაზე უფრო მარტივი და საკმაოდ ზუსტია ჯამერი აორთქლების საშუალო მრავალწლიური მნიშვნელობის ანუ აორთქლების ნორმის გამოთვლა წყლის ბალანსის (24) განტოლებიდან [14, 54]

$$Z_0 = X_0 - Y_0. \quad (4. 10)$$

თვის განმავლობაში აორთქლებული ტენის ჯამერი ოდენობა შეიძლება განისაზღვროს პ. კუზინის (ნახ. 4.4) ან ბ. პოლიაკოვის გრაფიკებიდან [9, გვ. 32; 54, გვ. 97; 55, გვ. 110].

4. 3. 6. აორთქლების განაწილება საბოთა კავშირის ტერიტორიაზე

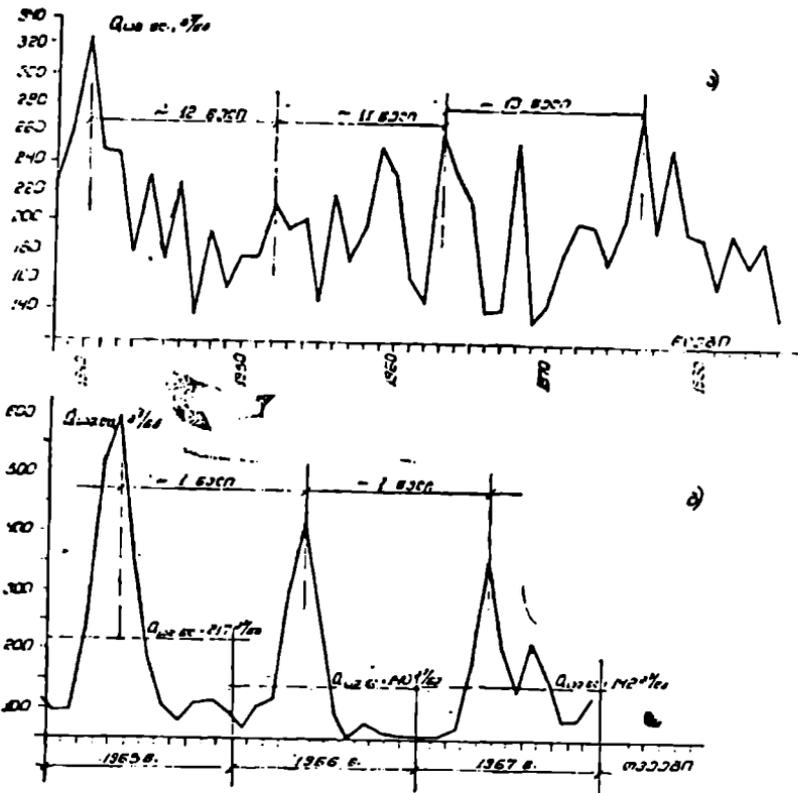
აორთქლების რაოდენობრივი მაჩვენებლების ტერიტორიული განაწილება ასევე არათანაბარია. პრაქტიკული ამოცანების ოპერატიულ; გადაწყვეტის და აორთქლების ვიზუალური წარმოდგენის მიზნით სახელმწიფო ჰიდროლოგიურმა ინსტიტუტმა შეადგინა ჯამერი აორთქლების წლიური მნიშვნელობების იზობარების რუკა [3, გვ. 93; 54, გვ. 100 55, გვ. 111].

აორთქლების ნორმის უდიდესი მნიშვნელობა აღინიშნება მდ. რიონის ხეობაში და შეადგენს ~ 800 მმ-ს წელიწადში.

V თავი

მდინარის ჩამონადენის რეჟიმი

წყლის ჩამონადენის მოცულობების, ხარჯებისა და დონეების დროში ცვალებადობა წარმოადგენს მდინარის წყლის რეჟიმს. გამოკვლეულია მდინარის წლიანობის ცვალებადობის ციკლური ბასიათი მრავალწლიური და წლიური ხანგრძლივობით (ნახ. 5.1). ჩამონადენის ცვალებადობის მრავალწლიანი ციკლები განპირობებულია ჰიდრომეტეოროლოგიური ფაქტორების, უპირველესად კი ნალექებისა და აორთქლების ცვალებადობის ასევე მრავალწლიური ციკლურობით; გამოვლინებულია დაახლოებით 11 წლიანი ხანგრძლივობის ციკლების არსებობა. ჩამონადენის ცვალებადობის წლიური ციკლი წლის განმავლობაში ძირითადი კლიმატური ფაქტორების ცვალებადობისა და წყალშემკრებიდან მდინარის სისტემაში წყლების მოღინების დროში უთანაბრობის შედეგია.



ნახ. 5. 1. მდ. მტკვრის ხარცები 3/ს თბილისთან. ა-საშუალო წლიური ხარცების ჰიდროგრაფი; ბ-საშუალო თვიური ხარცების ჰიდროგრაფი.

§ 5. 1. მდინარის კვაპის სახეობი

მდინარის წლიური ჩამონადენის რეჟიმი განისაზღვრება მდინარის წყლით კვების ხასიათით. მდინარეთა კვების ძირითადი წყაროებია: წვიმები, თოვლი, მიწისქვეშა წყლები, მყინვარები, ტბები და კაობები.

ბუნებაში იშვიათია მხოლოდ ერთი ტიპის კვების წყალნაკადი; მდინარეების ფორმირებაში სხვადასხვა თანაფარდობით ერთდროულად მონაწილეობს კვების რამდენიმე წყარო ანუ მდინარის უმეტესობა ხასიათდება შერეული კვებით. მიუხედავად მდინარეთა კვების შერეული ხასიათისა, მასში ყოველთვის შეინიშნება კვების ის წყარო, რომელიც ძირითადში განსაზღვრავს მდინარის საერთო ჩამონადენს. მ. ლევიჩის კლასიფიკაციით, თუ კვების რაღაც წყაროზე მოდის მდინარის წლიური ჩამონადენის 80%-ზე მეტი, მაშინ ასეთ მდინარეს „თითქმის განსაკუთრებული“ მდინარეობა უწოდებენ.

რებით" ამ კვების ტიპს მიაკუთვნებენ; როდესაც კვების მთავარი წყაროს წილი შეადგენს 50... 80%-ს მოიშველიებენ ტერმინს „უპირატესად“; თუკი ის არ აღემატება 50% ს ლაპარაკობენ, რომ მდინარის შერეულ კვებაში „ჭარბობს“ ესა თუ ის კვების წყარო.

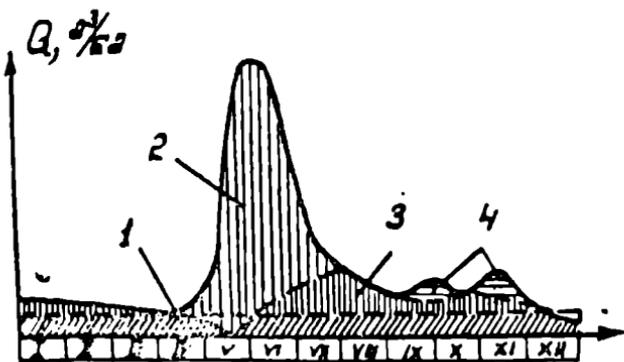
საბჭოთა კავშირის მდინარეთა უმრავლესობა ხასიათდება შერეული კვებით, რომელშიც კაობობს თოვლით კვება (ევროპული ნაწილის დასავლეთი და ჩრდილო-დასავლეთი, ჩრდილოეთი კავკასიონი, ჩრდილოეთი ალტაი). უპირატესად თოვლის კვების კატეგორიას მიეკუთვნება საბჭოთა კავშირის თითქმის ნახევარი ტერიტორიის მდინარეები (ევროპული ნაწილის დიდი მდინარეები, ობისა და ენიციის აუზები, ლენას მარცხენა შენაკადები). თითქმის განსაკუთრებით თოვლით კვება აქვთ ჩრდილოეთი ყაზახეთის მდინარეებს, წყალნაკადებს მდ. დნეპრის ქვემო წელსა და აზოვის ზღვას შორის.

წვივით კვების მდინარეებს საბჭო მდინარეებს, რომელთა შერეულ კვებაში კარბობს, უპირატესია ან თითქმის განსაკუთრებულია წვიმის ჩამონადენის წილი) უკავიათ ბაიკალის ტბის აღმოსავლეთი ტერიტორია მდ. ამურის აუზის ჩათვლით; ასეთი მდინარეები გვხვდება შავიზღვისპირეთსა და ყირიმში.

ყინულით კვების მდინარეები იმყოფება დიდ კავკასიონსა და შუა აზიის მთიან რაიონებში.

მიწისქვეშა წყლებით კვების მდინარეები დამახასიათებელია მცირე კავკასიონისა და შტკვარ-არაქსის მთისწინა უბნებისათვის.

მდინარეთა ჩამონადენის ფორმირების ხასიათის შესასწავლად და სხვადასხვა პილროლოგიურა პროცესებისა თუ სიდიდეების პროგნოზისათვის ხშირად საჭიროა ჩაოდენობრივად შევაფასოთ მდინარეების შერეულ კვების შემადგენელი თითოეული წყაროს წილი. გრაფიკულად ასეთი გადაწყვეტა გამოიხატება მდინარის პილროგრაფის დანაწევრებით კვების წყაროების შესაბამისად (ნახ.5. 2).



ნახ. 5. 2. პილროგრაფის კვების წყაროების შესაბამისად დანაწევრების მიაგალით. 1—ღრმა გრუნტის წყლებით კვება; 2—თოვლის წყალდიდობა; 3—ზედა გრუნტის წყლებით კვება; 4—წვიმის წყალმოვარდნები.

შიუხედავიდ განსხვავდრელი ფაქტორების დიდი სიმრავლისა და მრავალფეროვნებისა მდინარის წელიწადობის წლიურ რეჟიმში (ანუ, რაც იგივეა, მდინარის ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილებაში) გამოიყოფა წლიდან-წლამდე განმეორებადი პერიოდები ანუ ფაზები: წყალდიდობა, წყალმოვარდნა და წყალმცირობა.

● წყალდიდობა მდინარის წელიწადობის ის ფაზაა, რომელიც ხასიათდება მნიშვნელოვანი და შედარებით ხანგრძლივი წყალუხვობით. ჩვეულებრივ, წყალდიდობისას წყალნაკადის ოცხალი კვეთი მოცავს როგორც ძირითად, ასევე კალა კალაპოტს.

განასხვავებენ გაზაფხულის და ზაფხულის წყალდიდობებს: პირველი გაზაფხულზე თოვლის დნობის შედეგია, ხოლო მეორე — თოვლისა და მყინვარის დნობისა ზაფხულში. ასე რომ, წყალდიდობის ფაზის ძირითადი მაფორმირებელი წყაროა ზამთრის განმავლობაში მდინარის აუზში დაგროვილი თოვლი.

მდინარეზე წყალდიდობის დასაწყისად მიიჩნევენ შესაბამის პირობებებზე წყლის ხარჯის ინტენსიური მომატების თარიღს. უფრო პირობითაა მდინარეზე წყალდიდობის დასასრულის ცნება (მაგალითად, ასეთად შეიძლება მივიჩნიოთ თარიღი, რომლიდანაც საანგარიშო კვეთში მდინარეში წყლის დონე აღარ აღემატება წყალდიდობის დასაწყისის დონეს). წყალდიდობის ხანგრძლივობის ძირითადში განსაზღვრავს მდინარის აუზში დაგროვილი თოვლის რაოდენობა, დნობის ხასიათი (ინტენსიურობა, ხანგრძლივობა) და მდინარის საანგარიშო კვეთამდე წყალშემკრებიდან მდინარი წყლების ჩავლის დრო.

წყალდიდობის პერიოდზე მოდის მდინარისათვის დამახასიათებელი მაქსიმალური ხარჯები. მათ რაოდენობრივ თუ ფისებრივე ხასიათის განსაზღვრავს მდინარის აუზში თოვლის შარავი, დნობის ინტენსიურობა, წვიმების რაოდენობა წყალდიდობის პერიოდში, ჰაერისა და გრუნტის ტენიანობა, ნიადაგისა და გრუნტების ჩაყენვის სიღრმე, ყინულის საფარის არსებობა. რა თქმა უნდა, ამ ფაქტორების ჩამონადენთან დამოკიდებულების ხასიათი სხვადასხვაა და ამ ხასიათების ერთობლივ დამთხვევის აღბეჭობა განაპირობებს მაქსიმალური ხარჯების ოდენობის წლიდან-წლამდე ცვალებადობას. წყალდიდობის ფაზაში გამოყოფენ

წყალიდობის აწევის და კლების ხანგრძლივობას. მათ შორის ფარდობა შეადგენს 1:2... 1:4-ს.

● წყალმოვარდნას უწოდებენ მდინარეში წყლის ხარჯისა და დონის ფრიალ ინტენსიურ მატებას დროის შედარებით ხანმოკლე პერიოდში. წყალმოვარდნა თოვლის სწრაფი დნობისა და ხანგრძლივი თავსება წვიმების შედეგია. წყალიდობისაგან განსხვავებით, რომელიც ხასიათდება მყარი ციკლორობითა და ვადებით, წყალმოვარდნა შესაძლებელია წლის ნებისმიერ დროს. ზოგიერთ მდინარეზე აღინიშნება ზამთრის წყალმოვარდნებიც. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება წყალმოვარდნის წინა პერიოდში ნიადაგისა და გრუნტის ღატენიანების ხარისხს, წვიმების მახასიათებლებს, წყალშემკრების ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებს. მაგალითად, გაზაფხულზე თოვლის დნობის შედეგად ნიადაგი მაქსიმალურადაა გაჯერებული ტენით, ამიტომ თავსებებისა თუ თავსება წვიმების უდიდესი ნაწილი ხმარდება წყალმოვარდნის ფორმირებას. ამ დროს ჩამონადენის კოეფიციენტი (§ 6. 1) 0,8... 0,9-ს აღწევს.

წყალმოვარდნის კლებისა და აწევის ხანგრძლივობის ფარდობა პირდაპირ დამოკიდებულებაშია მდინარის სიდიდესთან და ცვალებადობს 2-დან 7-მდე.

● წყალმცირობა მდინარის წლიური რეჟიმის ფაზაა, რომელიც ხასიათდება მდინარეში მცირე ხარჯებითა და დაბალი დონეებით. შედარებით პატარა მდინარეებში შესაძლებელია წყლის ხარჯის ნულამდე შემცირება: ჩრდილოეთის მკაცრ კლიმატურ პირობებში ამის მიზეზია მდინარეების გაყინვა მთელ სიღრმეზე, ხოლო ხმელეთის ცხელ და მშრალ რაიონებში — ნალექების მკვეთრი და ხანგრძლივი შემცირება. წყალმცირობის პერიოდში იკლებს, ზოგჯერ კი მთლანად წყდება მდინარის აუზიდან ზედაპირული წყლების ჩამონადენი და მდინარე ძირითადად მხოლოდ გრუნტის წყლებით იკვებება. ზომიერ და მაღალ განედებზე მდინარეებს ხასიათდება ზამთრისა და ზაფხულის წყალმცირობით. წყალმცირობის ვადები და ხანგრძლივობა მრავალი ზონალური თუ აზონალური პირობების შედეგია და ამიტომ ძნელია მათი კლასიფიკაცია.

§ 5. 3. მდინარის დონის რეჟიმი

მდინარის დონესა და წყლიანობას შორის არსებობს პირდაპირი დამოკიდებულება, ამიტომ მდინარის წყლის რეჟიმის ყველა თვისება (ცეკლორობა, ფაზები) დამახასიათებელია წყლის დონის რეჟიმისთვისაც.

წყლის დონის, როგორც მდინარის წყლიანობის მახასიათებლის პრაქტიკული მნიშვნელობა დიდია: პიდრომეტრიულ საგუშაგოებსა და სადგურებში მის საფუძველზე ანგარიშობენ საშუალო დღელამურ ხარჯებს, წყალიდობისა და წყალმოვარდნის უმაღლესი დონეები კარნახობენ

ბენ პილოტეჟნიკური ნაგებობების სიმაღლით ნიშნულებს, ნაოსნობისთვის საჭიროა წყალმცირობის მინიმალური დონეების ცოდნა, ზამთრის წყალმცირობის დონეები განაპირობებენ მდინარიდან წყლის მიღების ხასიათს და სხვ. საერთოდ, წყალსამეურნეო მშენებლობისათვის საჭიროა განისაზღვროს წელიწადში წყლის უმაღლესი, გაზაფხულისა და შემოდგომის ყინულსელების უმაღლესი, ზაფხულისა და შემოდგომის წყალმოვარდნის უმაღლესი, ზაფხულისა და ზამთრის წყალმცირობის უდაბლესი დონეები. წლის განმავლობაში დონეთა ცვალებადობის ამპლიტუდა დიდ მდინარეებში აღწევს ათეულ მეტრებს. მაგალითად, ენსეიზე და ლენაზე იგი შეადგენს 17...20 მ-ს.

გარდა მდინარის წყლიანობისა არსებობს დონეთა ცვალებადობის სხვა მიზეზობრივი ფაქტორებიც: მდინარეები, რომლებიც ტბებიდან გამოედინება, ხასიათდება დონეების ცვალებადობის მცირე ამპლიტუდით; ასეთივე მარეგულირებელ ზეგავლენას ახდენს მდინარის ხეობის ქალაქალაქოტი — რაც უფრო დიდია ქალაქი, მით უფრო ნაკლებია დონეთა ცვალებადობის ამპლიტუდა; წყლის დონეების რეჟიმი მნიშვნელოვნად შეიძლება შეიცვალოს ყინულის წარმოქმნისა და მცენარეების ამოზრდის პროცესში; ხშირად აღვილი აქვს ყინულბერგოების განვითარებას, რის შედეგადაც მკვეთრად იცვლება წყლის სიღრმეები; ზღვის ნემოქციის მოვლენები იწვევს დონეთა ცვალებადობას მდინარის შესართავ უბანზე და სხვ.

§ 5. 4. მდინარეთა ტიპიზაცია მათი კვანძის სახეებისა და წყლის რეჟიმის შესაბამისად

მდინარეთა აქამდე განხილული კლასიფიკაციისაგან განსხვავებით წყალნაკადების ტიპიზაცია მათი კვების სახეებისა და წყლის რეჟიმის შესატყვისად გვეხმარება პირობოლოგიურად აღვწეროთ ნაკლებად შესწავლილი და შეუსწავლელი მდინარეებიც კი, რამეთუ კვებისა და წყლის რეჟიმის თავისებულებანი წყალშემკრების ფიზიკურ-გეოგრაფიული (უპირველესად კლიმატური) და დედამიწის ქვედაფენი ფაქტორების უშუალო შედეგია. მდინარეთა ტიპიზაციის ეს მეთოდი სათავეს იღებს ა. ვოიკოვის შრომებიდან, რაც შემდგომში განავითარეს ბ. ზაიკოვმა, მ. ლევიჩმა, პ. კუზინმა.

ბ. ზაიკოვი საბჭოთა კავშირის მდინარეებს აჯგუფებს 10 ტიპად; ამ დაჯგუფებას საფუძვლად უდევს მდინარის წყლის რეჟიმის ანუ ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილების ხასიათი [2, გვ. 121; 3, გვ. 146; 14 გვ. 19; 46. გვ. 386]. თუ დავძენთ, რომ წყლის რეჟიმი ძირითადად მდინარის კვების ხასიათით განისაზღვრება, სახეზეა ტიპიზაცია კვებისა და წყლის რეჟიმის მიხედვით. ამ კლასიფიკაციის შესაბამისად საბჭოთა კავშირში

ვფორის მდინარეებში შეიძლება მივაკუთვნოთ მდინარეთა რომელიმე ტიპს შემდეგი დაჯგუფებიდან: ყაზახეთის, აღმოსავლეთ ევროპული, დასავლეთ ციმბირის, აღმოსავლეთ ციმბირის, ალტაის, შორეული აღმოსავლეთის, ტანშანის, შავიზღვისპირეთის, ყირიმის, ჩრდილოეთ კავკასიონის.

ცხადია, ნებისმიერი ტიპიზაცია არ შეიძლება იყოს ყოვლისმომკვე-
ლი მომკმედი ზონალური თუ აზონალური ფაქტორების სიმრავლისა და მრავალფეროვნების გამო. ეს უპირველესად ეხება დიდ მდინარეებს, რო-
ნელთა კეებისა თუ წყლის რეჟიმის ხასიათი იცვლება სათავიდან შესარ-
თავისაკენ (მაგალითად, მდ. ობი, ენისეი, ლენა, ამური).

VI თავი

მდინარის ჩამონადენის რაოდენობრივი მახასიათებლები

§ 0. 1. ჰიდროლოგიური მახასიათებლები მდინარის ჩამონადენის რაოდენობრივი შესახებინათვის

მდინარეში წყლის ჩამონადენის რაოდენობრივი შეფასებისათვის მიღებულია შემდეგი ძირითადი ჰიდროლოგიური მახასიათებლები [3, 8, 14, 38, 55]: წყლის ხარჯი Q ($მ^3/წმ$), წყლის ჩამონადენის მოცულობა W ($მ^3$), ჩამონადენის მოდული q ($მ^3/(წმ \cdot კმ^2)$), ჩამონადენის ფენა A ($მმ$), წყლის დონე H ($მ$). ისინი ახასიათებენ წყლიანობას მდინარის საანგარიშო კვეთში.

წყლის ხარჯი (Q) გამოსახავს მდინარის ჩამონადენის მოცულო-
ბას ერთ წამში და არის საშუალო სიდიდით დროის გარკვეულ ინტერ-
ვალში; ძირითადში იყენებენ საშუალო დღეღამური, საშუალო თვიური,
საშუალო წლიური, საშუალო მრავალწლიური ხარჯების ცნებას. დროის
ინტერვალისათვის წლამდე ისინი გამოითვლება საშუალო დღეღამური
ხარჯების საფუძველზე.

წყლის ხარჯს მიიჩნევენ მთავარ ჰიდროლოგიურ მახასიათებლად,
რადგან დანარჩენი ჰიდროლოგიური მახასიათებლები მისგან წარმოებუ-
ლია. წყლის ხარჯის დროში ცვალებადობას გრაფიკულად გამოსახავენ
და მას ჰიდროგრაფს უწოდებენ (ნახ. 5. 1).

მდინარის ჩამონადენის მოცულობა (W) წყლის ის რაოდენობაა,
რომელიც გაედინება მდინარის ცოცხალ კვეთში დროის საან-
გარიშო შუალედში; თუ Q წყლის საშუალო ხარჯია ამ შუალედში, მა-
შინ ჩამონადენის მოცულობა შეადგენს

$$W = Q \cdot T, \text{ მ}^3, \quad (6. 1)$$

სადაც T არის დროის საანგარიშო შუალედის ხანგრძლივობა, წმ.

ჩამონადენის მოდული (q) წარმოადგენს წყლის ჩაოდენობას. რომელიც ჩამოედინება მდინარის F წყალშემკრების ერთეული ფართობიდან ერთი წამის განმავლობაში

$$q = W / (T \cdot F) = Q / F, \text{ მ}^3 / (\text{წმ. კმ}^2). \quad (6. 2)$$

გარდა აღნიშნულისა, ჰიდროლოგიურ ლიტერატურაში ფართოდ იყენებენ ჩამონადენის მოდულის შემდეგ აღნიშვნასა და განზომილებას

$$M = Q \cdot 10^3 / F, \text{ ლ} / (\text{წმ. კმ}^2), \quad (6. 3)$$

სადაც 10^3 — განზომილების კოეფიციენტი.

ჩამონადენის ფენა (h) წყლის ის ჩაოდენობაა, რომელიც ჩამოედინება წყალშემკრები აუზის ერთეული ფართობიდან დროის გარკვეულ შუალედში

$$h = W / (F \cdot 10^3) = Q \cdot T / (F \cdot 10^3), \text{ მმ}. \quad (6. 4)$$

გეომეტრიულად h შეიძლება წარმოვიდგინოთ წყლის შრის სიმაღლედ ჩამონადენის W მოცულობის F ფართობზე თანაბრად განაწილების შემთხვევაში.

წყლის დონე (H) ფრიაღ მნიშვნელოვანი მახასიათებელია, რადგან ძირითადად მის საფუძველზე ხდება ჰიდრომეტეოროლოგიური სამსახურის ობიექტებზე მდინარეში წყლის სიღრმეებისა და ხარჯების განსაზღვრა.

ზემომოყვანილი გამოსახულებები გვაძლევს ზოგად დამოკიდებულებებს ძირითად ჰიდროლოგიურ მახასიათებლებს შორის. იმ შემთხვევაში, როდესაც ლაპარაკია დროის კონკრეტულ პერიოდზე, მაგალითად, ერთ წელიწადზე, მიზანშეწონილია მოხერხებული ტოლობების ჩაწერა

$$h_{\Sigma} = Q_{\Sigma} \cdot T_{\Sigma} / (F \cdot 10^3) = q_{\Sigma} \cdot T_{\Sigma} / 10^3 = 31\,536 \cdot 10^3 \cdot q_{\Sigma} \quad (6. 5)$$

ან

$$h_{\Sigma} = M_{\Sigma} \cdot T_{\Sigma} / (10^3 \cdot 10^3) = 31,536 \cdot M_{\Sigma}.$$

აქ $T_{\Sigma} = 31,536 \cdot 10^6$ არის წაძებვის რიცხვი წელიწადში

გარდა ძირითადი მახასიათებლებისა ჰიდროლოგიაში განიხილავენ მდინარის ჩამონადენის სხვა მახასიათებლებსაც.

ჩამონადენის კოეფიციენტი (α) წარმოადგენს ჩამონადენის ფენისა (h) და მდინარის აუზში მოსული ნალექების (X) ფარდობას

$$\alpha = h / X. \quad (6. 6)$$

ეს მახასიათებელი გვიჩვენებს თუ წყალშემკრებ აუზში მოსული ნალექის რა ნაწილი ხმარდება მდინარის ფორმირებას ($0 < \alpha < 1$).

მოდულური კოეფიციენტი (k) გამოსახავს ნებისმიერი ძირითადი ჰიდროლოგიური მახასიათებლის (ინდექსი „ i “) ფარდობას მის ნორმისთან (ინდექსი „ 0 “)

$$k = Q_i / Q_0 = W_i / W_0 = q_i / q_0 = h_i / h_0. \quad (6. 7)$$

მოდულური კოფიციენტი აბასიათებს მდინარის წყლიანობას დროის საანგარიშო შუალედში (წელიწადი, სეზონი, თვე). პირობა $k > 1$ ან $k < 1$ მიკვეთითებს მდინარეში წყალზე ან წყალქვეშ ჩაჰონადენზე; პირობა $k = 1$ აღნიშნავს საშუალო წყლიანობას.

ჩამონადენის ბუნებრივი დარეგულირების კოეფიციენტი (φ) აბასიათებს ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილების უთანაბრობას; მისი დადგენა შესაძლებელია ჰიდროგრაფის მიხედვით

$$\varphi = \omega_1 / \omega, \quad (6. 8)$$

სადაც ω_1 — ჰიდროგრაფის იმ ნაწილის ფართობია, რომელიც მოთავსებულია საშუალო წლიური ხარჯის ქვემოთ (ნახ. 5. 1, ბ);

ω — მთელი ჰიდროგრაფის ფართობი.

ჰიდროლოგიურ გაანგარიშებათა პრაქტიკაში ჩვენდება მდინარის ჩამონადენის რაოდენობრივი მახასიათებლების განსაზღვრა დროის სხვადასხვა შუალედებისათვის (დღე-ღამე, თვე, სეზონი); ყველაზე საჭირო და საინტერესო შუალედი კი წელიწადია. წყლის რაოდენობას, რომელიც გაივლის მდინარის საანგარიშო განიკვეთებში ერთი წლის განმავლობაში წლიური ჩამონადენი ეწოდება.

§ 6. 2. წლიური ჩამონადენის ნორმა

ზემოთ, ზოგიერთი ჰიდროლოგიური სიდიდის განსაზღვრისას, დაგვიპირდა ცნება „ნორმის“ გამოყენება. საერთოდ, თუ გვაქვს რაიმე სიდიდის მნიშვნელობათა რიგი, მაშინ ამ სიდიდის ნორმა ეწოდება რიგის საშუალო არითმეტიკულს; ამასთან რიგის სიგრძე საქმარისი უნდა იყოს იმისათვის, რომ ნორმა (საშუალო არითმეტიკული) პრაქტიკულად უცვლელი დარჩეს რიგის შემდგომი გაზრდის შემთხვევაში. ჰიდროლოგიური სიდიდეების ნორმის საანგარიშოდ უკვე მარტო დაკვირვებათა რიგის სიგრძეა (ხანგრძლივობის) უზრუნველყოფა არაა საკმარისი; დაკვირვებათა მრავალწლიანი პერიოდი უნდა მოიცავდეს მდინარის წყლიანობის ცვალებადობის ცვალების (ნახ. 5. 1, ა) ლუწ რაოდენობას (არანაკლებ ორისა). ამ კრიტერიუმის აუცილებლობა ნათელი განდება თუ გავიხსენებთ, რომ ყოველი მრავალწლიანი ციკლი შედგება უხვეწყლიანი და მციორწყლიანი ფაზებისაგან.

წლიური ჩამონადენის ნორმა არის მდინარის წყლიანობის ძირითადი და მყარი მახასიათებელი, რომლისაგანაც, როგორც ერთგვარი ჰიდროლოგიური „რეპერტიანი“, გამომდინარეობს სხვა ჰიდროლოგიური მახასიათებლები. წლიური ჩამონადენის ნორმა შეიძლება გამოისახოს საშუალო წლიური ხარჯის (Q_0), წლიური ჩამონადენის (W_0), ჩამონადენის მოდულისა (q_0) ან ჩამონადენის ფენის (h_0) სახით.

როდესაც ლაპარაკობენ ღრის რაღაც შრავალწლიან პერიოდში არსებულ დაკვირვებათა შედეგად მიღებულ ჩამონადენის ნორმაზე, ვარაუდობენ, რომ ღრის ამ პერიოდში საანგარიშო ტერიტორიის (მდინარის აუზის) კლიმატური თუ ფიზიკურ-გეოგრაფიული თვისებების საშუალო ჩაოდენობრივი შახასათებლები პრაქტიკულად უცვლელია; ასეთი მსჯელობის საფუძველი შით მეტია, რაც უფრო ხანგრძლივია გასაშუალების ანუ ჩამონადენის ნორმის განსაზღვრის ღრის მონაკვეთი. აღნიშნული დაშვება უფლებას გვაძლევს ჩამონადენის ნორმა საანგარიშო ტერიტორიისათვის პრაქტიკულად მყარ სიდიდედ შივიჩნით და, უფრო მეტიც, ნორმის განსაზღვრული მნიშვნელობით ვიმსჯელოთ ჩამონადენზე მომავალ პერიოდში.

ჩავწეროთ მდინარის აუზის წყლის ბალანსის (2. 4) განტოლება ჩამონადენის ნორმის შიმართ

$$Y_0 = X_0 + Z_0 \quad (6. 9)$$

და დავრწმუნდებით, რომ ჩამონადენის ნორმა წყლის ზედაპირული ჩამონადენის განსაზღვრელი ძირითადი კლიმატური ფაქტორების — ნალექებისა და აორთქლების ნორმის ფუნქციაა.

იმისდა მიხედვით, თუ როგორია საანგარიშო მდინარის შესწავლილობის დონე, განარჩევენ წლიური ჩამონადენის ნორმის განსაზღვრის სამ შემთხვევას: პიდრომეტრიული დაკვირვებები არსებობს და საკმარისია, პიდრომეტრიული დაკვირვებების რიგი არაა საკმარისი. პიდრომეტრიული დაკვირვებები სრულებით არ არსებობს.

6. 2. 1. პიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არსებობის შემთხვევა

ვთქვათ, საანგარიშო მდინარე საკმაოდ შესწავლილია და ხელთაა წლიური ჩამონადენის მნიშვნელობათა რიგი შრავალწლიანი პერიოდისათვის (n წელი) [9, გვ. 44]; დაკვირვებათა მოცემული რიგი რეპრეზენტატულია (წარმომადგენლობითია), რამეთუ დაკვირვებათა პერიოდი მოიცავს მდინარის წელიანობის შრავალწლიანი ციკლების ლუწ რაოდენობას. შევამოწმოთ დაკვირვებათა პერიოდის ხანგრძლივობა ანუ დაკვირვებათა წლების რაოდენობის საკმარისობა იმისათვის, რომ წლიური ჩამონადენის ნორმად შივიჩნით დაკვირვებათა რიგის საშუალო არითმეტიკული

$$\bar{Q} = \sum_1^n Q_i/n, \quad (6.10)$$

სადაც Q_i არის წლიური ჩამონადენის მნიშვნელობები დაკვირვებათა n — წლიან რიგში;

ასეთი შემოწმება შესწავლილი მდინარეების შემთხვევაშიც ყოველთვის სიკარაა, რადგან მდინარეზე დაკვირვებათა რიგის სიგრძე, ჩვეულებრივ, არ აღემატება 60...80 წელწადს, ძირითადად კი შეადგენს 20...40 წელს. ამიტომ მოცემული n რიგის საშუალო არითმეტიკულ \bar{Q} შეიძლება განსხვავდებოდეს საინგარიშო მდინარის წლიური ჩამონადენის Q_0 ნორმის ქეშმარიტ მნიშვნელობისაგან

$$Q_0 = \bar{Q} + \sigma_Q. \quad (6.11)$$

აქ σ_Q არის საშუალო კვადრატული ცდომილება; ცდომილებათა თეორიის საფუძველზე

$$\sigma_Q = \pm \sigma / \sqrt{n}, \quad (6.12)$$

სადაც σ — წლიური ჩამონადენის Q_0 მნიშვნელობათა საშუალო კვადრატული გადახრაა

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(Q_0 - \bar{Q})^2}{n-1}}. \quad (6.13)$$

საშუალო კვადრატული ცდომილება σ_Q განზომილებიანი სიდიდეა. უგანზომილებო ფორმის მისაღებად შემოაქვთ ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილების ცნება:

$$\sigma_n = \frac{\sigma_Q}{\bar{Q}} \cdot 100 = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n} \cdot \bar{Q}} \cdot 100 = \pm C_n \cdot \frac{100}{\sqrt{n}} \%. \quad (6.14)$$

აქ C_n არის ვარიაციის კოეფიციენტი (§7.1), რომელიც განსაზღვრება უშუალოდ დაკვირვებათა მონაცემების მიხედვით.

ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილების ზღვრული მნიშვნელობა განსაზღვრულია ნორმატიული ლიტერატურით [9, 38]: $[\sigma_n] = \pm(5 \dots 10)\%$.

ესე რომ, დაკვირვებათა წლების n რაოდენობის საკმარისობა გამოიხატება პირობით

$$\sigma_n = \left| C_n \cdot \frac{100}{\sqrt{n}} \right| \leq [\sigma_n] = (5 \dots 10) \%. \quad (6.15)$$

თუ მდინარეზე დაკვირვებათა რიგი აკმაყოფილებს (6.15) პირობას, მაშინ რიგის n სიგრძე ჩაითვლება საკმარისად და ჩამონადენის ნორმა გამოითვლება როგორც რიგის საშუალო არითმეტიკულ (6.10)-ის მიხედვით.

ჰიდროლოგიურ გაანგარიშებათა პრაქტიკაში ხშირია მდინარეზე დაკვირებათა შედარებით მოკლე რიგები. ამ შემთხვევაში ჩამონადენის ნორმის განსაზღვრა უშუალოდ რიგის (6. 10) საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობით არ შეიძლება, რადგან არ იქნება უზრუნველყოფილი (6. 15) პირობა.

ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არასაკმარისობის შემთხვევაში [9. გვ. 55] მოკემულ მოკლე რიგის მნიშვნელობით შედგენილი საშუალო წლიური ჩამონადენი დაკავით საანგარიშო მრავალწლიან პერიოდამდე მდინარე-ანალოგების მეშვეობით.

მდინარე-ანალოგის შერჩევისას მნიშვნელობაში უნდა იქნეს მიღებული საანგარიშო და მდინარე-ანალოგის წყალშემკრებების შესაძლო სიბზლოვე, კლიმატური პირობების მსგავსება, ჩამონადენის ფორმირების ერთგვაროვნება, ნიადაგისა და ჰიდროლოგიური პირობების ტიპობა, ტბიანობის, დაქობების, დასახლებისა და ნიადაგის დამუშავების რაოდენობრივი ერთნაირობა; წყალშემკრებთა ფარდობა არ უნდა აღემატებოდეს 10 ს, ხოლო ტერიტორიის საშუალო სიმაღლეებს შორის სხვაობა — 300 მ-ს.

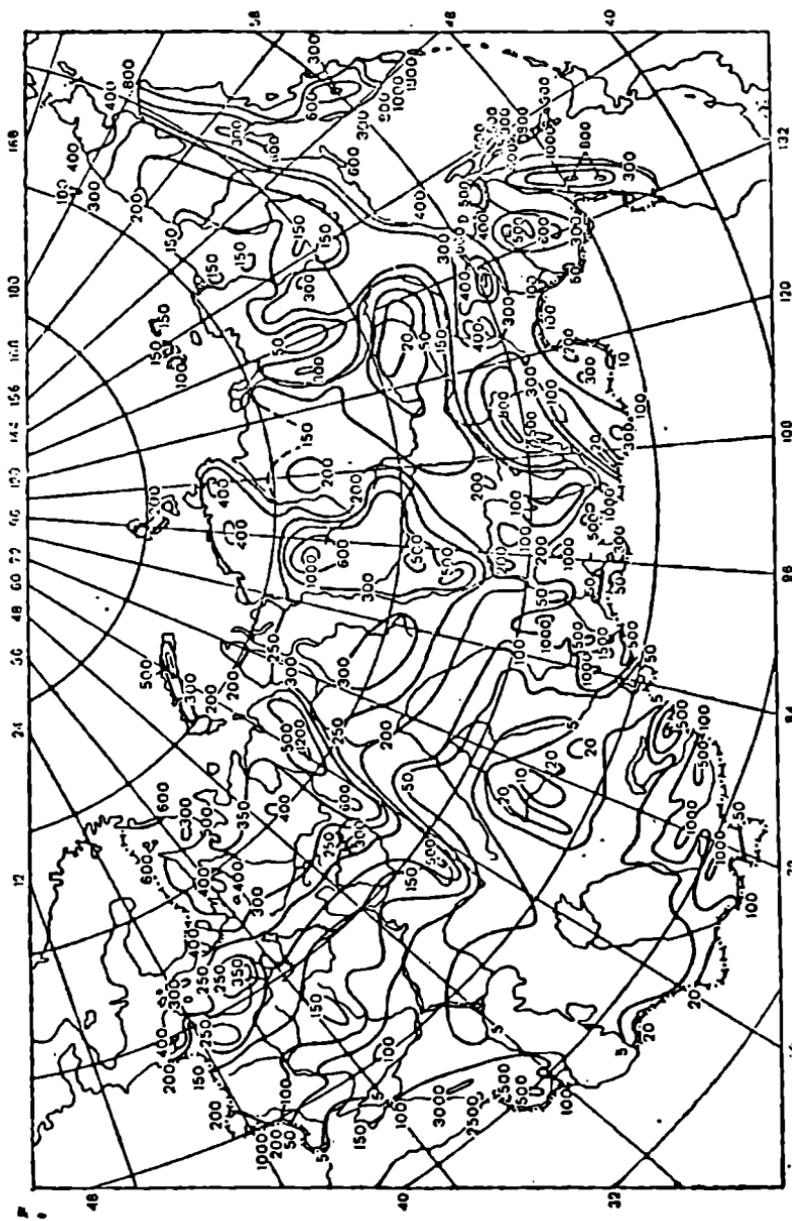
6. 3. ჰიდრომეტრიულ ლაპვირვაებათა არასაკმარისობის შემთხვევა

არის მდინარეები (მეტწილად პატარა), რომლებიც სრულიად არ არიან შესწავლილი. ამ შემთხვევაში მიმართავენ შედარებით უფრო მიახლოებით მეთოდებს [9, გვ. 69].

● საანგარიშო ტერიტორიის (მდინარის აუზის) წლიური ჩამონადენის ნორმის დადგენა შესაძლებელია წლიური ნორმების იზოხაზების რუკის (ნახ.6.1) საფუძველზე. ასეთი რუკები აგებულია საბჭოთა კავშირისა და მისი ცალკეული ტერიტორიებისათვის [3, გვ. 130; 32, დანართი 1]. იზოხაზების მეთოდი შეიძლება გამოვიყენოთ მხოლოდ საორიენტაციო შეფასებისათვის. მისი სიზუსტე მცირდება წყალშემკრების ფართობის შემცირებასთან ერთად. სიზუსტის გაზრდის მიზნით მიმართავენ სხვადასხვა ემპირიულ ხერხებს [3, გვ. 129], საერთოდ კი იზოხაზების რუკის გამოყენებით წლიური ჩამონადენის ნორმის განსაზღვრის უამრავი ცდომილება მერყეობს 8... 25% ფარგლებში.

● იმ შემთხვევაში, როდესაც შესაძლებელი ხდება საანგარიშო მდინარის აუზში ნალექებისა (X_n) და აორთქლების (Z_n) წლიური ნორმების გაანგარიშება, ჩამონადენის Y_n წლიური ნორმა უშუალოდ გამოდის აუზის წყლის ბალანსის (6.9) განტოლებიდან.

● თუ საანგარიშო აუზის ახლოს არსებობს ჰიდროლოგიურად შესწავლილი მდინარე და მათი კლიმატურ-გეოგრაფიული თვისებები დაახ-



ნახ. 6.1. სსრ კავშირის ტერიტორიაზე წლიური ჩამონადენის ნორმის (მმ) განაწილების რუკა.

ლოებით ანალოგიურია, მაშინ შესაძლებელია შესწავლილი მდინარე ანალოგის მონაცემების გამოყენება.

● ხშირად, წლიური ჩამონადენის ნორმის განსაზღვრისათვის შიშართავენ ემპირიულ ფორმულებს. მაგალითად, მ. ველიკანოვისა და ლ. სოკოლოვსკის შრხედით

$$\frac{Y_0}{X_0} = 1 - \sqrt{\frac{d_0}{4,8}}; \quad (6.16)$$

ს. კრიციკისა და მ. ბენკელის ფორმულით

$$\frac{Y_0}{X_0} = \frac{11}{d_0^3 \sqrt{d_0 + 11}}. \quad (6.17)$$

აქ d_0 არის ტენიანობის დეფიციტის ნომერი.

მსჯელობა იმაზე, თუ რომელი აქ ნახსენები მეთოდი იძლევა უფრო ზუსტ შედეგს, ძნელია: ჰიდროლოგიურ ლიტერატურაში უპირატესობას ანიჭებენ მდინარე-ანალოგის ხერხს.

§ 6. 3. წლიური ჩამონადენის ნორმის განაწილება საგაოთა ქვეშირის ტერიტორიაზე

ასეთი განაწილების ნათელ წარმოდგენას იძლევა წლიური ჩამონადენის ნორმის იზოხაზების რუკა (ნახ. 6.1). თუ მას შევედარებთ ნალექების ნორმის რუკას (ნახ. 4.3) დაერწმუნდებით, რომ ჩამონადენის ნორმის განაწილება ძირითადად შეესაბამება ნალექების განაწილების ხასიათს; ნათლად შეიმჩნევა რელიეფის გავლენაც.

საბჭოთა ქვეშირის ტერიტორიაზე ჩამონადენის ნორმის საშუალო მნიშვნელობა შეადგენს 6,2 ლ/(წმ.კმ²)-ს. ყველაზე დიდი ჩამონადენი აღწევს 88,3 ლ/(წმ.კმ²)-ს (მდ. ჩხალთა, ამიერკავკასიის შავიზღვისპირეთი), ყველაზე დაბალი — 0,11... 0,15 ლ/(წმ.კმ²)-ს (ყაზახეთის დაბლობი, ყიზილყუმისა და ყარაყუმის უდაბნოები).

VII თავი

მდინარის ჩამონადენის საანგარიშო ჰიდროლოგიური მახასიათებლების განსაზღვრა

ჩამონადენის ნორმის განხილვისას აღვნიშნეთ, რომ ის არის პრაქტიკულად მყარი ჰიდროლოგიური მახასიათებელი. მისგან განსხვავებით მდინარის წლიური ჩამონადენი წლიდან წლამდე ცვალებადობს (ნახ. 5.1,ა), რადგან ასევე ცვალებადია მისი განმსაზღვრელი ფაქტორე-

ბი. ჩამონადენის ფაქტორების დროში ბუნებრივად ცვალებადობა აღინიშნება გარკვეულა კანონზომიერებით, ციკლურობით; მიუხედავად ამისა, ფაქტორების სიპრავლე, მათი ურთიერთგავლენის რთული ხასიათი, ჩამონადენზე რაოდენობრივი თუ თვისებრივი ზემოქმედების მრავალფეროვნება და განსხვავებული მიმართულება უფლებას გვაძლევს ჩამონადენის რაოდენობრივი მახასიათებლები მივიჩნიოთ შემთხვევით სიდიდეებად და ჰიდროლოგიურ გაანგარიშებათა შესასრულებლად მოვიშველიოთ ალბათობის თეორიისა და მათემატიკური სტატისტიკის ცნობილი მეთოდები. სათანადო ნორმატიულ ლიტერატურაში [32, 38] უპირველესად განხილულია მდინარეები ბუნებრივი (არადარეგულირებული) ჩამონადენით. ქვემოთ შეგვხვებით მხოლოდ ასეთ მდინარეებს; მაშინ ჰიდროლოგიური ძახასიათებლები შეიძლება მრეკუთენოთ ერთგვაროვანი შემთხვევითი სიდიდეების კატეგორიას.

მდინარის შესწავლილობას განსაზღვრავს ჩამონადენის ძირითად ჰიდროლოგიურ მახასიათებლებზე (Q , W , q ან h) მრავალწლიან ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა მოცულობა. ზოგადად საანგარიშო მდინარეზე ეს დაკვირვებები შეიძლება არსებობდეს, არსებობდეს არსაკმაო ოდენობით ან სრულებით არ არსებობდეს. ჰიდროლოგიური შეცნიერება იკვლევს და გვთავაზობს მეთოდებს, რომელთა მეშვეობითაც შესაძლებელია მდინარის ჩამონადენის საანგარიშო ჰიდროლოგიური მახასიათებლების განსაზღვრა მდინარის შესწავლილობის ყველა შესაძლო შემთხვევაში.

იმისათვის, რომ სრული წარმოდგენა ვიქონიოთ მდინარის ჰიდროლოგიურ ხასიათზე, საჭიროა ვიცოდეთ: საანგარიშო უზრუნველყოფის საშუალო წლიური ჩამონადენი და მისი შიგაწლიური განაწილება; გაზაფხულის წყალდიდობისა თუ წვიმის წყალმოვარდნის საანგარიშო უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯები, ჰიდროგრაფები და წყლის უდიდესი დონეები; ზამთრისა და ზაფხულის წყალმცირობის ხარჯები (დონეები). მათ გარეშე შეუძლებელია მდინარეზე წყალსამეურნეო თუ სხვა დანიშნულების საინჟინრო ნაგებობის განხორციელება.

ჰიდროლოგიურ გაანგარიშებათა მეთოდების სირთულე, საცნობარო-ინფორმაციული მასალის სიმრავლე, დასაბუთებული ვარიანტების შერჩევის აუცილებლობა და სხვა მიზეზების შეუძლებელს ხდის გაანგარის შეებათა განხორციელებას ელექტრონულ-გამომავლელი მანქანების გარეშე. საინჟინრო ამოცანების ამოხსნისათვის არსებობს ჰიდროლოგიურ გაანგარიშებათა სტანდარტული პროგრამები [32, დანართი 3].

§ 7. 1. წლიური ჩამონადენის განსაზღვრა

წლიური ჩამონადენის ნორმა ახასიათებს მდინარის საშუალო ჩამონადენს მრავალწლიან პერიოდში და თითქმის სრულებით არ ასახავს ჩამონადენის წლიდან-წლამდე ცვალებადობის ხასიათს. ასე რომ, წყალ-

საშუალო ამოცანების გადაწყვეტისას ჩამონადენის ნორმასთან ერთად აუცილებელია ვიცოდეთ კონკრეტული ამოცანის შესაბამისი უზრუნველყოფის საშუალო წლიური ხარჯის მნიშვნელობა. მოცემული საანგარიშო $\rho\%$ უზრუნველყოფის, ანუ ყოველწლიური აღმატების აღმატობის საშუალო წლიური ხარჯი ($Q_{p\%}$) აითვლება საშუალო წლიური ხარჯების უზრუნველყოფის თეორიული მრუდიდან. ამ მრუდის ასაგებად კი საჭიროა წინასწარ განისაზღვროს მისი სტატისტიკური პარამეტრები: დაკვირვებათა რიგის საშუალო არითმეტიკული \bar{Q} , რიგის ვარიაციის C , კოეფიციენტი, რიგის ასიმეტრიის C_s , კოეფიციენტი. მათი გაანგარიშების ხერხები და მეთოდები შეიარჩევა იმის და შესაბამისად დაკვირვებათა მონაცემები არსებობს, არასაკმარისია, თუ სრულებით არ არსებობს [3, 8, 9, 14, 23, 32, 37, 38, 48].

1. 1. ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არსებობის უზრუნველყოფა

ვთქვათ, საანგარიშო მდინარე ჰიდროლოგიურად კარგადაა შესწავლილი და გაგვანია საშუალო წლიური ხარჯების მნიშვნელობათა n -წლიანი რიგი

$$Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_{n-1}, Q_n. \quad (7.1)$$

საშუალო წლიური ხარჯების უზრუნველყოფის თეორიული მრუდის სტატისტიკური პარამეტრების განსაზღვრა უშუალოდ დაკვირვებათა (7.1) რიგის საფუძველზე შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, თუ დაკვირვებათა მოცემული პერიოდი „საკმარისია“, ანუ დაკვირვებათა პერიოდი რეპრეზენტატულია (წარმომადგენლობითია) და რიგის სიგრძე საკმარისი. როგორც ვიცით, დაკვირვებათა პერიოდი რეპრეზენტატულად ჩითვლება თუ იგი მოიცავს მდინარის წყლიანობის მრავალწლიანი ციკლების (ნახ. 5.1) ლუწ რაოდენობას; რიგის სიგრძის საკმარისობის განსაზღვრა კი შესაძლებელია რიგის სტატისტიკური პარამეტრების ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილების მნიშვნელობათა საფუძველზე [9, გვ. 140; 14, გვ. 123].

ჩამონადენის წლიური ნორმის განსაზღვრისას (§ 6. 2. 1) ასეთ კრიტერიუმად გამოვიყენეთ რიგის საშუალო მრავალწლიური მნიშვნელობების ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილება გამოსახული (6.14) ფორმულით

$$\sigma_{\bar{Q}} = \pm \frac{C_s}{\sqrt{n}} \cdot 100\%. \quad (7.2)$$

გარდა ამ პირობისა, (7.1) რიგის საკმარისობა ფასდება ვარიაციის კოეფიციენტის ფარდობითი საშუალო კვადრატული ცდომილების მიხედვით, რომელიც გაანგარიშება ფორმულით:

თუ ვარიაციის C , კოეფიციენტი გამოთვლილია მომენტების მეთოდით

$$\sigma_{C_1} = \frac{\sqrt{1 + C_1^2}}{\sqrt{2n}} \cdot 100\%; \quad (7.3)$$

თუ C , გამოთვლილია უდიდესი დამაჯერებლობის მეთოდით

$$\sigma_{C_2} = \sqrt{\frac{3}{2 \cdot n \cdot (3 + C_2^2)}} \cdot 100\%. \quad (7.4)$$

დაკვირვებათა რიგის სიგრძე ჩაითვლება დამაკმაყოფილებლად, როცა ერთდროულად სრულდება შემდეგი უტოლობები

$$\sigma_{\bar{Q}} \leq 5 \dots 10\%, \quad \sigma_{C_1} \leq 10 \dots 15\%. \quad (7.5)$$

როდესაც (7.1) რიგი რეპრეზენტატულია და მისი სიგრძე აკმაყოფილებს (7.5) პირობას, რიგის საშუალო არითმეტიკული (\bar{Q}) გამოსახავს რიგის Q_0 ნორმასაც და (6.10)-ის შესაბამისად გვექნება

$$\bar{Q} = \Sigma Q_i / n \approx Q_0. \quad (7.6)$$

საშუალო წლიური ხარჯების უზრუნველყოფის თეორიული მრუდი, როგორც წესი [32, 38], აიგება სამპარამეტრიანი გამა-განაწილების კანონით, სათანადო დასაბუთების საფუძველზე კი დასაშვებია ბინომიალური მრუდის გამოყენება [37]. თეორიული მრუდის $\bar{Q} = Q_0$ პარამეტრი გამოითვლება (7.6)-ის მიხედვით; ახლა ჩამოვყალიბოთ C_1 და C_2 პარამეტრების დადგენის მეთოდიც.

● სამპარამეტრიანი გამა-განაწილების მრუდის C_1 და C_2 პარამეტრების განსაზღვრა შესაძლებელია უდიდესი დამაჯერებლობის და მომენტების მეთოდით.

— უდიდესი დამაჯერებლობის მეთოდის გამოყენებისას ამ პარამეტრების რიცხვითი მნიშვნელობები აითვლება სათანადო ნომოგრამებზე λ_1 და λ_2 სტატისტიკების მიხედვით [14, დან. 3; 32, დან. 1; 38, დან. 1]:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_1 &= \sum_1^n \lg k_i / (n-1), \\ \lambda_2 &= \sum_1^n k_i \cdot \lg k_i / (n-1), \end{aligned} \right\} \quad (7.7)$$

სადაც k_i არის მოდულური კოეფიციენტი, $k_i = Q_i / \bar{Q}$.

— მომენტების მეთოდის შემთხვევაში C_1 და C_2 პარამეტრები გამოითვლება ფორმულებით

$$\left. \begin{aligned} C_0 &= \left(a_1 + \frac{a_2}{n} \right) + \left(a_3 + \frac{a_4}{n} \right) \cdot C_0 + \left(a_5 + \frac{a_6}{n} \right) \cdot \bar{C}_0, \\ C_0 &= \left(b_1 + \frac{b_2}{n} \right) + \left(b_3 + \frac{b_4}{n} \right) \cdot \bar{C}_0 + \left(b_5 + \frac{b_6}{n} \right) \cdot C_0. \end{aligned} \right\} (7.8)$$

აქ $a_1, a_2, \dots, a_6, b_1, b_2, \dots, b_6$ არის კოეფიციენტები, რომლებიც განისაზღვრება სათანადო ცხრილებიდან დაკვირვებათა დალაგებული (სტატისტიკური) რიგის მონაზღვრე წევრებს შორის ავტოკორელაციის კოეფიციენტის შესაბამისად [14, გვ. 125; 32, გვ. 16; 38, გვ. 19];

\bar{C}_0, \tilde{C}_0 — ვარიაციისა და ასიმეტრიის კოეფიციენტების გადაადგილებული შეფასებები:

$$\bar{C}_0 = \sqrt{\sum_1^n (k_i - 1)^2 / (n-1)}, \quad (7.9)$$

$$\tilde{C}_0 = n \cdot \sum_1^n (k_i - 1)^3 / [C_0^3 \cdot (n-1) \cdot (n-2)]. \quad (7.10)$$

სამპარამეტრიანი გამა-განაწილების მრუდის $Q_{p\%}$ ორდინატები უზრუნველყოფის სხვადასხვა $p\%$ მნიშვნელობებისათვის გამოითვლება ტოლობით [8]

$$Q_{p\%} = k_{p\%} \cdot \bar{Q}. \quad (7.11)$$

სადაც $k_{p\%}$ არის $p_{\%}$ უზრუნველყოფის მოდულური კოეფიციენტი და აითვლება სამპარამეტრიანი გამა განაწილების მრუდის ორდინატების სათანადო ცხრილიდან C_0 და C_0/C_0 პარამეტრების შესაბამისად [8, გვ. 90; 14, გვ. 455; 32, დან. 2, ცხრ. 3].

● ბინომიალური განაწილების მრუდის C_0 და C_0 პარამეტრების განსაზღვრა ხდება მომენტების მეთოდით ანუ (7.8) ფორმულებით.

ბინომიალური განაწილების მრუდის $Q_{p\%}$ ორდინატები უზრუნველყოფის სხვადასხვა $p\%$ მნიშვნელობებისათვის გამოითვლება (7.11) ტოლობით; ამ შემთხვევაში $p_{\%}$ უზრუნველყოფის მოდულური კოეფიციენტი შეადგენს

$$k_{p\%} = \Phi_{p\%} \cdot C_0 + 1, \quad (7.12)$$

სადაც $\Phi_{p\%}$ არის უზრუნველყოფის მრუდის ორდინატების ნორმირებული გადახრები საშუალო მნიშვნელობიდან, რომელიც აითვლება სათანადო ცხრილიდან C_0 -ის მიხედვით [8 გვ. 91; 14, გვ. 456; 32, გვ. 144].

● დაკვირვებათა (7.1) მონაცემების საფუძველზე შესაძლებელია საშუალო წლიური ხარჯების უზრუნველყოფის ემპირიული მრუდის აგება. ამისთვის Q_i ხარჯები უნდა დალაგდეს კლებადი მიმდევრობით და თითოეული ხარჯის ემპირიული p_i უზრუნველყოფა განისაზღვროს ს. კრიცისა და მ. ბენკელის ფორმულით [32, 36]

$$p = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%, \quad (7.13)$$

სადაც m არის Q_i ხარჯის რიგითი ნომერი სტატისტიკურ რიგში.

უკეთ შედარებისათვის საშუალო წლიური ხარჯების უზრუნველყოფის ემპირიული წერტილები, სამა რამეტრიანი გამა გამანაწილებისა და ბინომიალური განაწილების თეორიული მრუდები მიზანშეწონილია დავიტანოთ ერთი და იგივე ნახაზზე.

ხარჯის ემპირიული უზრუნველყოფის (p_i) მიხედვით შესაძლებელია წლებში ამ ხარჯის განმეორებადობის გაისაზღვრა; ჰიდროლოგიური სიდიდის (აქ ხარჯის) განმეორებადობაში გულისხმობენ N წელთა რიცხვს, რომლის განმავლობაშიც ჰიდროლოგიური სიდიდე (ხარჯი) განმეორდება საშუალოდ ერთჯერ. p_i -სა და N -ს შორის კავშირი გამოიხატება ფორმულებით

$$\left. \begin{aligned} N &= 100/p, \text{ როცა } p < 50\%, \\ N &= 100/(100-p), \text{ როცა } p > 50\%. \end{aligned} \right\} \quad (7.14)$$

1. 2. ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არასაკმარისობის შემთხვევა

ამ შემთხვევის ქვეშ იგულისხმება მოცემულ დაკვირვებათა პერიოდის არაწარმომადგენლობითობა და დაკვირვებათა სიგრძის არასაკმარისობა. ისეთ შემთხვევაში უზრუნველყოფის თეორიული მრუდის პარამეტრების (Q , C_1 , C_2) განსაზღვრა უშუალოდ დაკვირვებათა (7.1) რიგის მიხედვით უკვე აღარ შეიძლება და ჰიდროლოგიურ პრაქტიკაში მეტწილად მიმართავენ მდინარე-ანალოგის მონაცემების გამოყენებით მოცემული (არასაკმარისი) რიგის სტატისტიკური პარამეტრების გრძელვადიან პერიოდამდე დაყვანის ხერხებს. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს მდინარე-ანალოგის შერჩევას (§ 6. 2.2); შესასწავლი მდინარისა და მდინარე-ანალოგის ერთობლივ (პარალელურ) დაკვირვებათა წლების რაოდენობა არ უნდა იყოს 10-ზე ნაკლები. მეტი სიცხადისათვის დავძინოთ, რომ სტატისტიკური პარამეტრების გრძელვადიან პერიოდამდე დაყვანისას საქმე გვაქვს შემდეგ მონაცემებთან: მდინარე-ანალოგზე N წლიან დაკვირვებათა რიგი ($N > 50$), შესასწავლ მდინარეზე n წლიან დაკვირვებათა მონაცემები ($n < N$), ორივე მდინარეზე ერთობლივ დაკვირვებათა n' სიგრძის რიგი ($n' \leq n$; $n' \geq 10$); ამოცანის მიზანია

მათ საფუძველზე გამოვითვალთ არასაკმარისი რიგის გრძელვადიან N პერიოდამდე მიყვანილი სტატისტიკური პარამეტრები $\bar{Q}_N, C_{v,N}, C_{s,N}$.

● დაყვანილი საშუალო მრავალწლიური \bar{Q}_N ხარჯი გამოითვლება ფორმულით [32, 38]

$$\bar{Q}_N = \bar{Q}_{n'} + R \cdot \frac{\sigma_{n'}}{\sigma_{n',a}} \cdot (\bar{Q}_{n',a} - \bar{Q}_{n',a}), \quad (7.15)$$

სადაც $\bar{Q}_{n'}$, $\bar{Q}_{n',a}$ არის ერთობლივ დაკვირვებათა n' პერიოდში საანგარიშო მდინარისა და მდინარე-ანალოგის საშუალო არითმეტიკული;

$\bar{Q}_{n',a}$ — მდინარე-ანალოგის საშუალო მრავალწლიური ხარჯი N პერიოდში;

$\sigma_{n'}$, $\sigma_{n',a}$ — ერთობლივ დაკვირვებათა n' პერიოდში საანგარიშო მდინარისა და მდინარე-ანალოგის საშუალო წლიური ხარჯების საშუალო კვადრატული გადახრები; ფორმულა (6. 13);

R — ერთობლივ დაკვირვებათა n' პერიოდში საანგარიშო მდინარისა და მდინარე-ანალოგის საშუალო წლიურ ხარჯებს შორის კორელაციის კოეფიციენტი

$$R = \frac{\sum_1^{n'} (Q'_{n',a} - \bar{Q}_{n',a}) \cdot (Q'_{n'} - \bar{Q}_{n'})}{n' \cdot \sigma_{n',a} \cdot \sigma_{n'}}; \quad (7.16)$$

$Q'_{n'}$, $Q'_{n',a}$ — n' თობლივ დაკვირვებათა n' პერიოდში საანგარიშო მდინარისა და მდინარე-ანალოგის საშუალო წლიური ხარჯები.

● დაყვანილი $C_{v,N}$ ვარიაციის კოეფიციენტი შეადგენს

$$C_{v,N} = \frac{\sigma_{n'}}{\bar{Q}_N \cdot \sqrt{1 - R^2 (1 - \frac{\sigma_{n',a}^2}{\sigma_{n',a}^2})}}. \quad (7.17)$$

აქ σ , არის მდინარე-ანალოგის დაკვირვებათა N რიგის საშუალო კვადრატული გადახრა.

მიახლოებითი გაანგარიშებისას შესაძლებელია შედარებით უფრო მარტივად ფორმულის გამოყენება

$$C_{v,N} = C_{v,N,a} \cdot \frac{C_{v,n'}}{C_{v,n',a}}, \quad (7.18)$$

სადაც $C_{\nu, N, \alpha}$ — მდინარე ანალოგის დაკვირვებათა N რიგის ვარიაციის კოეფიციენტი;

$C_{\nu, n', C_{\nu, n', \alpha}}$ — ერთობლივ დაკვირვებათა n' პერიოდში საანგარიშო მდინარისა და მდინარე-ანალოგის საშუალო წლიური ხარჯების ვარიაციის კოეფიციენტები.

● დაყვანილი ასიმეტრიის $C_{\nu, N}$ კოეფიციენტის მნიშვნელობა განსაზღვრება ჰიდროლოგიურად ერთგვაროვან რაიონში მდინარე-ანალოგების C_{ν}/C_{ν} მნიშვნელობათა საშუალო არითმეტიკულით. თუ ჰიდროლოგიურად მსგავს რაიონში მდინარეებზე დაკვირვებები ასევე ხანმოკლეა და არ ხერხდება ტიპური ფარდობის შერჩევა, შესაძლებელია შემდეგი მიახლოებითი რეკომენდაციების მოშველიება [9, გვ. 146]:

ქარბი და ცელადი დატენიანების ზონებისათვის — $C_{\nu} = 2 \cdot C_{\nu}$; აჩასაკმარისი დატენიანების ზონებისათვის (ზოგიერთ წლებში ჩამონადენი სრულებით არ არსებობს) — $C_{\nu} = (1,5 \dots 1,8) \cdot C_{\nu}$.

1. 3. ჰიდრომეტიკულ დაპირებებთან ახარისხების შემთხვევა

რაც მდინარეებზე სრულებით არ მოგვეპოვება ჰიდროლოგიურ დაკვირვებათა მონაცემები. ასეთ შემთხვევაში სტატისტიკური პარამეტრების განსაზღვრა რეკომენდებულია ინტერპოლაციით მათ იმ მნიშვნელობათა შორის, რომლებიც მიღებულია მდინარე-ანალოგებისათვის. თუ ჰიდროლოგიურად მსგავსი მდინარე არასაკმარისადაა შესწავლილი, მისი სტატისტიკური პარამეტრები დაიყვანება გრძელვადიან პერიოდამდე (§ 7.1.2). პარამეტრების დადგენა შესაძლებელია აგრეთვე ოფიციალურ დოკუმენტებში გამოქვეყნებული ამ პარამეტრების თანამედროვე რუკების მიხედვით [32, დან. 1].

● ჰიდროლოგიურ ლიტერატურაში მრავლადაა ვარიაციის C_{ν} კოეფიციენტის საანგარიშო ემპირიული დამოკიდებულება. ისინი ძირითადად ასახავენ ცალკეული ტერიტორიული რაიონებისა და ზონების ფიზიკურ-გეოგრაფიული თვისებების გავლენას წყლის ჩამონადენის რაოდენობრივ მახასიათებლებზე და, ამიტომაც, მათ უწოდებენ რაიონულ ემპირიულ ფორმულებს. ნორმატიული ლიტერატურით რეკომენდებულია კ. ვოსკრესენსკის განზოგადებული ფორმულა [9, 32]

$$C_{\nu} = \frac{A}{\bar{M}^{0.4} \cdot (F + 1000)^{0.1}} \quad (7.19)$$

სადაც A არის პარამეტრი, რომელიც განისაზღვრება მდინარე-ანალოგების მონაცემების საფუძველზე ($A \approx 1 \dots 3$ ლ/წმ);

\bar{M} — წლიური ჩამონადენის მოდულის საშუალო მრავალწლიური მნიშვნელობა, ლ/(წმ.კმ²);

F — წყალშემკრების ფართობი, კმ².

ზოგჯერ, აგრეთვე, მ. შველევის მიერ დ. სოკოლოვსკის ფორმულის ბაზაზე სინთეზირებული (ეფექტობთ, უფრო მარტივი) ფორმულა, რომელიც გამოსადგვია მდინარეებისათვის $\bar{M} = 1,5 \dots 15 \text{ ლ/(წმ. კმ}^2)$, ჩამონადენით, ანუ საბჭოთა კავშირის უმეტესი მდინარეებისთვის

$$C_s = 0,78 - 0,29 \cdot \lg \bar{M} - 0,063 \cdot \lg(F + 1) + 0,08 \cdot \lg(f_{\text{გაა}} + 1). \quad (7.20)$$

აქ $f_{\text{გაა}}$ — მდინარის აუზის ტბიანობის ფარდობითი კოეფიციენტი, %.

ზემომოყვანილი ფორმულები ძირითადად მიესადაგება ვაკის ტიპის მდინარეებს. მთის მდინარეებისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება წყალშემკრები აუზის საშუალო $H_{\text{სა}}$ სიმაღლეს, რომელიც ინტეგრალურად ახასიათებს რაიონის კლიმატურ პირობებსა და მდინარის წყლიანობის გავლენას. მთის რაიონული ემპირიული ფორმულები საერთო სახით ასე ჩაიწერება [9, გვ. 155]

$$C_s = A / (H_{\text{სა}}^m \cdot F^n). \quad (7.21)$$

სადაც ემპირიული A , m , n პარამეტრები გამოითვლება საანგარიშო რაიონში შესწავლილი მდინარეების ზონაცემების საფუძველზე.

● ასიმეტრიის C_s კოეფიციენტის (ან C_s/C_s ფარდობის) განსაზღვრა შესაძლებელია 7.1.2 პარაგრაფის მითითებების გამოყენებით.

7. 1. 4. ალაბთოპის უჯრედულა

ზემოთ განვიხილეთ საშუალო წლიური ხარჯების უზრუნველყოფის თეორიული მრუდის პარამეტრების (\bar{Q} , C_s , C_s) განსაზღვრის ანუ მრუდის აგების მეთოდები.

თუ ამ მრუდს გამოვსახავთ დეკარტის სკალის კოორდინატებში (ნახ. 7.1) აღმოჩნდება, რომ მრუდის ყველაზე საპასუხისმგებლო მცირე და დიდი უზრუნველყოფების განაპირა უბნებზე აბსცისათა ლერძზე უზრუნველყოფის უმნიშვნელო ნაზრდს ორდინატთა ლერძზე შეესაბამება ხარჯის ფრიალ დიდი ნაზრდი; ამიტომ, გარდა იმისა, რომ მოუხერხებელია თვით მრუდის გავლება, ჰცირდება ამ უბნებში ინტერპოლაციის წესით განსაზღვრული შუალედური ანათვლების სიზუსტეც.

აღნიშნული ტექნიკური სიძნელის თავიდან ასაცილებლად, დეკარტის სკალის ნაცვლად იყენებენ ე. წ. ალბათობის უჯრედულას, რომელზედაც იგივე მრუდი წარმოგვიდგება გამარჯვლი (ან სრულებით გასწორებული) სახით [37]. პიდროლოკიურ ლიტერატურაში მრავლია ასეთი უჯრედულა. მკერე ასიმეტრიის განაწილების მრუდების შემთხვევაში შეიძლება, მაგალითად, პაზენის უჯრედულას გამოყენება (ნახ. 7.2).

მდინარე ყვირილაზე ქ. ზესტაფონთან წყალმომარაგების ჰიდროკანდიც წყალსამეურნეო გაანგარიშებისათვის საჭიროა ეცოდეთ 75 და 97% -იანი უზრუნველყოფის საშუალო წლიური ხარჯები 0,75% და 0,97% ამოსავალ ჰიდროლოგიურ მასალას შეადგენს მდ. ყვირილას საშუალო წლიური ხარჯების მნიშვნელობათა 49 წლიანი რიგი, რომელიც კლებადი მიმდევრობით დალაგებულია 7.1 ცხრილის მესამე სვეტში. იმისათვის, რომ განესაზღვროთ ეს ხარჯები, უნდა გვქონდეს მდ. ყვირილას საშუალო წლიური ხარჯების უზრუნველყოფის მრუდი. ამოცანის მიზანია აევაგოთ:

— საშუალო წლიური ხარჯების უზრუნველყოფის ემპირიული მრუდი;

— საშუალო წლიური ხარჯები სამპარამეტრიანი გამა-განაწილების თეორიული მრუდი C_1 და C_2 , პარამეტრებისათვის უდიდესი დამაჯერებლობის მეთოდის გამოყენებით;

— საშუალო წლიური ხარჯების ბინომიალური განაწილების თეორიული მრუდი C_1 და C_2 , პარამეტრებისათვის მომენტების მეთოდის გამოყენებით.

● უპირველესად უნდა შემოწმდეს დაკვირვებათა მოცემული 1937—1985 წწ. პერიოდის წარმომადგენლობითობა და დაკვირვებათა 49 წლიანი რიგის საკმარისობა. საანგარიშო პერიოდის საშუალო წლიური ხარჯების ჰიდროგრაფზე შეიმჩნევა წყლიანობის მრავალწლიანი ციკლების ლუწვი რაოდენობა, რაც მიგვითითებს საანგარიშო პერიოდის წარმომადგენლობითობაზე.

დაკვირვებათა რიგის სიგრძის ($n=49$) საკმარისობას გამოწმობთ (7.5) პირობით, 7,1 ცხრილის მონაცემების შესაბამისად და (7.6), (7.9) ფორმულების მიხედვით გვაქვს:

$$\bar{Q} = 2951,7/49 = 60,24 \text{ მ}^3/\text{წმ}; C_1 = \sqrt{\frac{2,0391}{49-1}} = 0,206.$$

აქ ვარიაციის C_1 კოეფიციენტი გამოვითვალეთ იმ დაშვებით, რომ $C_1 \approx C_2$, რაც შესაძლებელია მიახლოებითი საინჟინრო გაანგარიშებების დროს.

სტატისტიკური პარამეტრების ფარდობითი საშუალო კვადრატული (7.2), (7.3) და (7.4) ცდომილებები შეადგენენ

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{0,206}{\sqrt{49}} \cdot 100\% = 2,94\%; \sigma_{C_1} = \frac{\sqrt{1+0,206^2}}{\sqrt{2 \cdot 49}} \cdot 100\% = 10,3\%;$$

$$\sigma_{C_2} = \sqrt{\frac{3}{2 \cdot 49 \cdot (3+0,206^2)}} \cdot 100\% = 10\%.$$

ცხრილი 7. 1

ხაშუალო წლიური ხარჯების განაწილების შრუდის პარამეტრების განვარაუხება
(მრ. უვარილა ქ. ზეხტაფონთა.6)

№	წლები	საშ. წლიური ხარჯი, ჟი. ვაწმ	$p = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%$	$k_i = Q_i/Q$	უდობის დამაჩრებ-ლობის შეთილი		შოშენტების შეთილი		
					$lg k_i$	$k_i \cdot lg k_i$	$k_i - 1$	$(k_i - 1)^2$	$(k_i - 1)^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1983	93,4	2	1.550	0.1903	0,2950	0.550	0,30250	0,16638
2	1982	82,2	4	1,365	0,1351	0,1845	0,365	0,13323	0,04863
3	1946	81,0	6	1,345	0,1287	0,1731	0,345	0,11903	0,04106
4	1964	78,9	8	1,309	0,1169	0,1531	0,309	0,09548	0,02950
5	1939	78,8	10	1,308	0,1166	0,1525	0,308	0,09486	0,02922
6	1940	77,8	12	1,292	0,1113	0,1438	0,292	0,08526	0,02469
7	1978	75,7	14	1,257	0,0933	0,1249	0,257	0,06605	0,01697
8	1959	73,1	16	1,213	0,0839	0,1017	0,213	0,04537	0,00966
9	1968	71,9	18	1,194	0,0770	0,0919	0,194	0,03764	0,00730
10	1944	70,5	20	1,170	0,0682	0,0798	0,170	0,02890	0,00491
11	1950	69,1	22	1,147	0,0596	0,0683	0,147	0,02161	0,00318
12	1941	67,9	24	1,127	0,0519	0,0585	0,127	0,01613	0,00205
13	1948	67,6	26	1,122	0,0499	0,0561	0,122	0,01488	0,00182
14	1963	67,4	28	1,119	0,0488	0,0546	0,119	0,01416	0,00168
15	1953	67,3	30	1,117	0,0481	0,0537	0,117	0,01369	0,00160
16	1956	64,6	32	1,072	0,0302	0,0324	0,072	0,00518	0,00037
17	1938	64,4	34	1,069	0,0289	0,0309	0,069	0,00476	0,00033
18	1945	64,2	36	1,066	0,0278	0,0296	0,066	0,00436	0,00029
19	1954	63,5	38	1,054	0,0228	0,0241	0,054	0,00292	0,00016
20	1961	63,4	40	1,052	0,0220	0,0232	0,052	0,00270	0,00014
21	1972	63,3	42	1,051	0,0216	0,0227	0,051	0,00260	0,00013
22	1942	61,3	44	1,018	0,0077	0,0079	0,018	0,00032	0,0
23	1973	60,7	46	1,008	0,0035	0,0035	0,008	0,00006	0,0
24	1967	60,6	48	1,006	0,0026	0,0026	0,006	0,00004	0,0
25	1952	59,5	50	0,988	-0,0052	-0,0052	-0,012	0,00014	0,0
26	1958	59,1	52	0,981	-0,0083	-0,0082	-0,019	0,00036	0,0
27	1937	58,8	54	0,976	-0,0106	-0,0103	-0,024	0,00058	-0,00001
28	1975	57,8	56	0,959	-0,0182	-0,0174	-0,041	0,00168	-0,00007
29	1970	57,0	58	0,946	-0,0241	-0,0228	-0,054	0,00292	-0,00016
30	1976	55,4	60	0,920	-0,0362	-0,0333	-0,080	0,00360	-0,00051
31	1965	55,0	62	0,913	-0,0395	-0,0361	-0,087	0,00757	-0,00066
32	1985	54,8	64	0,910	-0,0409	-0,0373	-0,090	0,00810	-0,00073
33	1981	54,3	66	0,901	-0,0453	-0,0408	-0,099	0,00980	-0,00097
34	1960	54,3	68	0,901	-0,0453	-0,0408	-0,099	0,00980	-0,00097
35	1951	53,8	70	0,893	-0,0491	-0,0439	-0,107	0,01145	-0,00123
36	1949	53,4	72	0,886	-0,0526	-0,0466	-0,114	0,01299	-0,00148

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
37	1980	53,3	74	0,885	-0,0531	-0,0469	-0,115	0,01323	-0,00152
38	1979	50,1	76	0,832	-0,0799	-0,0665	-0,168	0,02872	-0,00474
39	1971	49,0	78	0,813	-0,0899	-0,0731	-0,187	0,03497	-0,00654
40	1962	47,4	80	0,787	-0,1040	-0,0819	-0,213	0,04537	-0,00966
41	1977	46,8	82	0,777	-0,1096	-0,0851	-0,223	0,04973	-0,01109
42	1947	46,7	84	0,775	-0,1107	-0,0858	-0,225	0,05063	-0,01139
43	1980	46,7	86	0,775	-0,1107	-0,0858	-0,225	0,05063	-0,01139
44	1966	45,4	88	0,754	-0,1226	-0,0925	-0,246	0,06052	-0,01489
45	1957	44,8	90	0,744	-0,1284	-0,0955	-0,256	0,06554	-0,01678
46	1974	43,1	92	0,715	-0,1457	-0,1042	-0,285	0,08123	-0,02315
47	1955	40,1	94	0,666	-0,1765	-0,1176	-0,334	0,11156	-0,03726
48	1943	39,0	96	0,647	-0,1891	-0,1223	-0,353	0,12461	-0,04399
49	1969	37,5	98	0,623	-0,2055	-0,1280	-0,377	0,14213	-0,05358
Σ		2951,7		49	-0,4483	0,4405	0	2,03909	0,1375

როგორც ვხედავთ, დაკვირვებათა რიგის საკმარისობის (7. 5) პირობა სრულდება. აქედან გამომდინარეობს ის დასკვნაც, რომ ხარჯების საშუალო არითმეტიკული \bar{Q} ამასთანავე მდ. ყვირილას წლიური ჩამონალენის ნორმატია: $Q_0 = \bar{Q} = 60,24 \text{ მ}^3/\text{წმ}$.

● საშუალო წლიური Q_i ხარჯების შესაბამისი ემპირული (7. 13) უზრუნველყოფის მნიშვნელობები მოთავსებულია მე-4 სექტში; ხარჯისა და ემპირული უზრუნველყოფის შესაბამისი წყვილები დაგეაქვს საშუალო წლიური ხარჯების უზრუნველყოფის გრაფიკზე (ნახ. 7.1).

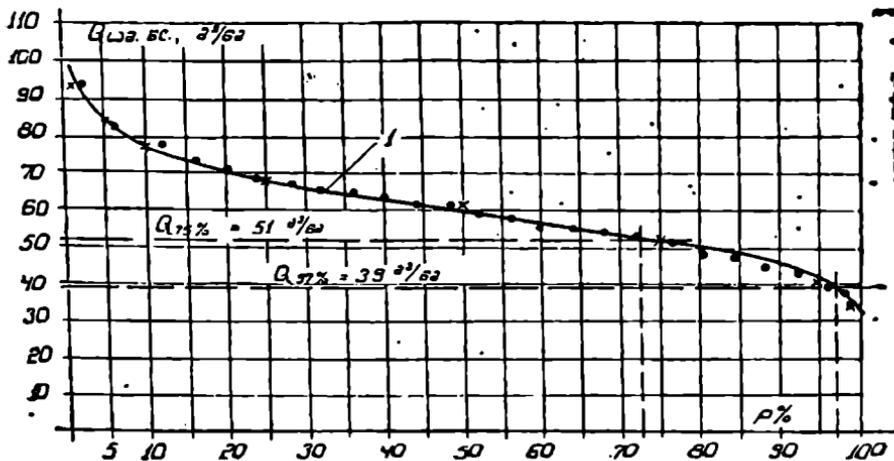
● სამპარამეტრიანი გამა-განაწილების მრუდის ასაგებად წინასწარ ვანგარიშობთ (7.7) სტატისტიკებს; 7.1 ცხრილის მიხედვით

$$\lambda_1 = -0,4483/(49-1) = -0,0093; \quad \lambda_2 = 0,4405/(49-1) = 0,0092.$$

მათ მიხედვით შესაბამისი ნომოგრაფიდან ვაღვენთ:

$$C_0 = 0,21, \quad C_1/C_0 = 3 \text{ ანუ } C_1 = 0,63.$$

სამპარამეტრიანი გამა-განაწილების ორდინატების ცხრილიდან $C_0 = 0,21$ და $C_1/C_0 = 3$ მნიშვნელობებისათვის ვსაზღვრავთ $k_{p\%}$ მოდულურ კოეფიციენტებს სხვადასხვა $p\%$ უზრუნველყოფისათვის და, საბოლოოდ, (7.11) ტოლობით ვაღვენთ ამ უზრუნველყოფის შესაბამის $Q_{p\%}$ ხარჯებს (ცხრილი 7.2).



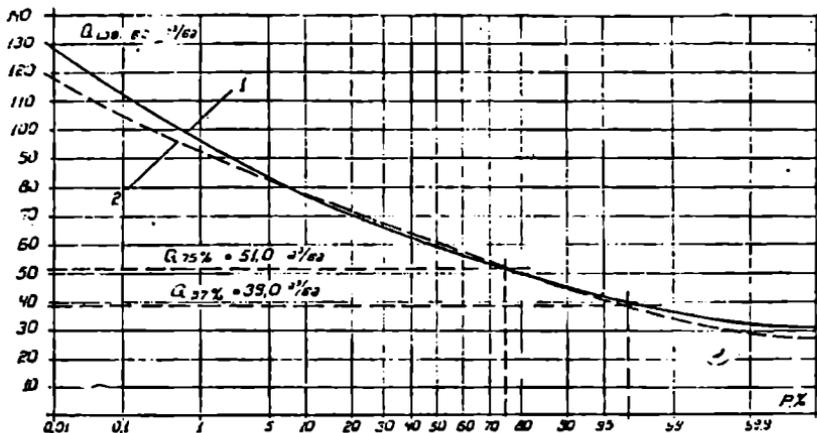
ნახ. 7. 1. ზღ. ყვირის საშუალო წლიური ზომიანდენის უზრუნველყოფის მრუდი. 1—სამპარამეტრიანი გამა-განაწილების თეორიული მრუდი; x—ბინომიალური განაწილების თეორიული წერტილები; ●—განაწილების ემპირიული წერტილები.

ცხრილი 7. 2

სამპარამეტრიანი გამა-განაწილების თეორიული მრუდის ორდიანტები ($\bar{Q} = 60,24 \text{ \textcircled{0}/\text{მ}}$; $C_s = 0,21$; $C_v/C_s = 3$)

$P_{\%}$	0,001	0,01	0,1	1	5	10	25	50	75	95	99	99,9
$h_{p\%}$	2,39	2,13	1,86	1,59	1,38	1,27	1,125	0,98	0,85	0,7	0,6	0,52
$Q_{p\%} = k_{p\%} \cdot \bar{Q}$	143,97	128,31	112,05	95,78	83,13	76,5	67,77	59,04	51,2	42,17	36,14	31,3

ამ ცხრილის პირველი და მესამე სტრიქონების შესაბამისი წყველები განსაზღვრავენ სამპარამეტრიანი გამა-განაწილების თეორიულ მრუდს (ნახ. 7. 1). მრუდის აგებამ დეკარტის სკალის კოორდინატებში წარმოაჩინა მთელი რიგი სიძნელები: ვერ აღვნიშნეთ 0,001, 0,01 და 0,1% უზრუნველყოფის შესაბამისი წერტილები; ასევე ფრიად მიახლოებითია 99,9% უზრუნველყოფის წერტილიც; საკმაოდ რთულია მრუდის მოხაზვა განაპირა უბნებში, შუალედური უზრუნველყოფების ხარჯების დადგენა და სხვ. ამიტომ იმავე მრუდს ვაგებთ ალბათობის უჯრედულაზე (ნახ. 7. 2); როგორც ვხედავთ ყველა ჩამოთვლილ ტექნიკური უბერხელობა ამ შექმნევაში თითქმის მოხსნილია.



ნახ. 7.2. ალბათობის უჯრედულა. მდ ყვირილას საშუალო წლიური ზამონადენის უზრუნველყოფის თეორიული მრუდები. 1—სამპარამეტრიან გამა-განაწილებს; 2—ბინომილური განაწილებს.

● ბინომილური განაწილების მრუდის პარამეტრებს ვანგარიშობთ (7. 9) და (7. 10) ფორმულებით (ცხრ. 7. 1):

$$C_s = \sqrt{\frac{2,0391}{48}} = 0,206; \quad C_s = \frac{49 \cdot 0,1375}{48 \cdot 47 \cdot 0,206^2} = 0,342 \approx 0,35.$$

ასიმეტრიის კოეფიციენტის $C_s = 0,35$ მნიშვნელობის შესაბამისად სათანადო ცხრილიდან ვიღებთ უზრუნველყოფის მრუდის ნორმირებულ $\Phi_{p\%}$ გადახრებს, შემდეგ ვითვლით მოდულურ (7.12) კოეფიციენტებს და საბოლოოდ შესაბამის $Q_{p\%}$ ხარჯებს. ვანგარიშება მოყვანილია 7. 3 ცხრილში.

ცხრილი 7.3

ბინომილური განაწილების თეორიული მრუდის ორდინატები ($Q = 60,248^{\circ}, \Phi$;
 $C_s = 0,206; C_s = 0,35$)

$p\%$	0,01	0,1	1	5	10	25	50	75	95	99	99,9
$\Phi_{p\%}$	4,5	3,59	2,58	1,74	1,32	0,64	-0,06	-0,705	-1,54	-2,07	-2,61
$k_{p\%} = \Phi_{p\%} \cdot C_s + 1$	1,95	1,75	1,54	1,37	1,28	1,13	1,01	0,85	0,68	0,57	0,45
$Q_{p\%} = k_{p\%} \cdot Q$	117,49	105,42	92,77	82,53	77,11	68,07	60,84	51,2	40,96	34,34	27,11

ამ ცხრილის პირველ და მეოთხე სტრუქტურების შესაბამისი წყვილები განსაზღვრავენ ბინომიალური განაწილების თეორიულ მრუდს (ნახ. 7.1) და (ნახ. 7.2).

● მიღებული შედეგიდან ნათლად ჩანს, რომ, როგორც სამპარამეტრიანი გამა-განაწილების, ასევე ბინომიალური განაწილების თეორიული მრუდები დააქმაყოფილებლად ასაშუალებენ ეპირიულ წერტილებს. გრაფიკიდან ვითვლით ჰიდროკვაანძის საანგარიშო ხარჯებს:

$$Q_{75\%} = 51,0 \text{ მ}^3/\text{წმ}, \quad Q_{97\%} = 39,0 \text{ მ}^3/\text{წმ},$$

რაც წარმოადგენდა ჩვენი პრაქტიკული ამოცანის მიზანს.

§ 7. 2. ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილების განსაზღვრა

ჩამონადენის ჰიდროლოგიური შესწავლის შემდგომი ეტაპია საანგარიშო უზრუნველყოფის საშუალო წლიური ხარჯის ანუ წლიური ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილების განსაზღვრა. ჩამონადენის შიგაწლიურ განაწილებაში იგულისხმება მისი ცვალებადობა სეზონების, თვეების, დეკადების და დღეღამების ინტერვალებში.

ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილების საკითხებს ნაწილობრივ შევხებით მეხუთე თავში, როდესაც აღვნიშნეთ ჩამონადენის წლიური ციკლურობის თვისება მასში მდგრადი ფაზების გამოყოფით: წყალდიდობა, წყალმოვარდნა, წყალმცირობა. წლის შიგნით ჩამონადენის განაწილება ძირითადად დამოკიდებულია წლის განმავლობაში მდინარის სისტემის კვების ხასიათზე. ჰიდროლოგიურ გაანგარიშებათა პრაქტიკაში შიგაწლიურ განაწილებას უფრო ხშირად წარმოადგენენ საშუალო თვიური ხარჯებით.

7. 2. 1. ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არსებობის შემთხვევა

თუ საანგარიშო მდინარეზე გავვაჩნია ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილების მონაცემები არა ნაკლები 15 წლიანი ჰეროოდისათვის, მაშინ საანგარიშო $p\%$ უზრუნველყოფის საშუალო წლიური $Q_{p\%}$ ხარჯის თვეების შესაბამისად განაწილება შესაძლებელია რეალური წლის შიგაწლიური განაწილების ანალოგიის ან სეზონების კომპანოვიკის (გაერთმთლიანების) მეთოდებით [9. გვ. 180; 32, გვ. 24; 38, გვ. 5].

● რეალური წლის ანალოგიის მეთოდი სრულდება შემდეგი თანამიმდევრობით; არსებულ დაკვირვებათა სტატისტიკური (დალაგებული) რიგიდან შეირჩევა რეალური წლები მოდულები, რომელთა ეპირიული უზრუნველყოფა დაახლოებით საანგარიშო $p\%$ უზრუნველყოფას შეადგენს. წელი-მოდელის საშუალო თვიური $Q_{i, \text{მოდ}}$ ხარჯებისა და საშუალო წლიური $Q_{\text{ა.წ.}} p\%$ ხარჯის შესაბამისად გაიანგარიშება მოდულური კოეფიციენტები

$$k_i = Q_{i, \text{მოდ}} / Q_{\text{ა.წ.}} p\%; \quad i = \text{I, II, } \dots \text{ XII}. \quad (7.22)$$

ზოდულური კოეფიციენტის ამ მნიშვნელობებით გამოითვლება საანგარიშო საშუალო წლიური $Q_{\%}$ ხარჯის შესაბამისი საშუალო თვიური ხარჯები

$$Q_i = k_i \cdot Q_{\%} \quad (7.23)$$

● სეზონების კომპანოვიკის მეთოდი უფრო ზუსტია, ღრმა, მაგრამ ამავე დროს, ფრიად შრომატევადია. მისი დეტალურად ახსნა მოითხოვს დიდ მოცულობასა და დეტალიზაციას, რის გამოც დაინტერესებულ მკითხველს მიეუთითებთ ლიტერატურას, სადაც განხილულია მეთოდის რიცხვითი მაგალითი [32, გვ. 100].

ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არასაკმარისობის და არარსებობის შემთხვევა

ხშირად მდინარეზე დაკვირვებათა წლების რაოდენობა არ აღემატება 15-ს ან მდინარე სრულებით არ არის შესწავლილი.

როდესაც შესაძლებელია მდინარე-ანალოგის შერჩევა შესწავლილობის არა ნაკლები 20...25 წლიანი პერიოდით, მაშინ საანგარიშო მდინარისათვის იყენებენ ამ მდინარის ფარდობითი შიგაწლიური განაწილების მოდელს.

ხშირად არ ხერხდება შეუსწავლელი მდინარისათვის ანალოგის შერჩევა. მაშინ შიგაწლიურ განაწილებას ასრულებენ: სხვადასხვა წყლიანობის წლების რაიონული გასაშუალებული სქემა-მოდელის მიხედვით; შიგაწლიური განაწილების პარამეტრების რეგიონალური თავისებურების შესაბამისად; ჩამონადენის ტიპური შიგაწლიური განაწილების მიხედვით 2, გვ. 121; 8, გვ. 100; 46, გვ. 386].

როდესაც, საანგარიშო მდინარე სრულიად შეუსწავლელია და, ამის გამო, შეუძლებელია რაიმე შედარების მოხდენა, საჭიროა საანგარიშო მდინარის საინჟინრო-ჰიდრომეტრიული და ფიზიკურ გეოგრაფიული შესწავლის ორგანიზაცია არა ნაკლებ ერთი წლის ხანგრძლივობით.

§ 7. 8. გაზაფხულის წყალდიდობისა და წვიმების წყალმოვარდნების მაქსიმალური ჩამონადენის განსაზღვრა

მდინარის წყალდიდობისა და წყალმოვარდნის ჰიდროლოგიური რეჟიმის საანგარიშო მახასიათებლებს შორის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება მდინარის საანგარიშო მაქსიმალურ ხარჯებს, რადგან ისინი განაპირობებენ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა წყალსაგდები მოწყობილობების მთავარ ზომებს და, აქედან გამომდინარე, მთელი ჰიდროკვანძის უსაფრთხო მუშაობის ალბათობას. ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა მრავალი ავარიის მიზეზად მიჩნეულია მაქსიმალური ხარჯების შეუფასებლობა [59, 70, 72].

წყლის ხარჯები დროში მუდმივად ცვლადი სიდიდეებია. თუ ჰიდრო-მეტეოროლოგიური სადგური აღჭურვილია წყლის დონეების (ხარჯების) ცვალებადობის თვითჩამწერი ხელსაწყოებით, მაშინ შესაძლებელია მყისიერი მაქსიმალური ხარჯის ფიქსირება. მაგრამ, როგორც წესი, უმეტეს სადგურებს ასეთი შესაძლებლობა არ გააჩნია და წყლის დონეების (ხარჯების) ფიქსირება ხდება დღელამის გარკვეულ ვადებში. ამ წესით განსაზღვრული დღელამური მაქსიმალური ხარჯები, ჩვეულებრივ, განსხვავდებიან (მეტწილად კი ჩაკლები არიან) მყისიერი მაქსიმუმებისგან, ამიტომ საჭირო ხდება მყისიერი და ვადაში აავლილი მაქსიმუმების მნიშვნელობათა შორის კავშირის დადგენა.

ასე რომ, მდინარეების მაქსიმალური ხარჯების ქვეშ იგულისხმება მყისიერი ან საშუალო დღელამური მაქსიმალური ხარჯების უდიდესი მნიშვნელობები წელიწადში. მდინარის მაქსიმალური ხარჯების მნიშვნელობების წლიდან-წლამდე ცვალებადობის ხარისხი მნიშვნელოვნად აღემატება საშუალო წლიური ხარჯების ცვალებადობას, ამიტომ მდინარის შესწავლილობის ყოველ დონის შექთხვევაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ყოველგვარ ინფორმაციას კატასტროფულ წყალდიდობებზე (წყალმოვარდნაზე), რომელიც ოდესღაც აღინიშნა მდინარეზე.

კვების ძირითადი სახეებისა და წყლის რეჟიმის შესაბამისად მდინარე შეიძლება ხასიათდებოდეს მეტ-ნაკლებად მკვეთრად გამოხატული წყალდიდობის ან წყალმოვარდნის მაქსიმალური ხარჯებით; არის მდინარეები, რომელთა წლიური ჩამონადენი აღინიშნება, როგორც წყალდიდობის, ასევე წყალმოვარდნის მაქსიმუმებით. აქედან გამომდინარე, გაანგარიშებისას ცალ-ცალკე განიხილავენ მაქსიმალურ ხარჯებს მათი გენეტიკური ნიშნის შესაბამისად: წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯები (ანუ მაქსიმუმები, რომლებიც ძირითადად ფორმირდება თოვლისა და მყინვარების დნობის შედეგად) და წყალმოვარდნის მაქსიმალური ხარჯები (ანუ მაქსიმუმები, რომლებიც ფორმირდება ძირითადად თავსხმებისა და თავსხმა წვიმების ხარჯზე).

სსრ კავშირის უმეტესი ტერიტორიის საშუალო და დიდ მდინარეებზე გაზაფხულის წყალდიდობის მაქსიმუმები სკარბობენ წვიმის წყალმოვარდნებს; მცირე აუზის მდინარეებზე კი ხშირია პირუქუ სურათი.

3. 1. ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არსებობის უამთხვევა

წყალსამუეზნეო მშენებლობისათვის საჭიროა ვიცოდეთ ძალიან დიდი და იშვიათად განმეორებადი მაქსიმალური ხარჯები; მაგალითად, ხარჯები, რომლებიც შეიძლება ერთხელ მაინც აღინიშნოს მდინარეში 100, 1000 ან 10000 წლის განმავლობაში. ჰიდრომეტრიულ სამსახურს კი, უკეთეს შემთხვევაში, შეიძლება გააჩნდეს საინგარიშო მდინარეზე მხო-

ლოდ 25...75 წლიანი ხანგრძლივობის მონაცემები. ამის გამო, მაქსიმალური ხარჯების უზრუნველყოფის ემპირიული მრუდი არ შეიძლება იყოს საკმარისი, და ცხადად წარმოჩინდება მაქსიმალური ხარჯების უზრუნველყოფის მრუდების განსაზღვრის თეორიული მეთოდების გადამწყვეტი მნიშვნელობა.

იმისდა შესაბამისად, თუ როგორია საანგარიშო მდინარის შესწავლილობა, მდინარის მაქსიმალურ ხარჯებზე საწყისი ინფორმაცია შეიძლება წარმოდგენილ იყოს წყალდიდობის წლიური მაქსიმუმების რიგით, როგორც წყალდიდობის, ასევე წყალშოვარდნის მაქსიმუმების ხარჯების რიგით, წლიური მაქსიმუმების რიგით, როცა ხარჯების გენეტიკური ნიშნით დაყოფა შეუძლებელია.

მათემატიკურად ეს მონაცემები წარმოადგენს რივს

$$Q_{1,1000}, Q_{2,1000}, \dots, Q_{(n-1),1000}, Q_{n,1000} \quad (7.24)$$

თუ ეს რივი საკმარისი და წარმომადგენლობითია, მაშინ მის საფუძველზე აიგება მაქსიმალური ხარჯების განაწილების თეორიული მრუდები იმ მეთოდიკით, რომელიც ახსნილია საშუალო წლიური ხარჯების (7.1) რიგისათვის (§ 7.1.1, § 7.1.5). ამ მრუდების მთავარი დანიშნულება იმაში მდგომარეობს, რომ მასზე აითვლება საანგარიშო უზრუნველყოფის (ყოველწლიური აღმატების საანგარიშო ალბათობის) $Q_{p,1000}$ მაქსიმალური ხარჯები [32, გვ. 86, 88].

(7.24) რიგის შეზღუდულობის გამო (7.8) და (7.10) ფორმულების ნაცვლად C , კოეფიციენტს განსაზღვრავენ ფარლობიდან [8, გვ. 103; 9, გვ. 221; 55, გვ. 151]:

$$C_1/C_2 = a, \quad (7.25)$$

სადაც $a = 2 \dots 2.5$ ვაკის მდინარეებისათვის თოვლის დნობის წყალდიდობის მაქსიმუმებით;

$a = 3 \dots 4$ ვაკის და მუსონური კლიმატის შთის მდინარეებისათვის წვიმების მაქსიმუმებით;

$a = 4$ მთის მდინარეების მაქსიმუმებისათვის.

7. 8. 2. ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არასაკმარისობის უპმთხვევა

ჰიდროლოგიურ გაანგარიშებათა პრაქტიკაში ხშირია შემთხვევა, როდესაც მაქსიმალურ ხარჯებზე დაკვირვებათა რიგის სიგრძე არასაკმარისია ანუ არ აკმაყოფილებს (7.5) პირობას. მიუხედავად ამისა, ამ რიგის გამოყენება უშუალო გაანგარიშებისათვის მაინც შესაძლებელია, თუ იგი საესეზით რეპრეზენტატიულია (რაც გამოიკვლევა მდინარე-ანალოგთან მისი შედარებით). ამ შემთხვევაში, როდესაც დაკვირვებათა

რიგე არარეპრეზენტატიულია, ვისი სტატისტიკური პარამეტრების ($\bar{Q}_{\text{საქ}}, C_{\text{საქ}}, C_{\text{საქ}}$) დაყვანა მრავალწლიან ანუ საკმარისი N ხანგრძლივობის პერიოდამდე შესრულებულია § 7.1.2-ის მოცემული მეთოდით.

პრაქტიკაში დაგვანახა, რომ მდინარე-ანალოგების შერჩევა და სტატისტიკური პარამეტრების დაყვანა შედარებით ადვილია, როდესაც საქმე ეხება ვაკის მდინარეების წყალდიდობის ხარჯებს; მთის მდინარეებისათვის კი მდინარე-ანალოგის მონახვა ბევრად გაძნელებულია, ეინაიდან, გარდა ჩამონადენის ძირითადი ფაქტორებისა, მნიშვნელოვანია, აგრეთვე, ხეობის საერთო ორიენტაციის, ფერდობების ექსპოზიციისა თუ სხვა ადგილობრივი ფაქტორების გავლენა. ასევე გართულებულია წვიმის წყალმოვარდნების მაქსიმალური ჩამონადენის განსაზღვრა ანალოგის მეთოდით.

8. 3. ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არარსებობის შემთხვევა

წყალსამეურნეო მშენებლობა ხშირად გვიხდება მდინარეებზე, რომლებიც სრულებით შეუსწავლელია. ასეთ შემთხვევებში მიმართავენ ნორმატიულ ჰიდროლოგიურ ლიტერატურაში არსებულ ფორმულებსა და ცხრილებს.

გაზაფხულის წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯის განსაზღვრა

გაზაფხულის წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების გაანგარიშების ამოცანებთან მისადაგების მიზნით საბჭოთა კავშირის მდინარეებს პირობითად ყოფენ ორ ჯგუფად: ვაკის და მთის მდინარეები. ჯგუფები შეიცავენ ქვეჯგუფებს [32]. ამ კლასიფიკაციის ძირითადი განსაზღვრებები გაერთიანებულია 7 4 ცხრილში. აღნიშნული პრინციპით დ.რაიონების საზღვრები ნაჩვენებია საბჭოთა კავშირის რუკაზე [32, დან. 1, ფურც 5].

რაგორც ყოველთვის, შეუსწავლელი მდინარისათვის დაგვეპირდება მდინარე-ანალოგის შერჩევა; ამ დროს, გარდა ზოგადი მითითებებისა (§6.2.2), მიზანშეწონილია აუზების ფარმის მსგავსობის შემოწმება ტოლობებით

$$L/F^{0.56} \approx L_0/F_0^{0.56}; I \cdot F^{0.5} = I_0 \cdot F_0^{0.5}, \quad (7.26)$$

სადაც F , L და I არის წყალშემკრების ფართობი, მდინარის სიგრძე და ქანობი; ინდექსი „0“ აღნიშნავს მდინარე-ანალოგს.

საანგარიშო $\beta\%$ უზრუნველყოფის გაზაფხულის წყალდიდობის საშუალო დღეღამური მაქსიმალური $Q_{\beta\%}^{\text{საქ}}$ ხარჯი გაიანგარიშება ფორმულით [9, 14, 32, 38]:

● ვაკის მდინარეებისათვის

$$Q_{\beta\%}^{\text{საქ}} = K_0 \cdot h_{\beta\%} \cdot \mu \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot F / (F + b)^2; \quad (7.27)$$

ჯგუფები	მდინარეების მოკლე დახასიათება	ქვეჩვენებები
ვაკის მდინარეები	წყალშემკრები განლაგებულია დაბლობებისა და პლატოსებური შემადღებების ფარგლებში, სადაც რელიეფის სიმაღლეთა მერყეობა არ აღემატება 400 მ-ს; თოვლის დნობა თითქმის ერთდროულად მოიცავს მთელ წყალშემკრებს ან მის უმეტეს ნაწილს.	<p>ა) ტყის და ტუნდრის ზონის მდინარეები;</p> <p>ბ) ტყე-სტეპისა და სტეპის ზონის მდინარეები;</p> <p>გ) გვალვიანი სტეპებისა და ნახევრადუდაბნოების მდინარეები.</p>
მთის მდინარეები	წყალშემკრები განლაგებულია მთიან რაიონებში, რელიეფის სიმაღლეთა მერყეობა მკვეთრია და აღემატება 400 მ-ს; თოვლის დნობა სიმაღლის მიხედვით არათანაბრია, შესაბამისად არათანაბრია აგრეთვე წყლის მოდინება მდინარის სისტემაში	<p>ა) მდინარეები გაზაფხულ-ზაფხულის წყალდიდობით, რომლებიც ფორმირდებიან სეზონური თოვლის დნობით და წვიმის ნალექით;</p> <p>ბ) მდინარეები ზაფხულის წყალდიდობით, რომლებიც ფორმირდებიან მაღალმთიანი თოვისა და მყინვარების დნობით და, ამასთანავე, წვიმის ნალექით.</p>

● მთის მდინარეებისათვის

$$Q_{\text{პ\%}}^{\text{მთ}} = K_0 \cdot h_{\text{პ\%}} \cdot \mu \cdot \delta \cdot F / (F + 1)^{0,15}; \quad (7.28)$$

● მაღალმთიანი რაიონებისათვის (შუა აზიისა და კავკასიონის მაღალმთიანი წყალშემკრები აუზები საშუალო სიმაღლით 2000 მ და მეტი)

$$Q_{\text{პ\%}}^{\text{მთ}} = q_{\text{პ\%}}^{\text{მთ}} \cdot \frac{h_{\text{პ\%}}}{h_{\text{პ\%}}^{\text{სა}}} \cdot \left(\frac{F_0 + 1}{F + 1} \right)^{0,15} \frac{\delta}{\delta_0} \cdot F. \quad (7.29)$$

აღნიშნული ფორმულებით სარგებლობა გულისხმობს მრავალემაქიური მასალის, ცხრილისა და რუკის გამოყენებას; მათი აქ ახსნა შეუძლებელია და, ამიტომ, შემოვიფარგლებით მხოლოდ პირველწყაროზე მითითებით:

K_0 არის პარამეტრი, რომელიც ახასიათებს გაზაფხულის წყალდიდობის ერთობლიობას და გაიანგარიშება მდინარე-ანალოგების მონაცემების საფუძველზე (7.27), (7.28) ფორმულებიდან უკუსვლით; მდინარე-ანალოგის არარსებობის შემთხვევაში შეიძლება ვისარგებლოთ მიხლოებითი ცხრილებით: ვაკის მდინარეებისათვის [9, გვ. 298], მთის მდინარეებისათვის [9, გვ. 303; 32, გვ. 57];

$k_{\%}$ — გაზაფხულის წყალდიდობის ჩაონადენის საანგარიშო ფენა (მმ) აღმატების $p_{\%}$ ალბათობით: გაიანგარიშება ამ სიდიდის ვარიაციის C , და ასიმეტრიის C , კოეფიციენტებისა და გაზაფხულის ჩაონადენის საშუალო მრავალწლიური k_0 ფენის შესაბამისად, რომლებიც განისაზღვრება მდინარე-ანალოგებისა თუ რუკების საშუალებით [32, დან. 1];

14 — კოეფიციენტი, რომელიც გამოსახავს ჩაონადენის ფენისა და მაქსიმალური ხარჯების სტატისტიკურ პარამეტრებს შორის განსხვავებას [9, გვ. 301; 14, გვ. 147; 32, გვ. 45; 38, დან. 7];

ბ — კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს მაქსიმალური ხარჯების შემცირებას გადმინარე ტბებით მდინარის ჩაონადენის ნაწილობრივი რეგულირების შედეგად

$$b = 1 / (1 + C \cdot f'_{\text{გა}}); \quad (7.30)$$

C — ემპირიული პარამეტრი, რომელიც აიღება გაზაფხულის ჩაონადენის საშუალო მრავალწლიური k_0 ფენის შესაბამისად [32, გვ. 54; 38, დან. 12];

$f'_{\text{გა}}$ — წყალშემკრების საშუალო შეწონილი ტბიანობა, %;

$$f'_{\text{გა}} = \sum_1^n \frac{S_i \cdot f_i}{F} \cdot 100; \quad (7.31)$$

S_i — ტბის საკობრივი ზედაპირის ფართობი, კმ²;

f_i — ტბის წყალშემკრების ფართობი, კმ²; როდესაც არ გაგვაჩნია ეს მონაცემები შესაძლებელია შედარებით მარტივი გამოსახულებების გამოყენება

$$f'_{\text{გა}} = (f_{\text{გა}} - 2) / 2,8; \quad f_{\text{გა}} = \left(\sum_1^n S_i \cdot 100 \right) / F; \quad (7.32)$$

F — წყალშემკრების ფართობი მდინარის საანგარიშო კვეთში, კმ²;

δ_1, δ_2 — კოეფიციენტები, რომლებიც გამოსახავენ წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების შემცირებას შესაბამისად ტყიან და კაობიან აუზებში

$$\delta_1 = a / (f_{\text{გა}} + 1)^{n'}, \quad (7.33)$$

$$\delta_2 = 1 - \beta \cdot \lg(0,1 \cdot f_3 + 1); \quad (7.34)$$

a, n' — ცხრილური პარამეტრები [32, გვ. 55; 38, დან. 13];

$f_{\text{გა}}, f_{\text{გა}}, f_3$ — შესაბამისად წყალშემკრები აუზის ფართობითი ტბიანობა, ტყიანობა და კაობიანობა, %;

β — კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს კაობების ტიპს და მიმდებარე ტერიტორიების გრუნტის ხასიათს [32, გვ. 55; 38, დან. 14];

δ_3 — გამოსახავს წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯების შემცირებას

მდინარის აუზში აგროტექნიკური ღონისძიებების ზევაგლენით [32, გვ.55];

ბ — ემპირიული პარამეტრი, რომელიც ითვალისწინებს მაქსიმალური ჩამონადენის მოდულის რედუქციის ინტენსიურობის შემცირებას წყალშემკრების ფართობის შემცირებასთან ერთად, კმ² [14, გვ. 147; 32, გვ. 46; 38, დან. 8];

ნ — რედუქციის ხარისხის მაჩვენებელი; განისაზღვრება ემპირიული ცხრილებით: ვაკის მდინარეებისათვის [9, გვ. 298; 14, გვ. 147; 32, გვ. 46, 38, დან. 8], მთის მდინარეებისათვის [32, გვ. 57];

$q_{p\%}^{max}$ — მდინარე-ანალოგის საანგარიშო $p\%$ უზრუნველყოფის წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯის მოდული, მ³/(წმ. კმ²);

$h_p^{\%}$ — საანგარიშო $p\%$ უზრუნველყოფის წლიური ჩამონადენის ფენა, მმ.

როგორც ვხედავთ, საანგარიშო ფორმულები გულისხმობენ წყალდიდობის ჩამონადენის შაფარშიზებელ ყველა ფაქტორს მათი რაიონული თავისებურებების მხედველობაში მიღებით.

გარდა გაანგარიშებათა შედეგის პრაქტიკული სიზუსტისა, ემპირიული ფორმულების აეკარგვიანობაზე მეტყველებს, აგრეთვე, ფორმულისა და მასში შემავალი პარამეტრების განსაზღვრის მეთოდების სიმარტივე. ნორმატიული ლიტერატურის აღნიშნული ფორმულები ვერ ვიტყვი, რომ პასუხობდნენ მეორე მოთხოვნას, ამიტომ მათთან ერთად არსებობს სხვა, შედარებით უფრო მარტივი, რეგიონალური დამოკიდებულებები.

დ. კოჩინის ფორმულა გათვალისწინებულია საბჭოთა კავშირის ევროპული ნაწილის მდინარეებისთვის (მათი დაჯგუფებით მტერიტორიულ რაიონად)

$$Q_{p\%}^{max} = \left(\frac{A}{F_n} - B \right) \cdot \delta \cdot \beta \cdot F, \quad (7.35)$$

სადაც δ — ასახავს წყალშემკრები აუზის რელიეფის თავისებურებას: დაქობებული დაბლობებისა და ვრცელი სტეპებისათვის $\delta = 0,7$, მცირე ჯალდისებური დაბლობებისათვის $\delta = 0,85$, ყველა დანარჩენი სახის რელიეფისათვის $\delta = 1,0$;

β — წყალშემკრები აუზის ტყიანობის გავლენის კოეფიციენტი

$$\beta = 1,0 - 0,3 \cdot f_{ფოც}; \quad (7.36)$$

$f_{ფოც}$ — წყალშემკრები აუზის ფარდობითი ტყიანობა;

A, B, n — ტერიტორიული რაიონების პარამეტრები [9, გვ. 280].

დ. სოკოლოვისკის ფორმულა გამოიხატება სიმარტივეთა და მაქსიმალური ხარჯების შეფასების ობიექტურობით. იმ შემთხვევაში, როდესაც არსებობს მდინარე-ანალოგი და მასზე წყალდიდობის მაქსიმუმების

საკმარისი რიგი, სოკოლოვის ფორმულა იღებს შემდეგ სახეს

$$Q_{p\%}^{max} = Q_{p\%,a}^{max} \cdot \left(\frac{F}{F_s}\right)^{0,75} \cdot \frac{\delta}{\delta_s} \quad (7.37)$$

აქ $Q_{p\%,a}^{max}$ არის მდინარე ანალოგის საანგარიშო $p\%$ უზრუნველყოფის წყალდიდობის მაქსიმალური ხარჯი ათვლილი მაქსიმალური ხარჯების უზრუნველყოფის მრუდიდან;

δ — ტბების, კაობებისა და ტყეების გავლენით მაქსიმალური ხარჯის შემცირების კოეფიციენტი

$$\delta = 1 - 0,6 \cdot \lg(1 + f_{\delta a} + 0,2 f_{\delta b} + 0,05 \cdot f_{\delta a b}) \quad (7.38)$$

წვიმის წყალმოვარდნის მაქსიმალური ხარჯის განსაზღვრა

გავრცელების დიდი ფართობისა და ნალექის დიდი ინტენსიურობის გამო თავსხმა წვიმები იწვევს ღამანგარეველ წყალმოვარდნებს. წყალმოვარდნის მყისიერი და საშუალო დღეღამური მაქსიმალური ხარჯის საანგარიშო ფორმულები განსაზღვრულია ნორმატიული ლიტერატურით.

● როდესაც არსებობს მდინარე-ანალოგი, რომლის წყალშემკრები პისუბობს 7.5 ცხრილის მოთხოვნას და ამასთანავე სრულდება პირობა

$$L/F^{0,86} \leq 1,5 \cdot L_s/F_s^{0,86} \quad (7.39)$$

საანგარიშო $p\%$ უზრუნველყოფის წყალმოვარდნის მყისიერი მაქსიმალური ხარჯი გაიანგარიშება ფორმულით

$$Q_{p\%}^{max} = q_{p\%,a}^{max} \cdot \frac{\delta \cdot \delta_s}{\delta_s \cdot \delta_{s,a}} \left(\frac{F_s}{F}\right)^n \cdot F; \quad (7.40)$$

იმავე შემთხვევაში, მგერამ (7.39) პირობის შეუსრულებლობისას მოცემულია გამოსახულება

$$Q_{p\%}^{max} = q_{p\%,a}^{max} \cdot (\Phi_s/\Phi)^{1,2} \cdot \delta/\delta_s \cdot F. \quad (7.41)$$

ამ ფორმულებში:

$q_{p\%,a}^{max}$ არის მდინარე-ანალოგის საანგარიშო $p\%$ უზრუნველყოფის მყისიერი მაქსიმალური ხარჯის მოდული, მ³/წმ.კმ²;

δ — კოეფიციენტი (7.30); ტყისა და ტყე-სტეპის ზონებისათვის

$C=0,2$; სტეპის ზონებისათვის $C=0,4$;

δ_s — კოეფიციენტი (7.34), სადაც $\beta=0,5$;

m, m_1 — მყისიერი მაქსიმალური ხარჯის მოდულის რედუქციის კოეფიციენტები [32, გვ. 58, ცხრ. 25, დან. 1, ფურც. 10; 38, დან. 15 და 16];

Φ — მდინარის პიდრომორფომეტრიული მახასიათებელი

$$\Phi = \frac{1000 \cdot L}{m_p \cdot I_p^m \cdot F^{1/4}}; \quad (7.42)$$

m, m — რიცხობრივი პარამეტრები, რომლებიც ახასიათებენ მდინარის ძირითად კალაპოტსა და კალას [32, გვ. 60; 38, დან. 18];

1, — მდინარის საშუალო შეწონილი ქანობი.

ცხრილი 7.5

წყლის წყალმოვარდნის მაქსიმალური ხარჯის ხაანგარიშო ფორმულებს გამოყენების ხაზღვრები

ზონი, რაიონი		წყალშემკრების ფართობები (კმ ²) განგარიშებისას	
		ზღვრული ინტენსიურობის ფორმულით	ფორმულით (7.40), (7.41), (7.43).
მოსტრუქი ქვესტრუქი	ტუნდრა, ტყიანი	< 50	50 . . . 50000 კმ ²
	ტყე-სტეპიანი	< 100	100 . . . 20000
	სტეპიანი	< 100	100 . . . 5000
	გვილიანი სტეპების	< 100	100 . . . 1000
	ნახევრად უდაბნო	< 100	—
მოსტრუქი ქვესტრუქი	კავკასიონი	< 100	100 . . . 5000
	კარპატები	< 100	100 . . . 10000
	ყირიზი	< 200	200 . . . 1100
	ღანარაზნი რაიონები	< 100	100 . . . 10000

● როდესაც არ ხერხდება მდინარე-ანალოგის შერჩევა, წყალმოვარდნის მყისიერი მაქსიმალური ხარჯი განისაზღვრება ფორმულით

$$Q_{p\%}^{max} = q_{200} \cdot \left(\frac{200}{F} \right)^n \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot \delta_3 \cdot \lambda_{p\%} \cdot F, \quad (7.43)$$

სადაც უკვე ცნობილი n , δ_1 , δ_2 და F აღნიშვნების გარდა:

q_{200} არის წყალმოვარდნის $p=1\%$ უზრუნველყოფის მყისიერი მაქსიმალური ხარჯის მოდული წყალშემკრების მიყვანალი ფართობისათვის $F=200$ კმ² ($\delta_1=\delta_2=\delta_3=1$); განისაზღვრება საანგარიშო რაიონში შესწავლილი მდინარეების მონაცემების ინტერპოლაციით ან სპეციალური რუკებით [32, დან. 1, ფურც. 12];

$\lambda_{p\%}$ — წყალმოვარდნის $p=1\%$ უზრუნველყოფის მაქსიმალური ხარჯიდან სხვა უზრუნველყოფის ხარჯზე გადასვლის კოეფიციენტი [32, დან. 1, ფურც. 13, დან. 2, ცხრი. 8; 38, დან. 19 და 20];

δ_3 — კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს q_{200} სიდიდის ცვალებადობას წყალშემკრების საშუალო სიმაღლის შესაბამისად; განისაზღვრება შესწავლილი მდინარის მონაცემების მიხედვით ან სპეციალური ცხრილით [32, გვ. 61].

საანგარიშო (7. 40), (7. 41) და (7. 43) გამოსახულებები რედუქცი-
ული ფორმულების ჯგუფს მიეკუთვნება; გამოიყენება წყალშემკრების
ფართობის ერთი და იგივე საზღვრებისათვის (ცხრილი 7.5, სვეტი 4).
როდესაც მდინარის წყალშემკრების ფართობი განს. ზღვრულია ამ ცხრი-
ლის მესამე სვეტის უტოლობებით, მაშინ წვიმის წყალშემკრების მყისი-
ერა მაქსიმალური ხარჯი გაინგარიშება ჩამონადენის ზღვრული ინტენ-
სიურობის ფორმულით [32, გვ. 61; 38, გვ. 11], რომელიც აქ არ მოგე-
ყავს მისი მეთოდის სირთულისა და ემპირული მასალის სიმრავლის
გამო.

§ 4. საგარანტიო შესწორება

წინა პარაგრაფში განვიხილეთ მეთოდები, რომელთა საფუძველზე ხდე-
ბა საანგარიშო $p\%$ უზრუნველყოფის (აღმატების საანგარიშო $p\%$ აღმათ-
ობის) გაზაფხულის წყალდიდობისა და წვიმების წყალშემკრების საანგა-
რიშო მაქსიმალური ხარჯების განსაზღვრა. მაქსიმალური ხარჯების ყოველ-
წლიური აღმატების საანგარიშო $p\%$ აღმათობა დგინდება ნაგებობათა
პროექტირების ნორმების საფუძველზე (§23. 1.1). როდესაც $p\% = 0,01\%$ -ს,
მაშინ შესაბამის მაქსიმალურ ხარჯს ($Q_{0,01\%}^{max}$) უმატებენ ე. წ. საგარანტიო
შესწორებას გაანგარიშებათა სიძველეობის გაზრდის მიზნით

$$\Delta Q_{0,01\%} = a \cdot E_{0,01\%} \cdot Q_{0,01\%}^{max} / \sqrt{N}, \quad (7.44)$$

სადაც a არის კოეფიციენტი, რომელიც გამოსახავს საანგარიშო მდინა-
რის ჰიდროლოგიურ შესწავლილობას; $a = 1$ ჰიდროლოგი-
ურად შესწავლილი და $a = 1,5$ ნაკლებად შესწავლილი
მდინარეებისათვის;

$E_{0,01\%}$ — სიღიღე, რომელიც ახასიათებს $0,01\%$ უზრუნველყოფის
საანგარიშო მაქსიმალური $Q_{0,01\%}^{max}$ ხარჯის შემთხვევით

საშუალო კვადრატულ ცდომილებას; აითვლება სპეცია-
ლური ცხრილებიდან თეორიული განაწილების კანონი-
სა და მისი C_s და C_v პარამეტრების შესაბამისად [32,
გვ. 30; 38, დან. 5 და 6];

N — მაქსიმალურ ხარჯებზე დაკვირვებათა წლების რაოდენობა
(გრძელვადიან პერიოდამდე დაყვანის გათვალისწინებით).

საგარანტიო შესწორების რიცხვითი მნიშვნელობა, განსაზღვრული
(7.44) ფორმულით, უნდა პასუხობდეს პირობებს

$$\left. \begin{aligned} \Delta Q_{0,01\%} &\leq 0,2 \cdot Q_{0,01\%}^{max} \\ Q_{0,01\%}^{max} + \Delta Q_{0,01\%} &\geq Q_{max}^{max} \end{aligned} \right\} \quad (7.45)$$

აქ Q_{max}^{max} არის მდინარეზე აღრიცხული უდიდესი ხარჯი.

გაზაფხულის წყალდიდობის საანგარიშო პირობა რეალური განისაზღვრება საშუალო დღელამური მაქსიმალური ხარჯებით; წვიმების წყალშოვარდნის საანგარიშო პირობა კი — მყისიერი მაქსიმალური ხარჯებით. ასე რომ, როგორც წყალდიდობის, ასევე წყალშოვარდნების შემთხვევაში უნდა შეგვეძლოს მყისიერი და საშუალო დღელამურ მაქსიმუმებს შორის თანაფარდობის განსაზღვრა. დაკვირვებათა მონაცემებისა თუ მდინარე-ანალოგის არსებობის შემთხვევაში ეს თანაფარდობა გამოისახება კავშირით

$$Q_{p\%,m_1}^{mas} = K_r \cdot Q_{p\%,ლ}^{mas} \quad (7.46)$$

სადაც $Q_{p\%,m_1}^{mas}$ არის წყალდიდობის (წყალშოვარდნის) საანგარიშო მყისიერი მაქსიმალური ხარჯი;

$Q_{p\%,ლ}^{mas}$ — წყალდიდობის (წყალშოვარდნის) საანგარიშო საშუალო დღელამური მაქსიმალური ხარჯი.

გადამყვანი K_r კოეფიციენტი განისაზღვრება წყალუხვობის გენეტიკური ხასიათისა და საანგარიშო მდინარის წყალშემკრები აუზის ბუნებრივი თავისებურებების გათვალისწინებით [9, გვ. 389; 32, გვ. 77, ცხრ. 34 და 35; 38, დან. 30].

მაგალითად, ვაკის მდინარეებისათვის წვიმის წყალშოვარდნებით

$$K_r = B/(F+1)^{-1}, \quad (7.47)$$

სადაც F არის მდინარის წყალშემკრები აუზის ფართობი;

B, m_1 — ემპირიული პარამეტრები [32, დან. 2, ცხრ. 15].
 გაზაფხულის წყალდიდობის (წვიმების წყალშოვარდნის) საანგარიშო პირობის განსაზღვრა შესაძლებელია მდინარის ნებისმიერი შესწავლილობის პირობებში. შემოვიფარგლებით მხოლოდ შემთხვევით, როდესაც პირობები დაკვირვებათა მასალები არსებობს. ამ დროს ძირითადად მიმართავენ პირობაზე-მოდელის მეთოდს.

ეთქვათ, მდინარის გასწორში გაგვიჩნია მაქსიმალური ჩამონადენზე შრავალწლიან დაკვირვებათა საკმარისი მონაცემები: მაქსიმალური (მყი-

სიერა თუ საშუალო დღელამური) ხარჯების რიგი, წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) ჩამონადენის მოცულობების რიგი, ყოველდღიური ხარჯების ჰიდროგრაფები; უზრუნველყოფის თეორიული მრუდის საფუძველზე განისაზღვრება საანგარიშო $p\%$ უზრუნველყოფის წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) მაქსიმალური ხარჯი.

თავისი ფორმითა და მახასიათებლებით საანგარიშო ჰიდროგრაფი უნდა იყოს განსახილველი წყალსამეურნეო ამოცანისათვის ყველაზე არახელსაყრელი, ამიტომ დაკვირვებათა მრავალწლიან მასალიდან შეირჩევა იმ წლის ჰიდროგრაფ — მოდელი, რომელიც გამოირჩევა უდიდესი მაქსიმალური დღელამური ხარჯით $Q_{\text{მაქ}}^{\text{მაქ}}$ (ან ჩამონადენის მოცულობით) და არახელსაყრელი ფორმით. ასეთი წესით შერჩეული ჰიდროგრაფ-მოდელის საფუძველზე შესაძლებელია $p\%$ უზრუნველყოფის წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) საანგარიშო ჰიდროგრაფის დადგენა: მისი ორდინატები ანუ დღელამური $Q_{i, \text{ორ}}^{\text{ორ}}$ ხარჯები განისაზღვრება ჰიდროგრაფ-მოდელის $Q_{i, \text{მაქ}}^{\text{მაქ}}$ ორდინატების, გადაშრავლებით $K_1 = Q_{i, \text{ორ}}^{\text{ორ}} / Q_{\text{მაქ}}^{\text{მაქ}}$ კოეფიციენტზე:

$$Q_{i, \text{ორ}}^{\text{ორ}} = K_1 \cdot Q_{i, \text{მაქ}}^{\text{მაქ}} \quad (7.48)$$

§ II. წყლის უდიდესი დონეები მდინარეებსა და ტბაში

მდინარეებში (ტბებში) საანგარიშო უზრუნველყოფის მაქსიმალური დონეები წარმოადგენენ მეტად მნიშვნელოვან ჰიდროლოგიურ მახასიათებელს. უმეტეს ჰიდრომეტრიულ პოსტებსა და საგუშაგოებზე თვითჩამწერი ავტომატური ხელსაწყოების უქონლობის გამო დონეები ფიქსირდება მხოლოდ გარკვეულ ვადებში. თუ გაგვაჩნია საანგარიშო გასწორში (ტბაში) წლის განმავლობაში მაქსიმალური დონის მნიშვნელობათა საკმარისი რიგი, მაშინ ამ მონაცემების საფუძველზე განისაზღვრება წყლის უმაღლესი დონეების უზრუნველყოფის ემპირიული მრუდი და მასზე აითვლება საანგარიშო $p\%$ უზრუნველყოფის წყლის მაქსიმალური დონე. უმაღლესი დონის ყოველწლიური აღმატების ემპირიული $p\%$ ალბათობა განიანგარიშება (7.13) ფორმულით. ემპირიული მრუდის შარცხენა განაპირა უბნის ($p < 1\%$) ექსტრაპოლაცია დასაშვებია მხოლოდ მაშინ, როდესაც არსებობს ცნობები ისტორიულად უდიდეს დონეებზე.

როდესაც მდინარე (ტბა) ჰიდროლოგიურად შეუსწავლელია, მაშინ საანგარიშო უმაღლესი დონეები უნდა განისაზღვროს:

— მდინარეებსა და გამდინარე ტბებზე ხარჯის $Q = f(H)$ მრუდის შესაბამისად;

— გაუდინარე ტბების შემთხვევაში ტბის მოცულობის $W = \varphi(H)$ მრუდის მიხედვით [32, გვ. 70].

მეტად მნიშვნელოვანია საანგარიშო მაქსიმალური დონეების განსაზღვრა მდინარეში ყინულსვლის პერიოდში. ამ დროს საანგარიშო უზრუნველყოფის წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) მაქსიმალური $Q^{max}_{\%}$ ხარჯების ნაცვლად მანიპულირებულ ხარჯებით

$$Q'_{\%} = Q^{max}_{\%} / K_{\text{მათ.}} \quad (7.49)$$

აქ $K_{\text{მათ.}}$ არის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს წყალნაკადის ჰიდრაულიკის ცვლებადობას ყინულსვლისას; დაკვირვებათა მონაცემების არსებობის შემთხვევაში მიმართავენ ანალოგიის ხერხს ან ემპირიულ მნიშვნელობებს: პატარა და საშუალო მდინარეებისათვის $K_{\text{მათ.}} = 0,8 \dots 0,9$; დიდი მდინარეებისათვის — $0,91 \dots 0,95$.

როდესაც მდინარეზე მოსალოდნელია ყინულხერგილების წარმოქმნა საქირო ხდება საანგარიშო უმაღლესი დონეების განსაზღვრისას სათანადო $\Delta H_{\text{მათ.}}$ შეწორების გათვალისწინება: კატასტროფულად მძლავრი ყინულხერგილების დროს $\Delta H_{\text{მათ.}} \geq 5$ მ, მძლავრი — $\Delta H_{\text{მათ.}} = 3 \dots 5$ მ, საშუალო — $\Delta H_{\text{მათ.}} \leq 3$ მ.

§ 7. წყლის მინიმალური ჩამონადენი

წყლის მინიმალური ხარჯები განეკუთვნება მნიშვნელოვან ჰიდროლოგიურ მახასიათებელთა ჯგუფს, რადგან ძირითადად მათ საფუძველზე ხდება გარანტირებული წყალმომარაგების განსაზღვრა.

წყლის საანგარიშო მინიმალური ხარჯები გამოითვლება ზამთრის და ზაფხულ-შემოდგომის წყალმცირობის სეზონისათვის. მინიმალური ჩამონადენის ძირითად საანგარიშო მახასიათებლად მიჩნეულია საშუალო დღელამერი, საშუალო თვიური და 30-დღიანი მინიმალური ხარჯები. უკანასკნელი განისაზღვრება შემდეგნაირად: დაკვირვებათა მრავალწლიანი პერიოდის ყოველი წლისათვის აგებენ საშუალო დღელამერი ხარჯების ჰიდროგრაფს, მოიკვლევენ მასზე 30-დღიანი ხანგრძლივობის უბანს, რომელიც ხასიათდება უმცირესი ხარჯებით და გაიანგარიშებენ ამ პერიოდის საშუალო ხარჯს. საშუალო თვიური მინიმალური ხარჯები ყოველთვის ჰარბობს მინიმალურ 30-დღიან ხარჯებს.

როდესაც არსებობს მდინარის მინიმალურ ჩამონადენზე მრავალწლიან დაკვირვებათა საქმარის მონაცემები, მინიმალური ხარჯების უზრუნველყოფის თეორიული მრუდები განისაზღვრება ცნობილი წესებით (§ 7.1.1). მინიმალურ ჩამონადენზე დაკვირვებათა არასაქმარის მონაცემების შემთხვევაში მიმართავენ ფაქტურ დაკვირვებათა რიგის გრძელ-

ვადიან პერიოდამდე ანალოგიის მეთოდით დაყვანის ხეკხს (§ 7.1.2).

ჰიდროლოგიური მონაცემების არარსებობის შემთხვევაში ძირითადში მანიპულირებენ 80%-იანი უზრუნველყოფის მინიმალური 30-დღიანი (ან საშუალო თვიური) ხარჯების ცნებით ($Q_{80\%}^{min}$), რომლის მნიშვნელობა

განისაზღვრება მდინარე-ანალოგებისა თუ სპეციალური რუკების მიხედვით. ამ დროს განსაკუთრებულ ყურადღებას აქცევენ მდინარეების კლასიფიკაციის წყალშემკრების F' ფართობის შესაბამისად [9, გვ. 204; 32, გვ. 67; 38, გვ. 12]; პატარა მდინარეებისათვის წყალშემკრების ფართობის ქვედა ზღვართ 20...50 კმ² და ზედა ზღვართ — 1200...10000 კმ² შესაძლებელია შემდეგი ფორმულის გამოყენება [32]

$$Q_{80\%}^{min} = 10^{-3} \cdot a \cdot (F + f_0)^n, \quad (7.50)$$

სადაც a , n , f_0 არის გეოგრაფიული რაიონის შესაბამისი პარამეტრები [32, დან. 2, ცხრ.17].

პროექტირებისას იყენებენ მინიმალური ჩამონადენის მახასიათებლებს ყოველწლიური აღმატების ალბათობით 75...97%. ფიქსირებული 80%-იანი უზრუნველყოფის $Q_{80\%}^{min}$ ხარჯიდან სხვა უზრუნველყოფის მინიმალურ ხარჯებზე გადასვლა ხდება კოეფიციენტების მეშვეობით

$$Q_{p\%}^{min} = \lambda_{p\%} \cdot Q_{80\%}^{min}. \quad (7.51)$$

გადაყვანი $\lambda_{p\%}$ კოეფიციენტის რიცხვითი მნიშვნელობები დადგენილია მდინარე-ანალოგების მონაცემების მიხედვით [9, გვ. 210; 32, გვ. 68, ცხრ. 32].

ასევე გადაყვანი k კოეფიციენტის საშუალებით განისაზღვრება საშუალო დღეღამური მინიმალური ხარჯი [32, გვ. 68, ცხრ. 33]

$$Q_{80\%, დღ}^{min} = k \cdot Q_{80\%}^{min}. \quad (7.52)$$

VIII თავი

მდინარეთა თერმული და ზამთრის (ჰინულოჯიანი) რეჟიმი

წყალნაკადების თერმული და ზამთრის რეჟიმი მნიშვნელოვნად განსხვავდება ასეთისაგან „დამღვარი“ წყლისათვის წყალსატევებში იმიტომ, რომ მდინარეებში განსაკუთრებით საგულისხმოა წყლის ტურბულენტური მიმოქცლის ზეგავლენა.

მდინარეების თერმული რეჟიმი წყლის მასის გარემოსთან სითბოს გაცვლის (თბოგადაცემის) შედეგია, რომელიც ხორციელდება წყალნაკადის საკონტაქტო ზედაპირების მეშვეობით. აქედან, ცხადია, რომ თერმული რეჟიმები წყალნაკადებისათვის ღია და ყინულის ზედაპირებით მნიშვნელოვნად იჭნებიან განსხვავებულად. ამ პარაგრაფში ძირითადად შევხებით ღია მდინარეების თერმულ თვისებებს.

მდინარეში წყლის ტემპერატურის ცვალებადობა მდინარის სითბური ბალანსის განტოლების წევრების დროში და სივრცეში ცვალებადობის შედეგია. ჩვეულებრივ, აღირიცხება მდინარის წყლის ტემპერატურის მერყეობა დროში, ცოცხალ კვეთში და მდინარის სიგრძეზე.

● მდინარის წყლის ტემპერატურის დროში ცვალებადობა გამოისახება წყლის ტემპერატურის მერყეობის დღელამური და წლიური ციკლებით.

წყლის ტემპერატურის დღელამური მერყეობის ამპლიტუდა მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული, რომელთაგან ყველაზე მნიშვნელოვანია მდინარის გეოგრაფიული მდებარეობა, კლიმატური პირობები, მდინარის წყლიანობა. ტემპერატურის დღელამური ცვალებადობის უდიდესი ამპლიტუდა აღირიცხება ზაფხულში, წყლის მინიმალური ტემპერატურით დილით, მზის ამოსვლამდე, და მაქსიმალური ტემპერატურით 15—17 საათებში. ტემპერატურის დღელამური ცვალებადობა შედარებით პატარა მდინარეებში უფრო მნიშვნელოვანი და თვალსაჩინოა.

მდინარის წყლის ტემპერატურის ცვალებადობის წლიური ციკლი ხასიათდება მინიმალური ტემპერატურით ზამთარში (ყინულდგომის დასაწყისი) და მაქსიმუმით — ზაფხულში (ივლისი, აგვისტო). ტემპერატურის სეზონური მატების პერიოდში (ყინულის გახსნიდან ივლის-აგვისტომდე) წყლის ტემპერატურა ჰაერის ტემპერატურაზე ნაკლებია, ტემპერატურის სეზონური კლების პერიოდში კი პირიქით. ჩვეულებრივ, ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა მდინარის წყლის საშუალო წლიურ ტემპერატურაზე ნაკლებია, ვინაიდან ზამთარში წყლის ტემპერატურა 0°C-ზე ქვემოთ არ იწევს.

● მდინარეში აღინიშნება აგრეთვე წყლის ტემპერატურის ცვალებადობა ცოცხალ კვეთში — მდინარის სივანეზე და სიღრმეში.

მდინარის სანაპირო უბნებში არის წყლის შედარებით დაბალი სიღრმეები, მცირე ხვედრითი ხარჯები და სიჩქარეები, ნაკლებია ტურბულენტური მიმოკვლის ინტენსიურობაც; გარდა ამისა, ნაპირთან ხმელეთის ტემპერატურის ცვალებადობა და წყალთან თბოგაცვლა უფრო სწრაფად ხორციელდება. აღნიშნულ ფაქტორები განაპირობებენ მდინარეში წყლის ტემპერატურის ცვალებადობას ნაპირებიდან ღერძისაკენ.

დიდ მდინარეებში ტემპერატურათა ამ სხვაობამ შეიძლება შეადგინოს 3...4°C. გარემოს ტემპერატურის სეზონური მატების პერიოდში წყლის ტემპერატურა ნაპირებთან აღმატება მდინარის შუა ღრუბის ტემპერატურას და, პირიქით, მასზე ნაკლებია ტემპერატურის სეზონური კლების დროს. აღწერილ კანონზომიერებაში მნიშვნელოვანი ცვლილებები შეაქვთ მდინარის შენაკადებს.

მდინარის წყლის ინტენსიური ტურბულენტური მიმოცვლის შედეგად წყლის ტემპერატურის ცვალებადობა სიღრმეში შედარებით ნაკლებად გამოხატულია. ზაფხულში მდინარის სიღრმისაკენ ტემპერატურა კლებულობს და ტემპერატურათა სხვაობამ შეიძლება შეადგინოს 2...3°C; შემოდგომა—ზამთარში, პირიქით, მდინარის ქვედა ფენებისაკენ ტემპერატურა იზრდება, თუშეცა ეს ცვალებადობა მცირეა და არ აღემატება 0,5°C-ს. სიღრმეში წყლის ტემპერატურის ეს ზრდა აიხსნება კალიპოტიდან და გრუნტის წყლებიდან სითბოს მოდინებით.

● წყლის ტემპერატურის ცვალებადობა მდინარის სივრცეზე დამოკიდებულია მდინარისა და მისი შენაკადების კეების ხასიათზე, იმ გეოგრაფიული ზონების თვისებებსა და კლიმატურ პირობებზე, რომლებშიც გაედინება საანგარიშო მდინარე, აგრეთვე მდინარის ძირითად მიმართულებებზე. ჩვეულებრივ, თითქმის ყველა მდინარეში წყლის უმცირესი ტემპერატურა აღინაშნება სათავეში და მატულობს რაღაც მანძილამდე მდინარის მიმართულებით. მაგალითად, მდინარეებში, რომლებიც მიედინებიან ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ, ტემპერატურის ზრდა აღინიშნება მდინარის მთელ სივრცეზე სათავედან შესართავამდე. განედის მიმართულების მდინარეებში ტემპერატურის სივრცეზე ცვალებადობა უმნიშვნელოა.

§ 8. მდინარეთა ზამთრის (ყინულოვანი) რეჟიმი

მდინარის ზამთრის პერიოდად პირობითად მიიჩნევენ დროს შუალედს ჰაერის მდგარი უარყოფითი ტემპერატურების დადგომიდან, როდესაც მდინარეში იწყება ყინულის კრისტალების წარმოქმნა, ვიდრე ყინულის საფარისაგან მდინარის სრულ განთავისუფლებამდე. ასე რომ, მდინარეთა ზამთრის რეჟიმი, ამ შემთხვევაში, გაიგივებულია მდინარის ყინულოვან რეჟიმთან, რომელიც გულისხმობს წყლის გაყინვის, ყინულის დგომისა და მდინარის ყინულისაგან გახსნის მოვლენებს.

ყინულის რეჟიმის დეტალურ ცოდნას დიდი მნიშვნელობა აქვს მდინარეზე ჰიდროკონსტრუქციების წარმატებით მშენებლობისა და მათი შეუფერხებელი ექსპლუატაციისათვის.

ჰაერის ტემპერატურას დაწვეასთან ერთად ექვმა მდინარის წყლის ტემპერატურაც. ჰაერის უარყოფითი ტემპერატურების დადგომისთანავე უპირველესად გადამეტცივდება წყლის ზედაპირული ფენები. შით უფრო მდინარის წყალმარჩხ (სანაპირო) უბნებზე და იწყება ყინულის პირველი კრისტალების წარმოქმნა, ანუ მდინარის წყლის გაყინვის პროცესი. წყლის გადამეტცივებაში იგულისხმება წყლის ტემპერატურის დაწვევა ნულის ქვეშით გრადუსის მერსედ ნაწილებამდე. წყალნაკადის მოძრაობის ტურბულენტური ხასიათი განაპირობებს ზედა ფენებთან ერთად წყლის გადამეტცივებას მდინარის მთელ განივკვეთში, რასაც მოჰყვება წყლის შიგნით და მდინარის ფსკერზე პირველადი ყინულის კრისტალების ფორმირება. მდინარის სიღრმეში გადამეტცივების გავრცელებისა და ყინულის კრისტალიზაციის პროცესები მით უფრო სწრაფად მიმდინარეობს, რაც უფრო დაბალია ჰაერის ტემპერატურა და სწრაფია წყალნაკადი. კრისტალიზაციის პერიოდში გამოიყოფა სითბო, რომელიც წარიტაცება ტურბულენტური ნაკადით და კრისტალიზაციის პროცესი არ ფერხდება.

გადამეტცივებული წყლის კრისტალიზაცია საგრძნობლად ჩქარდება მდინარის კალაპოტის ფსკერის ხორკლიანობის ზონაში, სადაც წყალნაკადის სიჩქარეები პრაქტიკულად ნულს უტოლდება; ყინულის კრისტალების შიკავშირების (შეყინვის) შედეგად აქ წარმოიქმნება ფსკერული ყინული. იგი ნაწილობრივ იცავს მდინარის ფსკერს გადამეტცივებული წყლის უშუალო ზემოქმედებისაგან და ხელს უწყობს ფსკერის ტემპერატურის აწევას გრუნტის საკონტაქტო ფენების სითბოს ხარჯზე. ამის გამო ფსკერული ყინულის ქვედა ფენა შეიძლება გალღვეს და ყინული ზევით ამოტივტივდეს.

წყალნაკადთან ერთად წყლის შიგნით ქაოსურად მოძრაობს პირველადი ყინულის კრისტალები შეხებისას ერთმანეთს შეეყინება და წარმოქმნის წყლისშიდა ყინულის ყველაზე გავრცელებულ ფორმას — თოშს. თოშში გადაადგილდება წყალნაკადთან ერთად (ზედაპირზე ან ნაკადის შიგნით); იგი შეიძლება იყოს უძრავ მდგომარეობაშიც ყინულის საფარის ქვეშ.

როგორც ვთქვით, წყლისშიდა ყინულის (თოშისა და ფსკერული ყინულის) წარმოქმნის მთავარი ფაქტორია წყლის მთლიანი მასის გადამეტცივება. ამიტომ, მდინარის ზედაპირზე ყინულის მთლიანი საფარის განვითარებასთან ერთად წყდება წყლისშიდა ყინულის ფორმირების პროცესი, რადგან ყინულის საფარი იცავს წყალნაკადს გადამეტცივებისაგან. ყინულის საფარის ქვეშ შერჩენილი თოშის ნაწილი გაიტანება ქვევით ნაკადის მიმართულებით, ნაწილი კი ღვებება წყლის ტემპერატურის შედარებითი აწევის შედეგად.

წყლისშიდა ყინული ზოგჯერ ართულებს მდინარის ჰიდროლოგიურ რეჟიმს. ხშირია შემთხვევები, როდესაც მდინარის ქვემო წელი ყინულითაა დაფარული, ზემოთ კი მდინარე ღიაა და ყველა პირობაა თოშის წარმოსაქმნელად; ზემოდან მოსული წყლისშიდა ყინული, შეეურდება რა ყინულის საფარის ქვეშ, მკვეთრად ამცირებს მდინარის ცოცხალი კვეთის ფართობს და გამტარუნარიანობას. შედეგად შევიწროებული კვეთის ზემოთ წყლის დონეები იზრდება, იმსხვრევა ყინული. იტბორება მნიშვნელოვანი ტერატორია. წყლისშიდა ყინული საგრძნობლად ართულებს ზოგიერთი ჰიდროტექნიკური ნაგებობის ექსპლუატაციას: სიღრმული წყალმიღებების ხერხებისა და გისოსების შემოყინვა. ჰიდროტექნიკური საკეტების თოშით გაქედვა, წყალსატარი ნაგებობების ჰიდრაულიკური რეჟიმის გაუარესება და სხვ.

ყინულგომის პერიოდი

ზედაპირული ყინულის ჩამონამტვრეეები, ზედაპირზე ამორტივებული ფსკერული ყინული და თოში მოძრაობენ რა დინების მიმართულებით (შემოდგომის ყინულსვლა) მონაწილეობენ მდინარის ზედაპირზე ერთიანი ყინულის საფარის ფორმირებაში; მათი ურთიერთმიყინვის პროცესი იწყება მდინარის იმ უბნებზე, სადაც შეიძინევა ყინულის სიჩქარის შეფერხება (მოხვეულობები, კლანილები, წყალმარჩხი უბნები, კალაპორტის შევიწროებები) და ვრცელდება მთელ მდინარეზე. იწყება მდინარის ზამთრის რეჟიმის ყინულდგომის ფაზა — მდინარის ზედაპირზე ჩამოყალიბდება ყინულის ერთიანი უძრავი საფარი.

მდინარე გარკვეულ ადგილებში შეიძლება არ გაიყინოს მთელი ზამთრის განმავლობაში. ასეთ ადგილებს ყინულდრუებს უწოდებენ და წარმოიქმნებიან, მაგალითად, ღრმა ტბებიდან გამოდინებული მდინარეების სათავეებთან, ჰიდროკვანძების ქვემო ბოფში, მდინარის უბნებზე სწრაფი მოძრაობით, შედარებით თბილი გრუნტის წყლების გამოსვლის ადგილებში. ყინულდრუებში არ წყდება წყლის გადაშეტცივება ანუ თოშისა და ფსკერული ყინულის წარმოქმნა.

მდინარის ყინულის საფარი და მასზე დაღებული თოვლი არეგულირებს მდინარის წყალსა და ჰაერს შორის თბოგაცვლის პროცესს. თუ წყლისა და თოვლის გავლით ჰაერში გაიფანტება იმაზე მეტი სითბო, რაც ყინულს მდინარის წყლიდან გადაეცემა, ყინულის საფარის სისქე მატულობს (ქვედა, წყალთან კონტაქტის მხრიდან). თბოგაცვლის ბალანსში მთავარი როლი მიეკუთვნება თოვლს, რადგან თოვლი ყინულთან შედარებით გაცილებით უფრო ცუდი თბოგამტარია.

ყინულდგომის პერიოდში ყინულის სისქის ცვალებადობის განსაზღვრა — პროგნოზირება მნიშვნელოვანი პრაქტიკული ამოცანაა. მაგალი-

თად, ზამთრის მკაცრი კლიმატური პირობების რაიონებში გაყინული მდინარეები წარმოადგენენ ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს საკომუნეკაციო არტერიებს.

მდინარის ყინულის სისქის საანგარიშო ფორმულა მიიღება ყინულის ქვედა ზედაპირის სითბოს ბალანსის დიფერენციალური განტოლების ინტეგრირების შედეგად [3]. თუ ყინულის სისქის ცვალებადობის დროის ერთეულად შევიჩრჩევთ დღელაბეს, ფორმულა ჩიწერება შემდეგი სახით

$$h_y = \sqrt{(h'_y + 14,8h_m)^2 + 12,5 \cdot \Sigma t_y - 14,8 \cdot h_m} \quad (8.1)$$

სადაც h'_y , h_y არის მდინარის ყინულის საფარის სისქე შესაბამისად დროის ათვლის საწყისი და საანგარიშო მომენტისათვის, სმ;

Σt_y — ყინულის ზედაპირის (ან მასზე არსებული თოვლის) საშუალო დღელამური უარყოფითი ტემპერატურების ჯამი;

h_m — ყინულზე თოვლის საფარის სიმაღლე საანგარიშო მომენტისათვის, სმ.

თუ ათვლას დავიწყებთ ყინულის წარმოქმნის საწყისი მომენტიდან, მაშინ $h'_y = 0$; ამასთან, თუ დავეშვებთ, რომ $h_m \approx 0$, საანგარიშო (8.1) ფორმულა მიიღებს მარტივ სახეს

$$h_y = 3,54 \sqrt{\Sigma t_y} \quad (8.2)$$

მოყვანილ ფორმულებში საჭიროა ვიცოდეთ ყინულის ზედაპირის ტემპერატურა, რაც ჰიდრომეტეოროლოგიურ სადგურებსა და საგუშაგოებში, ჩვეულებრივ, არ იზომება. ამ უხერხულობის თავიდან ასაცილებლად ყინულის ზედაპირის ტემპერატურას ცვლიან ჰაერის საშუალო დღელამური უარყოფითი ტემპერატურით (t_a) მათ შორის არსებული დამოკიდებულების საფუძველზე. მაგალითად, ფ ბილინის მიხედვით

$$h_y = 2 \cdot \sqrt{\Sigma t_a} \quad (8.3)$$

სებქოთა კავშირის მდინარეების ყინულის საფარის სისქე ვარიირებს 0,2... 2,0 მ ფარგლებში. ფრად საგულისხმოა აკრეთვე განსხვავება ყინულდგომის ვადებსა და ხანგრძლივობაში: აზიური ნაწილის ჩრდილოეთით ყინულდგომა გრძელდება 6... 8 თვეს, მაშინ, როდესაც სამხრეთში ან კავკასიისა და შუა აზიის მთიან რაიონებში ყინულდგომა შეიძლება არც განვითარდეს.

8. 2. 8. ყინულის საფარის განხილვის პერიოდი

ჰაერის მდგარი დადებითი სითბური ბალანსის ჩამოყალიბებასთან ერთად იწყება ყინულის საფარის დნობისა და მსხვრევის ანუ ყინულის გახსნის ფაზა. ყინულის მსხვრევის ძირითადი ფაქტორები თერმული და მექანიკური ხასიათისაა.

● **აერმული ფაქტორები** მეტწილად ლოზინიკებენ მდინარეებში, რომლებიც ზოგიერთი ხარდილოეთიდან სამხრეთისაკენ (მაგ. ვოლგა, დნეპრი). მათი გახსნა იწყება სამხრეთის შედარებით თბილი რაიონებიდან და გაზაფხულის მსვლელობასთან ერთად გადაადგილდება ჩრდილოეთისაკენ.

უპირველესად დნობას იწყებს ყინულზე არსებული თოვლი, მდნარი წყალი ხელს უწყობს ყინულის დნობასაც. ყველაზე ინტენსიურად დნება ყინული მდინარის სანაპირო ზოლში, რისთვისაც არსებობს ხელშემწყობი პირობები: წყალშემკრები აუზიდან წყლების შემოდინება, სითბოს მოდინება მდინარის ხაპირებიდან. გარდა ამისა, წყლის საგაზაფხულო მატებასთან ერთად ყინულის საფარი რამდენადმე იბურცება, რაც იწვევს სანაპირო ზოლისაკენ ყინულის ზედაპირის მდნარი წყლების კონცენტრაციას. შედეგად, ყინულის სრული გახსნის წინ მდინარის ნაპირების გასწვრივ ფორმირდება უყინულო წყლის ზოლები. წყლის დონის შემდგომი მატების პროცესში ყინულის საფარი შთაინად მოწყდება მდინარის სანაპირო ყინულს. ერთდროულად მიმდინარეობს ყინულის სისქის შემცირება ზედა და ქვედა ზედაპირებიდან. მდინარის სწრაფი დინების, მაგალითად, ჩქვრების ადგილებში ყინულის ველში წარმოიქმნება ყინულისაგან თავისუფალი უბნები. ყინულის დაბზარვისა და მსხვრევის პროცესი გრძელდება და იქმნება ყინულის ველის დაძვრის პირობები. რამდენიმე დაძვრის შემდეგ (რომელთა შორის დროის ინტერვალები შეადგენენ კვირასა და მეტსაც) ყინული იმსხვრევა და იწყება გაზაფხულის ყინულსვლა.

ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ მოგებულ მდინარეებში ყინულსვლა წინ უსწრებს გაზაფხულის წყალდიდობის ტალღის ჩაელას, ამიტომ მდინარეში ყინულის გატარების პროცესი შედარებით მშვიდად მიმდინარეობს: ზემოდან მოცურებულ ყინულის მასივებს ქვემო დინებაში ხვდება ყინულისაგან მეტწილად განთავისუფლებული წყალი.

● ყინულის გახსნის ხასიათი თავისებურია იმ მდინარეებში, რომლებიც მოძრაობენ სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ. ყინულის გახსნა და ყინულსვლა იწყება მდინარის ზემო წელში მაშინ, როდესაც მდინარის ქვემო (ჩრდილოეთი) უბნები ისევ დაჯარულია ნაპირებს შექვიდული მძლავრი ყინულით. გაზაფხულის წყალდიდობის დონეების მატებასთან ერთად ყინულის საფარი იბურცება, იბზარება და იმსხვრევა ცალკეულ ველებად. გაზაფხულის წყალდიდობის ტალღა წინ უსწრებს ყინულის გახსნის ფაზას და ყინულმსხვრევის მალომინარებულ ფაქტორებად ასეთ მდინარეებში გვევლინება მექანიკური ძალები. გაზაფხულის ყინულსვლა მიმდინარეობს ძალიან მძაფრად: ზემოდან მოცურებულ ყინულებს ქვემო წელში ხვდება დაძვრილი ან ჯერ კიდევ მდგარი ყინულის მეტი და მეტი მასები, მდინარის კალაპოტის ბუნებრივი (შევიწროებები, მოხვეულობე-

ბი, ჩქერები) თუ ხელოვნური (ხიდები, სამშენებლო ჯებირები) წინააღმდეგობების ადგილებში ფრობდება ყანულის გატარება, ის ზეანდება და წარმოიქმნება ყიხულხეჩგილები — ყინულის ბუნებრივი კაშხალები; შედეგად ჰვეითად ხზრდება წყლის დონეები, იტბორება დადი ტერიტორიები, რეალური საშიშროება ემუქრება ქვემოთ განლაგებულ ქილოტექნიკურ ნაგებობებს.

გაზაფხულის ყინულსულის ვადები საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე, რა თქმა უნდა, სხვადასხვაა. მაგალითად, ევროპული ნაწილის საშრეთის მდინარეებში ის იწყება მარტში, ცენტრალურ რაიონებში აპრილში, ხოლო უკიდურეს ჩრდილოეთში — მაისში.

IX თავი

მდინარის მყარი ჩამონადენი. კალაპოტური პროცესები

ნებისმიერი წყალსამურნეო მშენებლობისათვის აუცილებელია ეიცოდეთ მდინარის ბუნებრივი კალაპოტური პროცესების თავისებურებანი, როკელსაც ძირითადში განსაზღვრავს მდინარის მყარი ჩამონადენი — მდინარის მყარი ნატანი.

§ 0. 1. მდინარის ნატანი

წყალშემკრებიდან მოდინებელი წვიმისა თუ თოვლის დნობის ზედაპირული წყლების მექანიკური ზემოქმედების შედეგად ნიადაგის, გრუნტებისა და მთის ქანების ჩარეცხვა — გადატანის პროცესს ფერდულ ეროზიას უწოდებენ. წყალშემკრების ზედაპირის ეროზიის პროდუქტის — მყარი მინერალური ნაწილაკების უმეტესი ნაწილი ხდება მდინარის სისტემაში. გარდა ამისა, მდინარის კინეტიკური ენერჯიის გარკვეული რაოდენობა იხარჯება საკუთრივ კალაპოტის ამგები გრუნტებისა და ნიადაგის წარეცხვაზე (კალაპოტის გადაფორმირებაზე), რის შედეგადაც მდინარეში ხდება მყარი მასალის დამატებითი მოცულობა; ამ პროცესს კალაპოტური ეროზია ჰქვია. აღნიშნულ შემთხვევებში ეროზიის მთავარ მიზეზობრივ ფაქტორად გვევლინება წყალნაკადი და, ამიტომ, ეროზიის ეს ორივე მოვლენა წარმოადგენს წყლისმიერი ეროზიის ნაირსახეობას.

მდინარეში მყარი მასალის შეტანის საერთო პროცესში მნიშვნელოვანია აგრეთვე წყალშემკრების ქარისმიერი ეროზიის როლი.

წყალშემკრებებისა და კალაპოტების წყლისმიერი თუ ქარისმიერი

ეროვნის შედეგად მდინარეში მოხვედრილ მყარ ნაწილაკებს, რომლებიც, გადაადგილდებიან რა წყალნაკადთან ერთად, მონაწილეობენ კალაპორტის ფორმირების პროცესში, მდინარის ნატანს უწოდებენ.

წყალში ნატანის არსებობა მნიშვნელოვნად აართულებს მდინარეების წყალსამეურნეო გამოყენებას: ტურბინებისა და ტუმბოების ფრთები განიცდის მექანიკურ ცვეთას, საკირო ხდება სპეციალური სალექრების მოწყობა, ილამება წყალსაცავები, ღერივაციული და ირივაციული წყალსატარები. ასე რომ, ხმელეთის ეროვნისაგან დაცვას სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს არა მარტო პირველყოფადი ბუნების შენაოჩუნებისთვის, არამედ კაცობრიობის მომავლისთვისაც. ტყეების მასიური გაჩეხვის, მცენარეული საფარის განადგურების, ფერდობების არასწორი მოხვნა-დამუშავებისა თუ დამიანის სხვა დაუკვირებელი საქმიანობის შედეგად მკვეთრად იზრდება მიწების ეროვნის რაოდენობრივი მახასიათებლები: მსოფლიოს ხმელეთის 65% ეროვნისაგან მეტნაკლებადაა დაზიანებული, აქედან 34% მოდის ქარისმიერი, ხოლო 31% — წყლისმიერი ეროვნის წილად; ყოველწლიურად მსოფლიო ოკეანეში ჩაირეცხება ნატანის სახით 60 მილიარდი ტონა ნიადაგური მასალა (უწინ ეს ციფრი 3...8 მილიარდ ტონას არ აღემატებოდა); საბჭოთა კავშირის ევროპული ნაწილის შეემიწანიადაგიანი რაიონების ერთეული ჰექტარიდან წელიწადში მდინარის ნატანად იქცევა 10...15 ტ ნიადაგი; საქართველოში არსებული 1 მილიონი ჰექტარი სახნავ-სათესი საეარგულიდან ეროვნით დაზიანებულია 50%, საშუალოდ და ძლიერად გადაარეცხლია ამ მიწების ნახევარი.

საერთის პრობლემატურობაზე შეტყუვლებს მეცნიერთა დასკვნა იმის თაობაზე, რომ ნიადაგის 3 სანტიმეტრიანი ზედა ფენის აღღვენას 300...1000 წელიწადი სჭირდება.

ნებისმიერი სახის ეროვნისთან ბრძოლის ყველაზე ეფექტური საშუალებაა ხმელეთის მცენარეული საფარის გაფართოება-განვითარება. ამ ღონისძიების სასიკეთო გავლენის ხაზგასასმელად აღვნიშნავთ, რომ ტყის ზონებიდან ნიადაგის ჩამორეცხვა პრაქტიკულად წულის ტოლია.

9. 1. 1. ნატანის სახეობა

მდინარის მიერ ნატანის გადაადგილების ფორმების შესაბამისად განარჩევენ შეწონილ და ფსკერულ ნატანს. შეწონილს უწოდებენ ნატანს, რომელიც გადაადგილდება წყალნაკადთან ერთად მის სიზრქეში შეწონილ მდგომარეობაში; ფსკერულს კი მიაკუთვნებენ ნატანს, რომელიც რჩება უძრავი ან გადაადგილდება მდინარის ფსკერზე. ეს კლასიფიკაცია, რასაკვირველია, პირობითად ასახავს ნატანის მექანიკურ თვისებებს: ერთი და იგივე ნაწილაკი შეიძლება გადაადგილდეს სხვადასხვა ფორმით, ამისდა შესაბამისად, თუ როგორია წყალნაკადის სიჩქარე.

მდინარის კალაპოტის ფორმირებაში თავისი წვლილის მიხედვით განასხვავებენ კალაპოტის შაფორმირებელ და ტრანზიტულ (არამაფორმირებელ) ნატანს. პირველი კატეგორია მოიცავს შედარებით მსხვილ ნაწილაკებს, რომლებიც დროში და სივრცეში გადაადგილდებიან, ილექებიან, წაირეცებიან და ჯამში მუდმივად მონაწილეობენ კალაპოტის გადაფორმირების პროცესში. არამაფორმირებელი ნატანი შედგება უწყვილესი ნაწილაკებისაგან, რომლებიც შეწონილ მდგომარეობაში გადაიტანება დიდ მანძილებზე და შეიძლება დაილეკონ მხოლოდ ბუნებრივ ან ხელოვნურ წყალსატევებში ან მდინარის ქალა კალაპოტებში.

გარდა აღნიშნულისა მდინარეს გადააქვს წყალში გახსნილი სხვადასხვა არაორგანული და ორგანული ნივთიერება; მდინარის ქიმიური ნატანი არავითარ გავლენას არ ახდენს კალაპოტურ პროცესებზე.

9. 1. 2. ნატანის ფიზიკურ-მექანიკური და ჰიდრავლიკური მახასიათებლები

ბუნებრივი გრუნტები წარმოადგენენ სხვადასხვაგვარი ელემენტების ერთობლიობას. რომლებიც გაერთიანებულია შემდეგ სამ ჯგუფში: მყარი მინერალური ნაწილაკები. წყალი სხვადასხვა მდგომარეობაში და იირები. მდინარის ნატანს ქმნის აოოორგანული წარმოშობის მინერალური ნაწილაკები, რომლებიც ხასიათდებიან მრავალფეროვანი ფორმით, ზომით, მინერალური შემადგენლობით. ნატანისა და მისი შემადგენელი მინერალური ნაწილაკების საინჟინრო კლასიფიკაციისათვის იყენებენ რიგ ფიზიკურ-მექანიკურ და ჰიდრავლიკურ მახასიათებლებს.

● ნატანის შემადგენელი მარცვლების გეომეტრიული სისხოს შეფასება შესაძლებელია მისი რომელიმე ხაზოვანი ზომის მიხედვით. ვინაიდან მარცვალი, ჩვეულებრივ, არასწორი გეომეტრიული ფორმისაა, ამიტომ მეტწილად მანიპულირებენ საანგარიშო ნაწილაკის ეკვივალენტურს, იგივე V , მოცულობისა და ρ , სიმკვრივის სფეროს დიამეტრის ცნებით

$$d_e = \sqrt[3]{6 \cdot V_s / \pi} = \sqrt[3]{6 \cdot M_s / (\pi \cdot \rho_s)} = \sqrt[3]{6 \cdot G_s / (\pi \cdot \gamma \cdot \rho_s)}, \quad (9.1)$$

სადაც G_s , არის საანგარიშო მარცვლის წონა;

M_s , — მარცვლის მასა მყარ ტანში.

სპეციალურ ლიტერატურაში მრავლადია გრუნტის ნაწილაკების კლასიფიკაცია გეომეტრიული სისხოს (დიამეტრის) მიხედვით. მაგალითისათვის მოგვყავს ვ. გონჩაროვის კლასიფიკაციის სკალა [15] (ცხრილი 9. 1).

მთის მდინარეებისათვის დამახასიათებელია აგრეთვე ნატანის უფრო მზვილი შემადგენლობა, ვიდრე ცხრილშია აღნიშნული. მაგალითად, ვ. ოხოტინის მიხედვით ამ კლასიფიკაციას შეიძლება დაემატოს: რიყის

№ №	ნატანის დასახელება	ნატანის ნაწილაკების ზომე- ბი, მმ	ქილაქილამეტრი- თი სისხრი, მმ/წმ (20°C)
1	თხი მსხვილი	0,0015 ... 0,005	0,007
2	ლამი წვრილი	0,005 ... 0,015	0,066
3	ლამი საშუალო	0,015 ... 0,05	0,7
4	ლამი მსხვილი	0,05 ... 0,15	6,63
5	ქვიშა წვრილი	0,15 ... 0,5	34,4
6	ქვიშა მსხვილი	0,5 ... 1,5	110
7	ხრეში წვრილი	1,5 ... 5,0	241
8	ხრეში მსხვილი	5,0 ... 15,0	425
9	კენჭი წვრილი	15 50	765
10	კენჭი მსხვილი	50 150	1345

ქვა და მსხვილი ლორღი (100 ... 200 მმ), კაქარი დამრგვალებული და ქვა კუთხოვანი (წვრილი 200 ... 400 მმ, საშუალო 400 ... 800 მმ, მსხვილი — 800 მმ და მეტი).

● სიმკვრივე ერთ-ერთი ყველაზე საპასუხისმგებლო ფიზიკური მახასიათებელია. თუ M_s არის ნატანის მარცვლის მასა მყარ ტანში (ანუ ფორების გარეშე), ხოლო V_s კი—მოცულობა, რომელიც უჭირავს ამ ტანს, მაშინ ნატანის მარცვლის სიმკვრივე იქნება

$$\rho_s = M_s / V_s \text{ კგ/მ}^3. \quad (9.2)$$

ბუნებრივი გრუნტების მინერალური ნაწილაკების სიმკვრივე ვარი-რებს შიგნით დაახლოებით—2500 ... 2800 კგ/მ³.

● ნატანის ნაწილაკის ფიზიკურ მახასიათებლად იყენებენ მისი კუ-თრი წონის ცნებას (γ_s). თუ G_s არის ნაწილაკის წონა მყარ ტანში მაშინ

$$\gamma_s = G_s / V_s. \quad (9.3)$$

ცნობილი ტოლობის $G_s = M_s \cdot g$ გამოყენებით მივიღებთ მეტად საკი-რო (მულტიპლიკაციური) კავშირს ნაწილაკის კუთრი წონასა და მის სიმკვრივეს შორის

$$\gamma_s = G_s / V_s = M_s \cdot g / V_s = \rho_s \cdot g. \quad (9.4)$$

ბუნებრივი გრუნტების მარცვლებისათვის $\gamma_s = 24500 \dots 27500$ ნ/მ³.

განგარიშებისას ხშირად მიმართავენ მოსახერხებელ უგანჯობი-ლებო გამოსახულებას, რომელსაც უწოდებენ ნაწილაკის კუთრი წონას (სიმკვრივეს) წყალში

$$a = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \text{ ან } a = \frac{(\gamma_s - \gamma) / g}{\rho} = \frac{\rho_s - \rho}{\rho}, \quad (9.5)$$

სადაც γ , ρ არის წყლის კუთრი წონა და სიმკვრივე.

თუ საანგარიშოდ მივიჩნევთ წყლის ტემპერატურას 4°C , მაშინ $\gamma = -9806,7 \text{ ნ/მ}^3$, $\rho = 1000 \text{ კგ/მ}^3$ და $\alpha = 1,65$.

● ნატანის შარცვლები აქ მოყვანილი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები არაა საკმარისი სამდინარო პროცესების სრულად აღსაწერად. ამიტომ საჭირო გახდა ამისთანავე მყარი ნაწილაკის ჰიდრაულიკური მახასიათებლის მოშველიებაც.

უძრავ წყალში ჩაძირული გრუნტის ნაწილაკი თავდაპირველად ფსკერსაკენ ეშვება აჩქარებით; სიჩქარის ზრდასთან ერთად იზრდება წყლის წინააღმდეგობა და მომენტიდან, როდესაც ნაწილაკზე მოქმედი სიმძიმის G_s ძალა გაუტოლდება მოძრაობის წინააღმდეგობის R ძალას, ნაწილაკის მოძრაობა გახდება თანაბარი. უძრავ წყალში მყარი ნაწილაკის თანაბარი ვარდნის ა სიჩქარეს ნაწილაკის ჰიდრაულიკური სისხო პქეია.

თუ ნაწილაკის დიამეტრია d_s , მაშინ მისი წონა წყალში იქნება

$$G_s = (\gamma_s - \gamma) \cdot \pi \cdot d_s^3 / 6. \quad (9.6)$$

ნაწილაკზე მოქმედი წინააღმდეგობის R ძალა განისაზღვრება ვარდნისას ნაწილაკის წყლით გარსშემოღენის ხსიათის შესაბამისად. გარსშემოღენის ტურბულენტური რეჟიმის შემთხვევაში

$$R = C_s \cdot \frac{\pi d_s^3}{4} \cdot \gamma \cdot \frac{\omega^2}{2g}, \quad Re > 240. \quad (9.7)$$

ზემომოყვანილ გამოსახულებებში

$Re = \omega \cdot d_s / \nu$ არის რეინოლდსის რიცხვი;

ν — წყლის სობლანტის კინემატიკური კოეფიციენტი;

C_s — შუბლური წინაღობის უგანზომილებო კოეფიციენტი, $\sim 1,17$.

სიმძიმის (G_s) და წინააღმდეგობის (R) ძალების განტოლება მიგვიითებს ნაწილაკის თანაბარ ვარდნაზე და განსაზღვრავს ამ თანაბარ ვარდნის სიჩქარეს ანუ ჰიდრაულიკურ სისხოს. ასე რომ, პირობიდან $G_s = R$ შივილებთ

$$\omega = \sqrt{2g \cdot (\gamma_s - \gamma) \cdot d_s / (1,75 \cdot \gamma)} \quad (9.8)$$

ნატანის ნაწილაკების ჰიდრაულიკური სისხოს მიახლოებითი მნიშვნელობები მითითებულია 9.1 ცხრილში.

● ბუნებაში პრაქტიკულად არ არსებობს გრუნტები ერთგვაროვანი შარცვლების შემადგენლობით. არაერთგვაროვანი ნატანის გეომეტრიული სისხოს ყველაზე შარტივი და მოხერხებულ მახასიათებელია ნატანის საშუალო დიამეტრი, რომელიც გაიანგარიშება საცერთა სტანდარტულ სისტემაში სინჯის გატრის შედეგად ფორმულით

$$d_{10} = \sum d_i \cdot p_i / 100, \quad (9.9)$$

სადაც d_i არის მომიჯნავე საცრებს შორის შოკტეული მარცვლების საშუალო სისხო;

p_i — გამოსახავს i ფრაქციის მასურ ოდენობას პროცენტებში სინჯის საერთო მოცულობიდან.

● საშუალო დიამეტრი არასრულად ახასიათებს ნატანის შემადგენლობის არაერთგვაროვნებას. მართლაც, სხვადასხვე შემადგენლობისა და არაერთგვაროვნების გრუნტებს შეიძლება ჰქონდეს ტოლი საშუალო დიამეტრები. მარცვლოვანი შემადგენლობის არაერთგვაროვნების უკეთ შესაფასებლად შემოაქვთ ნატანის არაერთგვაროვნების კოეფიციენტის ცნება. მაგალითად, ვ. ისტომინას რეკომენდაციით არაერთგვაროვნება ფასდება ფარდობით

$$\eta = d_{60}/d_{10} \quad (9.10)$$

სადაც d_{60} და d_{10} არის გრუნტის გრანულომეტრიული შრულიდან აღებული დიამეტრები იმ მარცვლებისა, რომლებიც უფრო მეტივე დიამეტრის მარცვლებთან ერთად შეადგენენ სინჯის წონის 60% და 10%-ს.

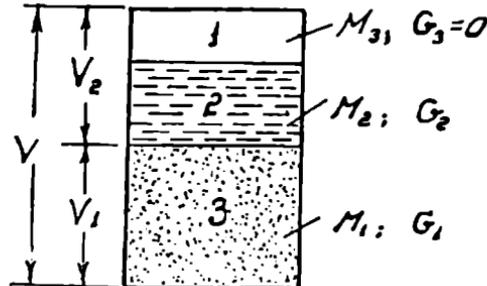
● მდინარის ნატანი წარმოდგენილია მყარი მინერალური ნაწილებით (მარცვლებით), ფორები რომელთა შორის შეიძლება შეესებულები იყოს წყლით და ჰაერით. გამოვსახოთ ნატანის რიდაც V მოცულობა (სინჯი) შექადგენლობის სქემატიზებული მოდელის სახით (ნახ.9.1): M_i , G_i და V_i , ($i=1,2,3$) არის ამ სინჯში მყარი, წყლისა და ჰაერის ნიეთიერების მასა, წონა და მოცულობა.

სხვადასხვა მდინარეების ნატანთა ანალიზებში უჩვენეს, რომ მათი მარცვლოვანი შემადგენლობა პრაქტიკულად ერთგვაროვანია კუთრი წონით, ამიტომ ნატანის კუთრი წონის რიცხობრივი ოდენობა ცალკეული მარცვლების (9.3)

კუთრი წონას ემთხვევა

$$\gamma_s = G_1/V_1 = \rho \cdot M_1/V_1 \quad (9.11)$$

● ნატანის მოცულობითი წონა განისაზღვრება ბუნებრივი მდგომარეობის ნატანის სინჯის წონის ფარდობით სინჯის მოცულობასთან



ნახ. 9. 1. ნატანის სინჯის სქემატური მოდელი. 1—მყარი მინერალური ნიეთიერება; 2—წყალი; 3—ჰაერი.

$$\gamma_0 = \frac{G_1 + G_2 + G_3}{V_1 + V_2} = \frac{G_1 + G_2}{V} = \frac{g(M_1 + M_2)}{V}. \quad (9.12)$$

ნატანის ამ ფიზიკურ მახასიათებელს განსაკუთრებული გულმოდგინებით ანგარიშობენ, რადგან ის იძლევა ძირითად ინფორმაციას ნატანის მდგომარეობაზე.

ნატანის უკეთ დასახსიათებლად შემოაქვთ გრუნტის ჩონჩხის მოცულობითი წონის ცნება; ავი წარმოადგენს ზეარი ნაწილაკების წონის (G_1) ფარდობას საერთო მოცულობასთან

$$\gamma_s = G_1 / (V_1 + V_2) = g \cdot M_1 / V. \quad (9.13)$$

● ნატანის ფორების (V_2) მოცულობის ფარდობას ნატანის საერთო მოცულობასთან ნატანის ფორიანობა ჰქვია

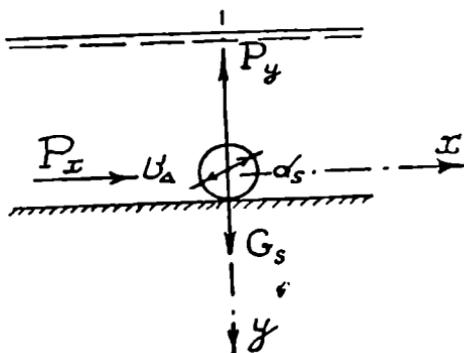
$$n = V_2 / V \text{ ან } n = \frac{V - V_1}{V} = 1 - V_1 / V = 1 - m. \quad (9.14)$$

სადაც m არის ზეარი ნაწილაკების ოდენობა გრუნტის ერთეულ მოცულობაში.

9. 1. 3. შაფონილი ნატანი. სიმკვრივე

ნატანის მარცვლის კუთრი წონა წყალში ($\gamma_s - \gamma$) საშუალოდ 1,65-ჯერ აღემატება წყლისას (γ). რის გამოც ნაწილაკი თითქოს ყოველთვის წყალნაკადის ფსკერზე უნდა ეშვებოდეს. ამ ასპექტში საინტერესოა წყალნაკადის მიერ ნატანის ზეარი ნაწილაკის შეტივტივების შექანიზმის განსაზღვრა.

განვიხილოთ მდინარის ფსკერზე ცალკე მდებარე d_s დიამეტრის სფეროს ფორმის სხეული (ნახ. 9. 2) და განვსაზღვროთ მისი წონასწორობის (გადაადგილებისადმი მდგრადობის) პირობა.



სხეულზე, რომელსაც წყალი გარსშემოედინება ფსკერისპირა r_d სიჩქარით, ემოქმედებს წყლის უბეღური წნევის (9.1) პიდროდინამიკური ძალა

$$P_x = C_x \cdot \pi d_s^2 / 4 \cdot \gamma \cdot U_d^2 / 2g, \quad (9.15)$$

ნახ. 9. 2. ფსკერული ნატანის მარცვლისა და მასზე მოქმედ ძალები.

დამწვევი პიდროდინამიკური ძალა P_x ძალა, რომელიც გა-

შოსახება ამავე ფორმულით, ოღონდ წინალობის სხვა C , კოეფიციენტით.

ამწევი P_x ძალის წარმოქმნა განპირობებულია სხეულის წყლით გარსშემოღების ასიმეტრიული ხასიათით: სხეულის ზემო ზედაპირზე გარსშემოღების ადგილობრივი სიჩქარეები აღემატება სიჩქარეებს ქვედა ზედაპირთან იმის გამო, რომ წყალნაქადის ვერტიკალზე სიჩქარეთა განაწილების კანონზომიერების შესაბამისად (§ 14.1) ადგილობრივ სიჩქარეთა გრადიენტები ფსკერთან უფრო დიდია. ამის შესაბამისად, სხეულის ზემოთ წნევა იქნება შედარებით ნაკლები და მასზე ქვემოდან იმოქმედებს ამწევი ტოლქმედი.

შევადგინოთ საანგარიშო სხეულის წონასწორობის განტოლება მისი წყალში წონის (9.6) ძალის გათვალისწინებით

$$P_x = (G_x - P_y) \cdot f$$

ან

$$C_x \cdot \gamma \cdot V_{\Delta}^3 / 4g = [d_s \cdot (\gamma_s - \gamma) / 3 - C_y \cdot \gamma \cdot V_{\Delta}^3 / 4g] \cdot f. \quad (9.16)$$

აქ f არის წყალში ნატანის ხახუნის კოეფიციენტი.

სხეულის წონასწორობის დარღვევა, გადაადგილების ხასიათი თუ შეტივტივება განპირობებულია ჰიდროდინამიკური P_x და P_y ძალებით, რადგან $G_x = C^x$. როდესაც, წყალნაქადის V_{Δ} სიჩქარის ზრდასთან ერთად, შუბლური წნევის P_x ძალა გადააქარბებს სხეულის წინააღმდეგობას, ის დაიწყებს გადაადგილებას. წყალნაქადის სიჩქარის შემდგომი ზრდისას დადგება მომენტი, როცა ამწევი P_y ძალა გაუტოლდება, ხოლო შემდეგ გადაამეტებს სხეულის G_x წონას და სხეული აიწევეს ზემოთ; როგორც კი სხეული მოცოდება ფსკერს, მის ზედა და ქვედა ზედაპირებთან წყლის გარსშემოღების სიჩქარეებს შორის სხვაობა მკვეთრად შემცირდება და ნაწილაკი წონის ზეგავლენით თითქოს ისევ უნდა დაეშვას ფსკერზე, მაგრამ ამ მომენტიდან სხეულის შეტივტივებისა თუ შემდგომი აღმასვლის მიზეზობრივ ფაქტორებად გვევლინება ტურბულენტური წყალნაქადის პულსაციური ხასიათის გრიგლური წარმონაქმნები, მრავალფეროვანი ზომებით, ფორმებით, მიმართულებებით, სიჩქარეებით. გადატანის უნარიცა და სხვ.

შეწონილი ნატანით წყალნაქადის გაჯერების შესაფასებლად იყენებენ წყლის სიმძლავრის ცნებას, რომელიც წარმოადგენს ნატანის რაოდენობას წყალნაქადის ერთეულ მოცულობაში. ვინაიდან ნატანის ნაწილაკების შეტივტივება და ტრანზიტი ძირითადადში დამოკიდებულია წყალნაქადის ტურბულენტურ სტრუქტურაზე, ამიტომ, ცხადია, რომ წყლის სიზრქეში ლოკალური სიმძლავრის მნიშვნელობები განუწყვეტლივ ცვალებადობს წყლის ტურბულენტურ მიმოცელასთან ერთად. ჩვეულებ-

რე, ლოკალურა სივლერავე იზრდება მდინარის ზედაპრიდან ფსკერი-საკენ.

თუ წყალნაკადის V მოცულობის სინჯში შეტივტივებული ნატანის მასა შეადგენს M_s -ს, მაშინ

$$\text{მასური სიმღერივე} = M_s/V; \quad (9.17)$$

თუ წყალნაკადის V მოცულობის სინჯში შეტივტივებული ნატანის მოცულობა შეადგენს V_s -ს, მაშინ

$$\text{მოცულობითი სიმღერივე (ანუ ორფაზა ნაკადის კონცენ-ტრაცია)} = V_s/V. \quad (9.18)$$

ნატანის შეტივტივების, გადატანის თუ რაღაც რაოდენობის ისევე ფსკერზე დაშვების ზოგადი პროცესი მრავალი ფაქტორის შედეგია და ცხადია, ფრიად არასტაციონარულია. შეწონილი ნატანის სიქარბე შეტყველებს წარცხვის პროცესის დომინირებაზე და, პირიქით, წყალნაკადში ნატანის ნაკლებობა მიუთითებს მის ინტენსიურ დალექვაზე. ზოგ შემთხვევაში მდინარეში შეიმჩნევა ნატანის შეტივტივებისა და დალექვის პროცესებს შორის პრაქტიკული წონასწორობა; ამ დროს მდინარის მიმართულებით დიდ მანძილებზე ტრანზიტული ნატანის ბალანსური რაოდენობა, ანუ მდინარის საშუალო სიმღერივე მუდმივად შეიძლება მივიჩნიოთ. გარკვეული ჰიდრაულიკური სისხოს მქონე ნატანის ტრანზიტულ ზღვრულ ხარჯს, რომელიც წყალნაკადის მოცემული ჰიდრაულიკური რეჟიმისათვის პასუხობს წარცხვისა და დალექვის პროცესების წონასწორობის პირობას, წყალნაკადის ტრანსპორტუნარიანობას უწოდებენ.

მდინარეებში შეწონილი ნატანის შემცველობა მკვეთრად მერყეობს. სიმღერივის წლის განმავლობაში ცვალებადობა ძირითადში მდინარის წყლის ჩამონადენის რეჟიმით არის განპირობებული. თვით მდინარეებიც დიდოდ განსხვავდებიან სიმღერივის ოდენობით. სახელმწიფო ჰიდროლოგიური ინსტიტუტის მიერ შედგენილია საბჭოთა კავშირის მდინარეების საშუალო მრავალწლიური სიმღერივის რუკა [3, გვ. 178].

მ. 1. 4. ფსკერული ნატანი. ზღვრული სიჩარებაის ცნება

წყალნაკადის ფსკერზე მდებარე (ნახ. 9.2) ნატანის ნაწილაკის წონასწორობის (9.16) განტოლებით განსაზღვრულია წყლის ფსკერული სიჩარის ის ზღვრული მნიშვნელობა, რომლის გადაჭარბების შემთხვევაშიც ნაწილაკი კარგავს მდგრადობას და იწყებს მოძრაობას. წყლის სიჩარის იმ უდიდეს (კრიტიკულ) მნიშვნელობას, რომლის დროსაც მდინარის ფსკერული ნატანი ზღვრულ წონასწორობაშია, ანუ ჯერ კიდევ არ ხდება ნატანის მარცვლების ფსკერიდან მოწყვეტა ან დამკრა, არაწამრეცხ სიჩარეს უწოდებენ. ფსკერული არაწამრეცხი

სიჩქარის გამოსახულება შეიძლება მივიღოთ უშუალოდ (9.16) ტოლიდან, თუ მას ამოვხსნით v_{Δ} სიჩქარის მიმართ.

ელემენტარული გარდაქმნების საფუძველზე (9.16) ჩაწერთ ასეთი სახით

$$d_x = a \cdot v_{\Delta}^2, \quad (9.19)$$

სადაც

$$a = \frac{3}{4g} \cdot \frac{\gamma}{\gamma_s - \gamma} \cdot \left(\frac{C_x}{f} + C_y \right).$$

გარსშემოდენის ტურბულენტური რეჟიმის დიაპაზონში წინაღობის C_x , C_y კოეფიციენტები შეიძლება მუდმივ სიდიდეებად მივიჩნიოთ; მაშინ აღნიშვნა a წარმოადგენს ასევე მუდმივ სიდიდეს. ავახარისხოთ (9.19) კუბში და შემდეგ გადავამრავლოთ $(\gamma_s - \gamma) \cdot \pi / 6$ გამოსახულებაზე

$$(\gamma_s - \gamma) \cdot \pi \cdot d_x^3 / 6 = (\gamma_s - \gamma) \cdot \pi \cdot a^3 \cdot v_{\Delta}^6 / 6.$$

ამ ტოლობის მარცხენა მხარე გამოსახავს ნაწილაკის წონას (G_s) და ის, როგორც ვხედავთ, სიჩქარის მეექვსე ხარისხის პროპორციულია

$$G_s = A \cdot v_{\Delta}^6; \quad A = (\gamma_s - \gamma) \cdot \pi \cdot a^3 / 6 = C'''. \quad (9.20)$$

მიღებული კანონზომიერება ცნობილია ერის ფორმულის სახელწოდებით. იგი გამოხატავს შემდეგ მნიშვნელოვან ეფექტს: წყალნაკადის სიჩქარის K -ჯერ გაზრდის შემთხვევაში მას უნარი შესწევს გადაადგილოს K^6 -ჯერ მეტა წონის ნატანი. ამით აახსნება ის ფაქტი, რომ მთის მდინარეებს ჩამოაქვთ ხრეში, კენჭი, ქვა, კაჭარი, თუმცა მათი სიჩქარეები სულ რამდენიმეჯერ აღემატებიან ვაქისას, სადაც ადგილი აქვს მხოლოდ წვრილი ქვიშების გადაადგილებას.

შრაქტიკული გაანგარიშებების დროს მოსახერხებელია წყალნაკადის საშუალო სიჩქარით მანიპულირება. მდინარის საშუალო არაწამრეცი სიჩქარის გამოსახულების საილუსტრაციოდ მოგვეყვას ვ. გონჩაროვის ფორმულა [15]

$$v_{\text{საშ}} = 1g \frac{8.8 \cdot H}{d_{95}} \cdot \sqrt{\frac{2g(\gamma_s - \gamma)}{1.75 \cdot \gamma} \cdot d_{\text{საშ}}}. \quad (9.21)$$

სადაც H არის წყალნაკადის სიღრმე;

d_{95} — არაერთგვაროვანი გრანულომეტრიული შემადგენლობის ნატანის იმ ფრაქციის სისხო, რომელიც მასზე ნაკლებ დიამეტრებთან ერთად შეადგენს ნატანის წონის 95%-ს.

სხვადასხვა გრუნტების, ნატანისა და მოპირკეთების არაწამრეცი სიჩქარის დადგენას დიდი მნიშვნელობა აქვს, როგორც ბუნებრივ, ასევე ხელოვნურ წყალსატარებისათვის (ახეები, გვირაბები, სწრაფდენებში), რადგან მათ საფუძველზე ხდება კალაპორტების წარეცხვისადმი

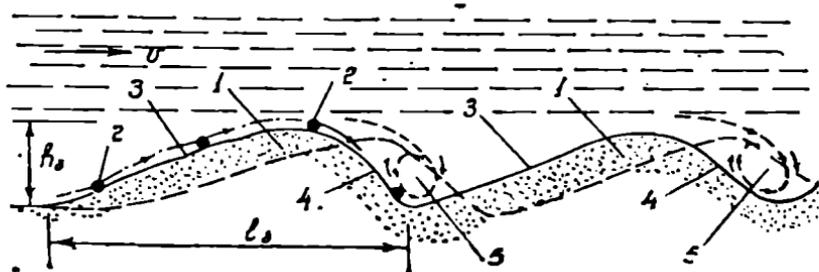
მედევობის შეფასება ამ ასპექტში ტერმინი „არაწამრეცი სიჩქარეები“ იცვლება კალაპორების მასალებისათვის და საშუალებით სიჩქარეების ცნებით და განსაზღვრულია ნორმატიული ლიტერატურით [27, 28, 36, 50].

გარდა არაწამრეცი სიჩქარეებისა ($v_{ააფ}$) საშდინარო პიდრავლიკაში იყენებენ ზღვრულ სიჩქარესაც: წყალნაკადის საშუალო სიჩქარის იმ უმცირეს მნიშვნელობას, რომლის დროსაც ჯერ კიდევ ადგილი აქვს ნატანის ნაწილაკების ფსკერიდან განუწყვეტელ (მასობრივ) მოწყვეტას და გადაადგილებას, წამრეცი სიჩქარეს ($v_{ააფ}$) უწოდებენ [15, 18, 19]. ემპირიული კავშირი ამ ორ კრიტიკულ სიჩქარეს შორის გამოისახება ტოლობით [19]

$$v_{ააფ} = (1,3 \dots 1,4) \cdot v_{ააფ} \quad (9.22)$$

წყალნაკადისა და ნატანის ურთერთზემოქმედების პროცესი იმდენად რთული და ძნელად საკვლევი, რომ კრიტიკულ სიჩქარეთა აქ მოყვანილი განმარტებები, რა თქმა უნდა, საკმაოდ პირობითია; საშუალო სიჩქარეების გარდა გადაწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ნაკადის ტურბულენტურობის ინტენსიურობას, პულსაციური სიჩქარეების მახასიათებლებს, ნატანის მარცვლებს შორის შეკიდულობას, წყლის სიმღვრივეს. ისეთი ფორმულის ჩაწერა, რომელიც ასახავდა ყველა ამ ფაქტორის გავლენას, პრაქტიკულად შეუძლებელია. ამიტომ, რომ სპეციალურ ლიტერატურაში მრავლად (9. 21)-ის ანალოგიური გამოსახულებები.

ფსკერული ნატანისა და მისი ცალკეული ნაწილაკების მოძრაობის ფორმები ხასიათდება დიდი მრავალფეროვნებითა და სირთულით. მიუხედავად ამისა, ფართო ლაბორატორიული და ნატურული დაკვირვებების შედეგად შესაძლებელი გახდა ნატანის მოძრაობის საერთო მოდელის შემუშავება (ნახ. 9.3). როდესაც წყალნაკადის საშუალო v სიჩქარე გადააჭარბებს არაწამრეცი ($v_{ააფ}$) სიჩქარის ზღვარს, ფსკერული ნატანის ნაწილაკები იწყებენ გადაადგილებას, ჯერ სრიალით, ხოლო სიჩქარის



ნახ. 9.3. ფსკერული ნატანი: გადაადგილება ბორცვების (ჩვეულების) ფორმით. 1—ნატანის ბორცვები; 2—ნატანის მარცვალი; 3 4—ბორცვს დამრეცა და ციციბო ფერდო; 5—მორევი.

შემდგომ ზრდასთან ერთად — გადაგორებით და გადახტომებით (სალტაციით), ამ დროს ფსკერის ზედაპირი ზოგადად სწორი (თანაბარი) რჩება (ფსკერის ხორკლიანობა განპირობებულია ნატანის მარცვლების ზომებით) და ამიტომ ამ რეჟიმს ნატანის მოძრაობის პირველ გლუვ ფორმის უწოდებენ. როგორც კი სიჩქარე გაზდება წამრეცხ სიჩქარეზე (v_{საღ}) მეტი, ფსკერული ნატანის მოძრაობის ფორმა თვისებრივად შეიცვლება, სახელდობრ, ნატანის გადაადგილება მოხდება ცალკეული ბორცვების (რიფელების) ფორმით, რომლებიც ერთობლიობაში წყალნაკადის ფსკერს წარმოგვიდგენენ ტალღოვანი ზედაპირის სახით. ნატანის მარცვლები მოძრაობენ ბორცვის ზემო დამრეცხ ფერდოზე, აღწევენ ქიმს, ვარდებიან ბორცვის ციკაბო ფერდოს ძირში და ხედებიან ბორცვის ტანის შემადგენლობაში. მას შემდეგ, რაც ბორცვი გადაადგილება მის სასივრძეზე, საანგარიშო ნაწილაკები ისევ გაიმეორებენ ასვლა-ვარდნის აღწერილ ციკლს და ა. შ. ციკაბო ფერდოს ძირში წარმოიშება მორკვი. ფსკერის ასეთი ფორმის ზედაპირის ხორკლიანობა მნიშვნელოვნად აღემატება მოძრაობის გლუვ ფორმას. როდესაც წყლის სიჩქარე გადააქარბებს 2,5·v_{საღ} მნიშვნელობას აღინიშნება ნატანის მოძრაობის ფორმის მორიგი თვისებრივი ტრანსფორმირება: ბორცვების ქიმზე აგორებული ნაწილაკები თავზე გადაეყვებიან მორკვს და განლაგდებიან მომდევნო ბორცვის დამრეცხ ფერდოზე ან ქიმზე, ზოგი მათგანი კი გადადის შეწონილ მდგომარეობაში. სიჩქარის ზრდასთან ერთად იზრდება შეტივტივების წილი და, უპირველესად, ბორცვის ქიმის ნაწილაკების ხარჯზე; ამის შედეგად ბორცვები ნაწილობრივ წაირეცხება, გლუვდება, ფსკერი ხდება შედარებით მოსწორებული. ნატანის მოძრაობის ამ სტადიას უწოდებენ ფსკერული ნატანის მოძრაობის მეორე გლუვ ფაზას.

ფსკერული ნატანის მოძრაობის აღნიშნული ფორმები უფრო დამახასიათებელია ბრტყელი (ლაბორატორიული) ნაკადისთვის; ბუნებრივ წყალნაკადებში აღინიშნება ფსკერული ნატანის მოძრაობის უფრო რთული და სისტემაში ძნელად მოსაყვანი სახეები.

9. 1. 5. შეწონილი და ფსკერული ნატანის ხარჯები.

მზარი ჩამონადენი

მდინარის ნატანის იმ რაოდენობას, რომელიც მდინარის საანგარიშო ცოცხალ კვეთში გაედინება დროის ერთეულში, ნატანის ხარჯი ჰქვია.

შეწონილი ნატანის ხარჯი განისაზღვრება წყალნაკადის ტრანსპორტუნარიანობის შესაბამისი სიმღერის გადაშრავლებით წყლის ხარჯზე

ფსკერული ნატანის ხარჯის საანგარიშო მრავალრიცხოვანი ფორმულებიდან საილუსტრაციოდ მოგვყავს გ. შამოვის ფორმულა

$$G_{ფსკ} = K(\nu/\sigma_{ააგ})^3 \cdot (\nu - \sigma_{ააგ}) \cdot (d_{საა}/h)^{1/4} \cdot B \cdot \frac{18}{\sqrt{g}} \quad (9.24)$$

სადაც ν, h არის წყალნაკადის საშუალო სიჩქარე და სიღრმე;

$\sigma_{ააგ}$ — საშუალო არაგადამადგილებელი სიჩქარე, მ/წმ,

$$\sigma_{ააგ} = 3,7 \cdot d_{საა}^{1/3} \cdot h^{1/6}; \quad (9.25)$$

$d_{საა}$ — ფსკერული ნატანის საშუალო დიამეტრი, მ;

B — წყალნაკადის სიგანე, მ;

K — კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ფსკერული ნატანის მარცვლოვანი შემადგენლობის არაერთგვაროვნებას [19, გვ. 232].

შეწონილი და ფსკერული ნატანის ხარჯების წილი მდინარის ნატანის საერთო რაოდენობაში ცვალებადობს საკმაოდ დიდ დიაპაზონში. ვაკის მდინარეებში ფსკერული ნატანი, ჩვეულებრივ, არ აღემატება შეწონილის 5...10%-ს, მთის ტიპის მდინარეებში კი შეიძლება მიაღწიოს 70%-საც.

ნატანია იმ რაოდენობას, რომელიც გაედინება მდინარის ცოცხალ კვეთში ღროის საანგარიშო შუალედში (მაგალითად, წელიწადში), ეწოდება მდინარის მყარი ჩამონადენი. ამ ტერმინის მოხერხებულობა ნათელია მდინარის თვეუადე ჩამონადენის ცნების გვერდით თუ $R_{ჩფ}$ და $R_{ფსკ}$ არის მეწონალი და ფსკერული ნატანის წლიური ჩამონადენი, მაშინ მდინარის მყარი ჩამონადენი საანგარიშო წელს შეადგენს

$$R = R_{ჩფ} + R_{ფსკ} \quad (9.26)$$

მდინარეებში მყარი ნატანის რაოდენობის მკვეთრად გაზრდას შეიძლება მოყვეს თვით წყალნაკადის თვისებრივი ცვლილება. ასეთი მავალითაა სელური ნაკადები, რომლებიც მიეკუთვნებიან ორთაბა ნაკადების სახეს მყარი ფაზის 60...70% შემცველობით. სელური ნაკადები დამახასიათებელია მუშმივი თუ ღრობითი მოქმედების მდინარეების შთა-მთისწინა უბნებისათვის და წარმოიქმნება ინტენსიური წვიმებისა და თოვლის (მყინვარების) სწრაფი დნობის შედეგად. სელური ნაკადები გამოარჩევა განსაკუთრებული დამანგრეველი ძალით; ისინი მოძრაობენ დიდ სიჩქარით და, რაც მთავარია, ღროის მოკლე პერიოდში (წუთები, საათები) ჩამოაქვთ კოლისალური მოცულობის მყარი ნატანი. მაგალითისაადვის მოგვყავს მდ. აღმატინკას 1973 წლის სელური წყალპოვარუნის რაოდენობრივი მახასიათებლები: სელის საერთო ჩამონადენი — 4,5...6,5 მლნ მ³, მყარი ფაზის წილი — 3...4 მლნ მ³, სელის

მაქსიმალური ხარჯი — 1200 მ³/წმ, საშუალო სიჩქარე — 4...6 მ/წმ, მაქსიმალური სიჩქარე — 10 მ/წმ, სელური ნაქადის საშუალო სიმკვრივე — 2000 კგ/მ³.

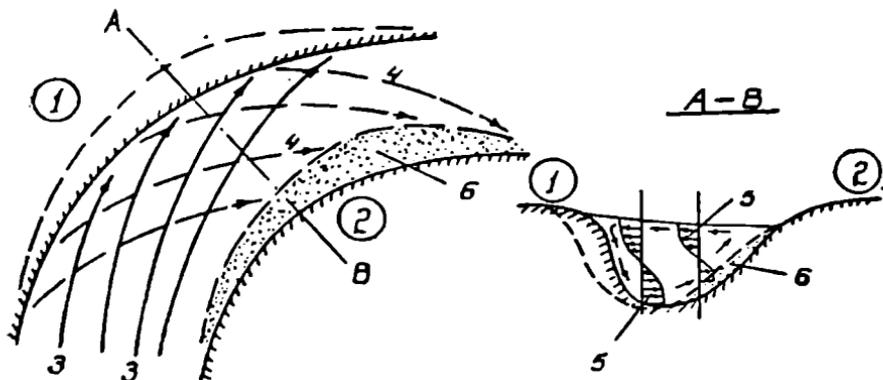
§ 9. 2. კალაპოტური პროცესები

წყალნაქადი და მისი კალაპოტი მუდმივ ურთიერთქმედებაშია: კალაპოტი მართავს წყალნაქადს და ძირითადად განაპირობებს მასში სიჩქარეთა განაწილების ხასიათს, წყალნაქადი კი, თავის მხრივ, წარეცხვების, ნატანის ტრანსპორტირებისა თუ დაღვების ხარჯზე გარდაქმნის კალაპოტის ფორმას წყლის სიჩქარეთა ველის შესაბამისად. მდინარის ძირითადი და კალაპოტის მორფოლოგიური აგებულების განუწყვეტელ ცვალებადობას, განპირობებულს მოძრავი წყლის ზემოქმედებით, კალაპოტური პროცესს უწოდებენ. მდინარის ნატანის როლი ამ თვითმარეგულირებელ პროცესში განსაკუთრებულია, რაზეთუ ის წარმოადგენს კალაპოტური პროცესის შინაარსს; მაშინ, კალაპოტის გადფორმირებას შეიძლება ვუწოდოთ კალაპოტური პროცესების გამობატრება ანუ ფორმა [3,22].

9. 2. 1. ზოგადი ცნობები. კლასიფიკაცია

თუ კალაპოტურ პროცესებს განვიხილავთ დროის განიკვეთში, მაშინ მათი დაყოფა შესაძლებელია შეუქცევადი და შექცევადი პროცესების კატეგორიებად. შეუქცევადი კალაპოტური პროცესები გამობატრებენ მდინარის მორფოლოგიური მახასიათებლების სიუკუნოვან განვითარება-ფორმირებას და ძირითადად განეკუთვნებიან მდინარის გრძელ პროფილს. ასეთის მაგალითად შეიძლება დავასახელოთ მდინარის ან მისი გარკვეული უბნის გრძელი მოხაზულობის სწრაფვა წონასწორობის პროფილისაკენ (§ 3. 4). შექცევად კალაპოტურ პროცესებს მიაკუთვნებენ ფსკერული ნატანის მოძრაობის ფორმების (§9. 1. 4), ჩქერებისა და ნატბორების, მოხვეულობების, შენარებისა თუ სხვათა სეზონურ ცვალებადობას გამოწვეულს მდინარის თხევადი და მყარი ჩამონადენის სეზონური მერყეობით.

სახელმწიფო ჰიდროლოგიურ ინსტიტუტში შემუშავებულია კალაპოტური პროცესების ტიპიზაცია, რომლის ძირითად კრიტერიუმდაც მი. ჩნებულია მდინარის კლასიფიკაცია და ნატანის ტრანსპორტირების ხარისხი [3, 19, 22]. არსებობს წყალნაქადისა და მისი წარეცხვადი კალაპოტის ურთიერთქმედების ტიპიზაციის სხვა ცდებიც. ისინი. მეტწილად, მიეკუთვნებიან კალაპოტებს შეუკერელი (ქვიშა-კენჭოვანი) გრუნტებისაგან, მაშინ, როდესაც წარეცხვისა და აკუმულაციის პროცესები შეკერულ (თიბოვანი) გრუნტებში გაცილებით უფრო რთული და ძნელად აღსაწერია: გა-



ნახ. 9.4. ცირკულაციური დინება მდინარის მოხვეულ უბანზე. 1—შენეჭილი ნაპირი; 2—ამოხეული ნაპირი; 3,4—ზედაპირული და ფსკერული ქველები; 5—განივი სიჩქარეების ეპიურა; 6—ლაღქვის უბანი.

რდა სიმძიმისა და ხაზუნის ძალებისა, რომლებიც დომინირებენ შეუკვრელი გრუნტების შემთხვევაში (ნახ. 9.2), თიხოვან გრუნტებში განსაკუთრებულია შეჭიდულობის პლასტიკური ძალების გავლენა; განსხვავებულია თვით წარცხვის მექანიზმიც — თიხოვან გრუნტებში აღგილი აქვს წარცხვის ეგკრეთწოდებულ „აგრეგატულ“ ფორმას [27].

მდინარის დეფორმაციის საერთო პროცესებში, განსაკუთრებით კი კალაპოტების გეგმურ გადაფორმირებაში, დიდია წყალნაკადში განხვი ცირკულაციის გავლენა (ნახ. 9.4). იგი განპირობებულია მდინარის მოხვეულ უბნებზე ცენტრიდანული ძალების წარმოშობით; ამავე მიზეზით მოხვეულ უბნებისათვის დამახასიათებელია წყლის ზედაპირის მნიშვნელოვანი უქუქანობი შეხეჭილი ნაპირისკენ. განივი ცირკულაციისა და წყლის ქანობის შესწავლას დიდი მნიშველობა აქვს, თუნდაც, ნაგებობათა ვერტიკალური ნიშნულებისა და შეხეჭილი ნაპირის მდგრადობის განსაზღვრისათვის [21, გვ. 238].

განივი ცირკულაციის ერთ-ერთი შედეგია ის, რომ შეხეჭილი ნაპირი წაირეცება და გადაადგილდება ხმელეთის შიგნით. განივი მოძრაობის ფსკერული ქველები მიემართებიან ირებად შეხეჭილი ნაპირიდან ამოხეჭილისაკენ, გადაადგილებენ მდინარის ნატანს, რითაც ხელს უწყობენ ამოხეჭილი ნაპირის დალაშვას.

განივი დინებები ირსებობს მდინარეების სწორხაზოვან უბნებზეც. მათი წარმოქმნის ხელშემწყობ მიზეზად მიჩნეულია გ. წ. კორიოლისის ძალა [21, გვ.246]. კორიოლისის ძალით გამოწვეული განივი ცირკულაციის ინტენსიურობა და მდინარის კალაპოტის ფორმირებაში მისი წილი შედარებით უმნიშველოა; პრაქტიკული თვალსაზრისით უნდა გვახსოვდეს, რომ ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში შეიმჩნევა მდინარეების მარ.

ჯენა ნაპირების მარცხენასთან შედარებით უფრო ინტენსიური წარეცხვა, მარჯვენა სანაპირო უფრო მაღალი მარცხენაზე; სამხრეთ ნახევარსფეროში კი პირაქით, უფრო წარეცხილი და მიღალი მარცხენა სანაპიროა.

რაგორც აღნიშნეთ, მდინარის კალაპოტის გადაფორმირება კალაპოტური პროცესის გარეგნული გამოხატულებაა. დეფორმაციის ინტენსიურობას კი ძირითადად წყალნაკადის ჰიდროდინამიკური მახასიათებლები განსაზღვრავენ. ამ ასპექტში საინტერესოა შევთავსოთ კალაპოტის ამგებო გრუნტების (ნატანის) წინაღობა წყალნაკადის მადეფორმირებელ მოქმედების მიმართ. კალაპოტური პროცესის ეს ცნება საფუძვლად უდევს მდინარეთა კლასიფიკაციას კალაპოტების მდგრადობის შესაბამისად. მაგალითად, ს. ალტუნინი [1] მდინარეებს აერთიანებს შემდეგ სამ ჯგუფად.

● მოხეტიალე (მოარული) მდინარეები, რომლებიც გამოირჩევიან კალაპოტის დიდი ცვალებადობით; შედმივად იცვლება მდინარის გეგმური მოხაზულობა, პერიოდულად — სიღრმეები ჩქერებსა და ნატბორეზზე; ჩქერებისა და ნატბორების ყოველწლიური გადაადგილება დინების მიმართულებით აღწევს 200...100 მ-ს.

● არამდგრადი მდინარეები კალაპოტის შიკრე ცვალებადობით; ნაპირების წარეცხვა-აღდგენის პროცესები ვითარდება ნელა; წყალდიდობისას, ჩვეულებრივ, სიძალეში მატულობს ჩქერები, ნატბორები კი ღრმავდება; წყალმცირობისას აღინიშნება პირუკუ მოვლენა.

● მდგრადი მდინარეები, რომლებიც გაედინებიან წარეცხვისადმი შედარებით მედეგ გრუნტებში და მოაქვთ ნატანის უმნიშვნელო რაოდენობა.

იმისათვის, რომ საანგარიშო მდინარე მივსკუთვნოთ ამა თუ იმ ჯგუფს, სპეციალურ ლიტერატურაში შემოთავაზებულია რიგი კრიტერიუმები; საილუსტრაციოდ მოგვყავს ვ. ლობტინის კრიტერიუმი

$$f = d/l, \quad (9.27)$$

სადაც d არის მდინარის ნატანის საშუალო დიამეტრი, მმ;

l — მდინარის ქანობი, მ/კმ.

მდინარეთა ჯგუფებისათვის დამახასიათებელია ამ კრიტერიუმის შემდეგი მნიშვნელობები: მოხეტიალე მდინარეები — 1...2.5; არამდგრადი — 5...12; მდგრადი — 30...80.

რე თქმა უნდა, კალაპოტური პროცესების ამგვარი ტიპიზაცია ფრიად პირობითია; არ არსებობს ისეთი კლასიფიკაცია, რომელიც მიახლოებით მაინც გამოსახავს კალაპოტური პროცესების მადეფორმირებელ უამრავი ფაქტორის ჯავლენას. მიუხედავად ამისა, აღნიშნული თუ მისი მსგავსი კრიტერიუმები გვეხმარებან პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტაში.

როგორც ვთქვით, კალაპოტური პროცესები მიეკუთვნება თეიშმარეგულირებელი მოვლენების კატეგორიას: წყალნაკადი და კალაპოტი განაგებენ ერთმანეთს და ამ ურთიერთკავშირში ბუნებრივად განაპირობებენ კალაპოტის გეომეტრიულ ელემენტებს შორის ყველაზე შესაძლებელ დამოკიდებულებებს. კალაპოტის ამგები გრუნტებისა და ცოცხალი კვეთის ჰიდრაულიკურ და გეომეტრიულ ელემენტებს შორის არსებულ ბუნებრივ თანათარღობებს მდინარის მორფოლოგიურ მახასიათებლებს უწოდებენ. მაგალითად, ნატურული და ლაბორატორიული დაკვირვებების შედეგად დადასტურებულია მორფოლოგიური კავშირი მდინარის B სიგანესა და მის საშუალო $K_{სა}$ სიღრმეს შორის

$$B^m / K_{სა} = K. \quad (9.28)$$

ეს გამოსახულება, პირველად შემოთავაზებული ვ. გლუშკოვის მიერ მუდმივი ხარისხის მაჩვენებლით ($m=0,5$), შემდეგში განაზოგადა ს. ოლტუნინმა და შემდეგნაირად განსაზღვრა m და K პარამეტრები. m პარამეტრის რიცხვითი მნიშვნელობები: მდინარის მთის უბნებისთვის — $1 \dots 0,9$; მთისწინა უბნებისთვის — $0,9 \dots 0,67$; ბარის უბნებისთვის — $0,6 \dots 0,5$. პარამეტრი K გამოსახავს კალაპოტის ამგები გრუნტების ეროზიაზე წინაღობადობას და შეადგენს: მდინარის უბნებისთვის აკაწარეცხვადი ან ძნელად წარეცხვადი ნაპირებით — $3 \dots 4$; გევმაში მდგარი და ალუვიური კალაპოტებისათვის — $8 \dots 12$; ადვილად წარეცხვადი უბნებისთვის — $16 \dots 20$.

სპეციალურ ლიტერატურაში მრავლადაა მსგავსი მორფოლოგიური დამოკიდებულებები. ისინი განეკუთვნებიან ცალკეულ მდინარეებსა თუ უბნებს და გვშევიძინა მათ ჰიდროტექნიკურ შეფასებაში (მაგალითად, მდინარეზე წყალმიღებ თუ საარეგულაციო ღონისძიებათა განხორციელების დროს).

1. თ ა ვ ი

წყალსატეხები, მუნიციპალიტეტები და ზომები

§ 10.1. წყალსატეხები

ბმელეთის წყალსატეხებს წარმოადგენს ტბები და წყალსაცავები. ტბებს უწოდებენ ბმელეთის ქვაბულში მოქცეულ შენელებული წყალცვლის ბუნებრივ წყალსატეხებს, რომელთაც არა აქვთ უშუალო კავშირი მსოფლიო ოკეანესთან; ჰიდროლოგიის თვალსაზრისით წყალსაცავები მი-

ეკუთვნება ხელოვნური წყალსატევების კატეგორიის. ამიტომ წყალსატევების ძირითადი თვისებებში გათვალისწინებული იმ მოვლენებს, რომლებიც ერთდროულად დამახასიათებელია, როგორც ტბების, ისევე წყალსაცავებისათვის.

III. 1. 1. ძირითადი ცნობები

ლდამიწაზე ტბების საერთო მოცულობა შეადგენს დაახლოებით 176 ათას კმ³-ს. ამ მოცულობის 52% მტკნარი წყლებია, დანარჩენი კი შოდის მინერალიზებულ ტბებზე. მსოფლიოს უდიდესი ტბები და მათი მთავარი მახასიათებლები ნითითებულია 10. 1 ცხრილში.

საბჭოთა კავშირი მდიდარია ტბის რესურსებით; მათი საერთო მოცულობა შეადგენს 30,4 ათას კმ³-ს და 6-ჯერ აღემატება მდინარეების საშუალო წლიურ ჩამონადენს.

საქართველოში 860-მდე პატარა ტბაა (ცხრ. 10.2), რომელთა საერთო ფართობი არ აღემატება 170 კმ²-ს. საქართველოს ტბები გამოირჩევა გენეზისის მრავალფეროვნებით.

თანამედროვე ჰიდროტექნიკურმა მშენებლობამ ისეთი დიდი მასშტაბები შეიქმნა, რომ დაგროვილი წყლის მოცულობით მსოფლიოს დიდი წყალსაცავები (§19.1) არ ჩამოუვარდებიან ტბებს.

ქვაბულის წარმოშობისა და გახეიშარების თავისებურებების შესაბამისად განარჩევენ ტექტონიკურ, ვულკანურ, მყინვარულ, ჩანჩქევის, ნაგუბარ, მდინარულ, ზღვიურ, ეოლურ, ანთროპოგენულ ტბებს [3, გვ. 208].

ცხრილი 10. 1

მსოფლიო უმთავრესი ტბები

№	ტბის სახელწოდება	კონტინენტი, ქვეყანა	ძირითადი მორფომეტრიული მახასიათებლები			
			მოცულობა, კმ ³	ფართობი, 1000 კმ ²	უდიდესი სარწყვ. მ	სიმაღლე ზღვის დონიდან, მ
1	კასპიის ზღვი	სსრკ	78200	374	1025	-28,5
2	ბაიკალი	სსრკ	23000	31,5	1741	456
3	ტანგანიიკა	ფრანკო	18900	32,9	1435	773
4	ზემო ტბა	ჩრ. ამერიკა	11600	82,7	406	183
5	ნისია (მალაი)	აფრიკა	7725	30,9	706	472
6	მინდგანი	ჩრ. ამერიკა	4680	58,1	281	177
7	ჰურონი	ჩრ. ამერიკა	3580	59,8	229	177
8	ვიქტორია	აფრიკა	2700	69,0	92	1134
9	ისჰტკალი	სსრკ	1730	6,2	702	1608
10	ონტარიო	ჩრ. ამერიკა	1710	19,0	236	75

ტებს, რომლებიდანაც არც ერთი მდინარე არ გამოედინება, გაუღი-
ნარს უწოდებენ (მაგ., ისიქ-ქოლი, რულოლფი); თუ ასეთი მდინარე
არსებობს, ტბას გამდინარე ჰქვია (მაგ., ტბა უინიპეგი ჩრ. ამერიკა-
ში, რომლიდანაც გამოედინება მდ. ნელსონი).

უხრილი 10. 2

საქართველოს უმთავრესი ტბები

№ №	ტბის დასახელება	ძირითადი მორფომეტრიული მახასიათებლები			
		მოცუ- ლობა, მლნ მ ³	ფართობი, კმ ²	უდიდესი სი- ღრმე, მ	სიმაღლე ზღვის დონე- დან, მ
1	ტბაწყური	221,0	14,2	40,2	1997
2	რიწი	94,0	1,49	101	884
3	ფარაფანი	90,8	37,5	3,3	2073
4	ბლიასტოში	52,0	18,2	3,2	-0,3
5	ჯანდარი	51,0	10,6	7,2	291
6	ყელის ტბა	31,7	1,3	63	2914
7	ხოზაფანი (ქარწახი)	19,3	26,3	1,0	1799
8	მალათაფა	9,5	8,8	1,7	2108
9	სალაშის ტბა	7,7	4,8	2,3	1996
10	ხანიჩო	6,4	13,3	0,7	1928
11	ბაზალეთი	5,6	1,2	7,0	878

10. 1. 2. წყალსატევების მორფომეტრიული მახასიათებლები

წყალსატევის მორფომეტრიული მახასიათებლები განისაზღვრება
მათი იზობათური რუკის საფუძველზე.

წყალსატევის L სიგრძელ მიიჩნევენ სანაპირო ხაზის ყველა-
ზე ურთიერთდაშორებულ წერტილებს შორის გავლებულ და ნაპირე-
ბიდან ტოლდაცილებული მედიანური ხაზის სიგრძეს (ნახ. 10.1).

თუ f_0 არის წყალსატევის საშუალო სიღრმის ზედაპირის
ფართობი, მაშინ წყალსატევის საშუალო სიგანე ($B_{სა}$) გამო-
ისახება ფართობით $B_{სა} = f_0 / L$. წყალსატევის უდიდესი სიგანე ($B_{მაქ}$)
არის უდიდესი მანძილი ნაპირებს შორის ათვლილი წყალსატევის სიგ-
რძის ხაზის პერპენდიკულარულად.

სანაპირო ხაზის სიგრძე (l) აითვლება წყლის კილის გასწე-
რივ; სანაპირო ხაზის კლაკნილობა (K) სანაპირო ხაზის l სიგ-
რძის ფარობაა იმ წრეხაზის სიგრძესთან, რომლის წრის ფართობი
წყალსატევის f_0 ფართობის ტოლია

$$K = l / (2 \cdot \sqrt{f_0 \cdot \pi}). \quad (10.1)$$

ბია წყალსაცავებისათვის, აშსთანავე მათთვის აჩსებობს დამატებით მახასიათებლები, რომლებიც წყალსაცავების ექსპლუატაციის პილოტჟნიკური სპეციფიკის შესაბამისობაშია (§19.1.1).

10.1.3. წყლის დონეების ცვალებადობა

ტბებში დონეების მერყეობის მათარი მიზეზია მათში წყლის მოცულობის მერყეობა ანუ წყლის ბალანსის (2.5) განტოლების შემადგენლების ცვალებადობა.

ტბების დონეთა რეჟიმში მკვეთრად შეიმჩნევა როგორც შიგაწლიური, ასევე მრავალწლიური რყევადობა. დონეების შიგაწლიური რყევა დობა უპირველესად დამოკიდებულია ტბის კვების ხასიათსა და თავისებურებებზე (ანუ კლიმატურ პირობებზე). მაგალითად, მუსონური კლიმატის რაიონებში, სადაც განმსაზღვრელია წვიმიტ კვება, მიქსიმალური დონეები აღინიშნება ზაფხულსა და შემოდგომაზე (ნახ.10.2). დონეების მრავალწლიურ რყევა დობაში შეიმჩნევა ციკლურობა; ნატურალმა დაკვირებებმა ცხადყო გრძელპერიოდინი (2 წელი და მეტი) ციკლების საკმაოდ მაღალი უზრუნველყოფა.

აქ მოყვანილი დონეთა ცვალებადობის ზოგადი ცნობები, ცხადია, განეკუთვნება ძირითადში ტბებს, რადგან წყალსაცავებში დონეთა მერყეობა ძირითადში განსაზღვრულია არა ბუნებრივი ფაქტორებით, არამედ წყალსამურნეო დანიშნულებიდან გამომდინარე წყალსაცავის რეგულირების პილოტჟნიკური პრინციპებით (§19.2).

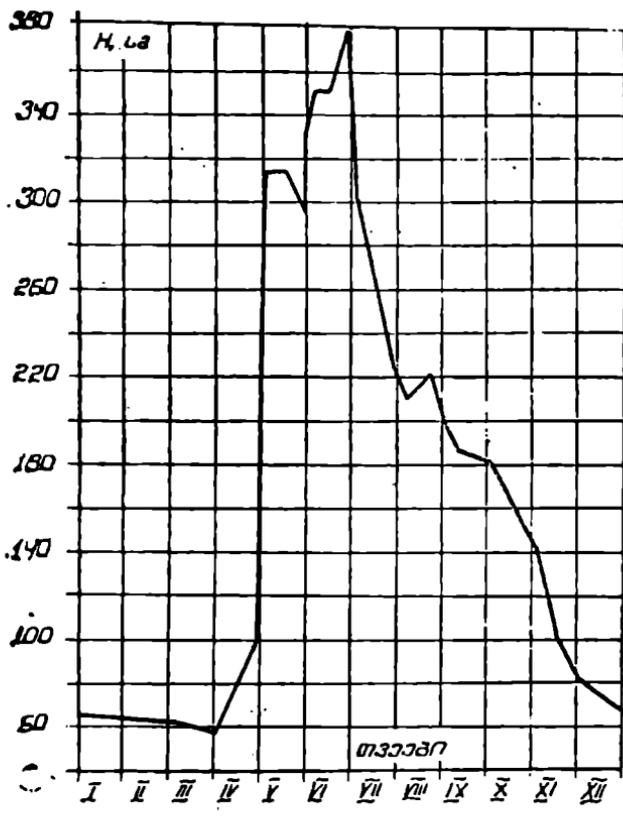
10.1.4. დონამიჯური მოვლენები წყალსაცავებში

ატმოსფერული ფაქტორების, ძირითადში კი ქარის ზემოქმედებით წყალსატევებში ვითარდება დინამიკური მოვლენები.

● დელვის შედგად წყალსატევების ზედაპირზე განვითარებული ქარიისმიერი ტალღები მიეკუთვნება გრავიტაციულთა ტიპს, რადგან წყლის ზედაპირი წონასწორობიდან გამოჰყავს ქარის ძალას, ბოლო სიძიძიძის ძალა ცდილობს მის დაბრუნებას საწყის მდგომარეობაში. ტალღის პარამეტრები განხილულია 20.2.3 პარაგრაფში.

● სხვადასხვა პილოტჟეტროლოგიური თუ ინერციული ფაქტორების ზეგავლენით წყალსატევებში ადგილი აქვს წყლის მასების პორიზონტალურ გადაადგილებებს — დინებებს. დინებებს განაპირობებენ: ქარი, შემოდინება წყალშემკრებიდან, წყალსატევიდან გადინება, წყლის სიმკვრივის არაერთგვაროვნება, ატმოსფერული წნევის ცვალებადობა წყალსატევის ზედაპირზე და სხვ. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ქარიისმიერი (დრეიფული) დინებები.

● ვრთი და იგივე მიმართულებით ქარის ხანგრძლივი ქროლის შემ-

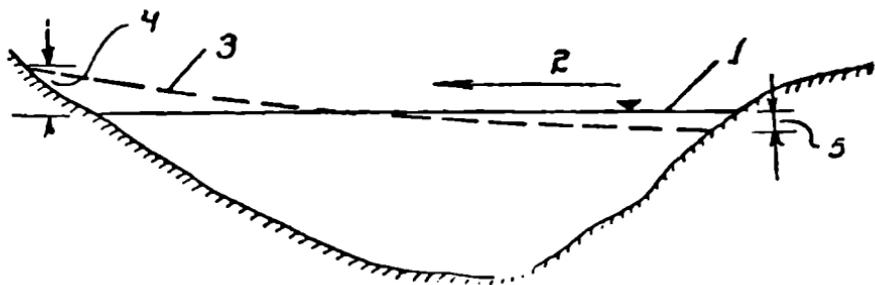


ნახ. 10.2 ღონის რყევადობა ზაქალის ტბაში.

თხევიაში ღრეიფული ღინებები, მოიცავს რა წყალსატევების სიღრმის ზე-
და შესამედს, გადაადგილებს წყლის ღიღ მასებს, რასაც მოჰყვება წყალ-
სატევის ზეღაპირის გადაბრა (ღენიველაცია): წყლის ღონის აწევა (მო-
ღენა) ქარის მიჰრთულებით და ღონის დაწევა (განღენა) წყალსატევის
საპირისპირო მზაუეს (ნახ. 10.3).

● წყალსატევის წყლის ზეღაპირის ღენიველაციის მიზეზი, გარდა
ქარისა, შეიძლება იყოს ატმოსფერული წნევის ცვალებადობა. როღე-
საც წყლის ზეღაპირის დახრის გამომწევეი ძალის მოქმედება შეწყდება,
წყლის ზეღაპირი, მიისწრაფვის რა გრავიტაციის ზეგავლენით წონასწო-
რობისაკენ, მოღის რხევით მოძრაობაში, რომელსაც მიღვეადი ხასიათი
აქვს და მას სეიფს უწოდებენ (ნახ. 10.4). ზოგ შემთხვევაში სეიფის მნი-
შენელობები ფრიაღ საგრანობია. მაგალითად, ერის ტბაში მისი სიმაღ-
ლე (წყლის ზეღაპირის მაქსიმალურ და მინიმალურ ღონეთა სხვაობა)
2,5 მეტრს აღწევს.

10. 1. 6. წყალსატევების გიოლოგიური თავისებურებანი
 10. 1. 7. წყალსატევების სანაპირო ზოლის გაღმავლება
 § 10. 2. შინაპირები

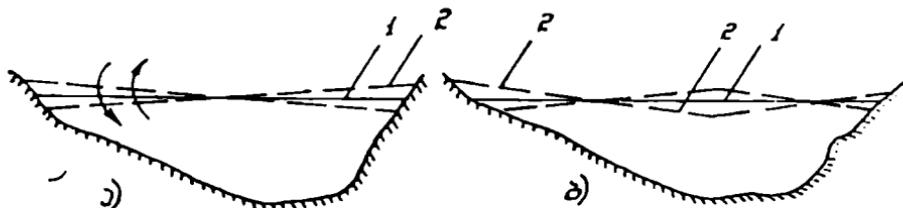


ნახ. 10. 3. წყალსატევაში წყლის მოღენა-განღენის მოღენის სქემა. 1—სტატიკური პირიზონტი; 2—ქარის მხარაღებუბა; 3—წყლის დინამიკური ზედაპირი; 4—წყლის მოღენი; 5—წყლის განღენი.

10. 1. 8. წყალსატევების თარიღული და უფულოვანი რეჟიმი

● წყლის მიერ შთანთქმული მზის თითქმის მთელი რაღიაღია აკუ-
 მულირღება წყალსატევის ზეღა ფენაში, რომლის სიმღლაღერეღ არაღეღმა-
 ტება 1 მ-ს. ვინაღდან წყლის მოღეღეღული თბოღამტარობა უმნღშენე-
 ლოდ მღირღეღ. ამიტომ წყალსატევის სიზრღეღში სითბოს განაწიღება შე-
 საღღებღია მხოლოდ წყლის ნაწიღაღეღების მოღრაობის რაღაღ ფორმების
 შეღეღობით. წყალსატევებში ასეღ ფაღტორებღად გეღეღინღება წყლის თა-
 ვის უღღაღ და იღღღღებითი კონვეღეღეღია. პირვეღი წარმოაღღენს
 წყლის ნაწიღაღეღების ვერტიკაღურ გაღაღღღიღებას წყლის შრეებს შორის
 სიმღვერღეღეთა სხეღობის ეფეღეღის შეღეღეღად; იღღღღებითი კონვეღეღეღის მი-
 ზეზღია ლეღეღა, დინებებღ, წყლის ზეღაპირის ღენიღეღეღაღია. ტემპერატურის
 განაწიღებას წყალსატევის სიღრმეში თერღულ სტრატოფიკაღეღიას
 უწოღებენ.

ზომიერი ჰაღის ტბებში ზაფხულობით მღარღება პირღაპირი ტემპე-
 რატურული სტრატოფიკაღეღია, როღეღეღაღ წყლის ტემპერატურა ზეღაპირ-
 ზე 4°C-ზე მეტი (მტკნარი წყლების უღიღესი სიმღვერღეღის ტემპერატუ-



ნახ. 10. 4. სეღში. ა—ერაღეღენიღინი; ბ—ორეღენიღინი; 1—წყლბ სტატიკური პირიზონტი; 2—წყლის დინამიკური ზეღაპირი.

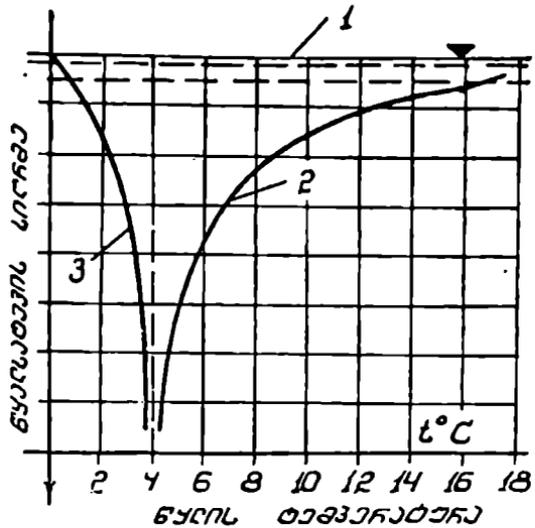
რა) და სიღრმესთან ერთად ეცემა ამ ტემპერატურამდე; ზამთრობით კი ადგილი აქვს შებრუნებულ თერმულ სტრატეფიკაციას: ზედა პირიდან სიღრმისაკენ ტემპერატურა იზრდება 4°C მდე (ნახ. 10.5). გაზაფხულსა და შემოდგომაზე შეინიშნება პოკოთერმია — წყლის ტემპერატურის მთელ სიღრმეზე პრაქტიკული თანაბრობა.

● წყალსატევებში, ისევე როგორც მდინარეებში (§ 8.2), წყლის გაყინვის, ყინულდგომისა თუ ყინულის გახსნის პროცესები უპი-

რველესად დამოკიდებულია გარემოს კლიმატურ და მეტეოროლოგიურ პირობებზე. ამასთანავე, წყალსატევების ყინულის რეჟიმში განსხვავდება რიგი სპეციფიკური თავისებურებით, რომლებიც განპირობებულია წყლის მასისა თუ ქვაბულის გრუნტის თბობარაგით, ღინაშიკური მოვლენებით წყალსატევეში, მორფოზე ურთული მახასიათებლებით, წყლის შინერალიზაციით. წყლისშიდა ყინული (თოში, ფსკერული ყინული) წყალსატევებში წარმოიქმნება მხოლოდ წყლის აქტიური შერევის უბნებზე (მაგალითად, ზეირთცემის სანაპირო ზოლში), სადაც მოსალოდნელია წყლის გადამეტცივება.

წყალსატევის გაყინვის სიჩქარე ცვალებადობს დიდ დიაპაზონში: შედარებით პატარა წყალსატევებში სითბოს შარავი მცირეა, წყლის შერევა — არაინტენსიური და წყალი იყინება რამდენიმე დღე-ღამეში ერთდროულად მთელ აკვატორიაზე; მსხვილ წყალსატევებში კი დროის ხანგრძლივობამ ყინულის პირველი წარმონაქმნების განვითარებიდან სრულ ყინულდგომამდე შეიძლება შეადგინოს 2...3 თვე.

ყინულდგომის რეჟიმში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ყინულის საფარის წარმოქმნისა და მისი სისქის შტეტების პერიოდი. ყინულის სისქე,



ნახ. 10.5. წყლის ტემპერატურის ცვალებადობა წყალსატევის სიღრმეში. 1 — წყლის პირიზონტი; 2, 3 — პირდაპირი და შებრუნებული თერმული სტრატეფიკაცია.

რომელიც განვითარდება რაღაც τ დროის განმავლობაში, შეიძლება გავიანგაროთ ფორმულით

$$h_y = 3,56 \cdot \sqrt[3]{\sum \tau_y^3} \quad (10.3)$$

პადაც $\sum \tau_y$ არის ყინულის საშუალო დღეღამური უარყოფითი ტემპერატურების ჯამი.

წყალსატევების ყინულის საფარისაგან გახსნა ხდება თერმული (მზის რადიაცია, ქაერის თბილი ძასები, წყალშემკრებიდან შემოდენილი სითბო) და მექანიკური (ქარი, ღელვა, დინებები, ღონეების წყალსაშეურნო რეგულირება) ფაქტორების ზეგავლენით. ყინული დნება როგორც ზედა, ასევე ქვედა მხრიდან.

საბჭოთა კავშირის ტბებში ყინულის სისქე ცვალებადობს რამდენიმე სანტიმეტრიდან 1,5... 2,0 მეტრამდე და მეტიც. პატარა ტბებში ყინული დნება ადგილზევე, მსხვილ ტბებში კი ყინულის გახსნა უფრო რთულად მიმდინარეობს: უპირველესად დნება ყინული სანაპირო ზოლის გასწვრივ, ქარის ზეგავლენით ყინულის ძირითადი ველი იმსხვრევა, ყინულის მასები დრეიფობენ, ხშირია მათი ტბის ნაპირზე დახორვის მოვლენები; თუ ტბა გამდინარეა ყინულის ნამსხვრევების ნაწილი გაიტანება ზღინარეში.

წყალსატევების ყინულოვან რეჟიმზე დიდ გავლენას ახდენს აგრეთვე წყლის მინერალიზაცია: მინერალიზებული წყალსატევები იყინება გაცილებით უფრო გვიან, მარილების დიდ კონცენტრაციის შემთხვევაში კი სრულებით არ იყინება.

● წყალსაცავების ყინულოვანი რეჟიმი წყალსატევებისათვის საერთო თვისებებთან ერთად ხასიათდება სპეციფიკური თვისებებით, რომლებიც განპირობებულია წყალსაცავების ექსპლუატაციის თავისებურებებით: ზამთარში წყალსაცავის დონის რეგულირება, დიდი წყალდიდობების გატარება ჯერ კიდევ ყინულის საფარის პირობებში, ღონისძიებები ყინულბერგელებს წინააღმდეგ, წყალსაგდებებზე ყინულის მასების გატარების ორგანიზაცია და სხვ.

ყინულის გახსნიდან წყალსაცავის სრული განთავისუფლების ხანგრძლივობა სხვადასხვა გეოგრაფიული პირობებისათვის შეადგენს საშუალოდ 10... 40 დღეღამეს (მაგალითად, ბრატსკის წყალსაცავი ყინულისაგან თავისუფლდება 40 დღეში).

10.1.6. წყალსატევების ზომლოვიური თავისებურებანი

დღეღამის კიდროსფეროს ობიექტები დასახლებულია წყლის მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმებით. ამ ორგანიზმებისა და წყალსატევების გარემოს ურთიერთქმედების ფორმირება და ტრანსფორმაცია შემ-

დინარეობს არაცოცხალი ბუნების ელემენტების (პედროლოგიური, გეოლოგიური, კლიმატური), წყლის ორგანიზმებისა და ანთროპოგენული ფაქტორების ზეგავლენით.

წყალსატევებში ცხოვრება-განვითარების პირობების შესაბამისად განარჩევენ წყლის ორგანიზმების შემდეგ ჯგუფებს. პლანქტონი წარმოადგენს წყლის სიღრმეში მცხოვრებ მიკროსკოპულად მცირე ზომის ორგანიზმებს, რომელთაც არ გააჩნიათ აქტიურად გადაადგილებას უნარი და წყალში შეწონილ მდგომარეობაში არიან; ამ სახელწოდებაში გაერთიანებულია მცენარეული პლანქტონი, ცხოველური პლანქტონი (უმარტივესი ორგანიზმები, კიბოსმაგვარები, ქიასმაგვარები) და ბაქტერიოპლანქტონი. ნექტონის ჯგუფს მიაკუთვნებენ ცოცხალ ორგანიზმებს, რომლებიც ეწევიან აქტიურ (ძაქრავ) ცხოვრებას; მათი ყველაზე წარმომადგენლობითი სახეა—თევზები. ბენტონის აერთიანებს წყალსატევებს ფსკერზე და ფსკერის გოუნტში მცხოვრებ წყალმცენარეებს, სოკოებს, კიბებს, შოლუსკებს, ბაქტერიებს.

წყლის ორგანიზმების ცხოველმოქმედებისა და წყალსატევის გარემოსთან ურთიერთქმედების პროცესში ხორციელდება ბიოლოგიური ნივთიერებების წრებრუნვა. წყალსატევებში ბიოლოგიური ნივთიერებებისა და პროცესების მთავარ რიცხობრივ მახასიათებლად მიიჩნევენ ბიომასისა და პროდუქციის ცნებებს. ბიომასა წარმოადგენს დროის გარკვეული მომენტისათვის წყალსატევის მცენარეულ და ცხოველურ ორგანიზმებში მოცემული ორგანული ნივთიერებების საერთო მასას. ბიომასის ზრდა მეტყველებს წყალსატევებში ცოცხალი ორგანიზმების ზრდა-გამრავლებაზე და პირობით. წყალსატევებს უნარი აქვთ კვლავ აწარმოონ ორგანული ნივთიერება ცოცხალი ორგანიზმების სახით, რასაც ბიოლოგიურ პროდუქტიულობას უწოდებენ. დროის გარკვეულ შუალედში ბიომასის რაოდენობრივ ნაზრდს, პროდუქციას აქვია.

წყალსატევების ეკოლოგიის ბუნებრივად პროცესი მიმართულია იქით, რომ მათში მატულობს ბიოგენური ელემენტებისა და ორგანული ნივთიერებების შემცველობა, სწრაფად ვითარდება მცენარეული პლანქტონი, ბიოლოგიური ნივთიერებების წრებრუნვა იღებს არასრულ სახეს. ორგანული ნარჩენების მნიშვნელოვანი ნაწილი ილექება ფსკერზე და ქმნის ორგანული ნივთიერებებით მდიდარი ლამის მქლავრ ფენას; ეს პროცესი კატასტროფულად ჩქარდება ანთროპოგენული ზემოქმედების გავლენით. ყოველივე ამის შედეგად წყალსატევებში მკვეთრად იზრდება მცენარეული პლანქტონი, უარესდება წყლის ხარისხი, წარმოიქმნება ენგბადის დეფიციტი, წყალი ხდება საყოფაცხოვრებო მოხმარებისათვის უვარჯისი, იხოება თევზი და სხვ. აღნიშნულს აღვილი აქვს, მაგალითად, ერის ტბაში, შეინიშნება ლადოგის, ონეგისა და სევანის ტბებში, დნეპრისა და ვოლგის კასკადების წყალსატევებში.

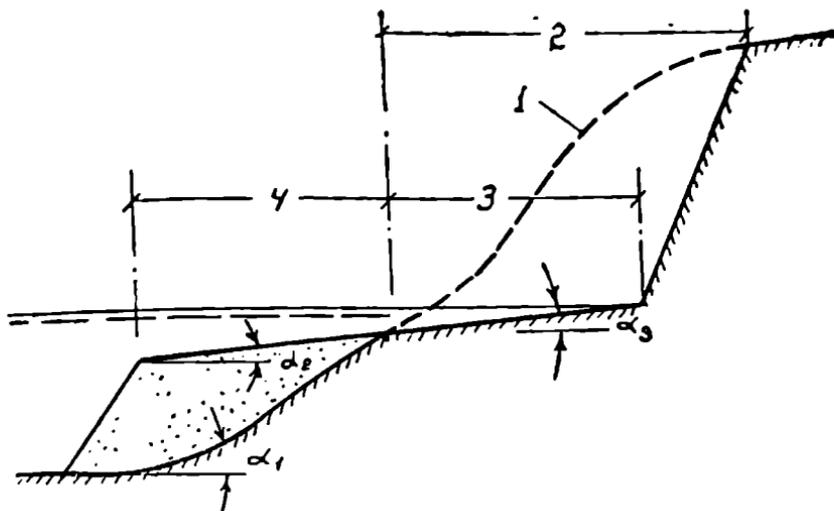
წყალსატევის სანაპირო ზოლში ინტენსიურად ვითარდება მცენარეულობა, რომელსაც საგრძნობლად შეუძლია შეამციროს შედარებით პატარა წყალსატევების სასარგებლო მოცულობა.

10.1.7. წყალსატევის სანაპირო ზოლის გადაფარვა

წყალსატევების სანაპირო ზოლი ფორმირდება და გადამუშავდება ბუნებრივი და ანთროპოგენული ფაქტორების ზეგავლენით, რომელთაგან ძირითადია სანაპირო დინებები და წყლის დონის მერყეობა.

დინებები წყალსატევების სანაპირო ზოლში გამოირჩევა განსაკუთრებული სირთულითა და მრავალფეროვნებით აქ ვითარდება წყალსატევის სათვის დამახასიათებელი ყველა შესაძლო დინება (§10.1.4) და, გარდა ამისა, ზვირთცივის დინებები, რომლებიც არ გვხვდება წყალსატევის სხვა უბნებზე. სწორედ ისინი განაპირობებენ ძირითადად ნაპირების ნგრევას და ნატანის პლაჟზე და ნაპირის გასწვრივ გადაადგილებას. სანაპირო დინებების გამომწვევი ფაქტორებთან მთავარია ქარისა და ტალღების მსხვრევისას გამოყოფილი ენერჯია. ამისდა შესაბამისად, თუ სანაპირო დინება როგორც წყალსატევის ნაპირის მიმართ მოგებულნი განარჩევენ სხვადასხვა წარმოშობის ნაპირგასწვრივ, ნორმალურ და კომპლექსურ დინებებს [21, გვ. 394]; ნაპირგასწვრივი დინების სიჩქარეები სანაპირო ზოლის მიმართულებას ემთხვევა; ნორმალურ დინებებს წყლის მასები გადააქვთ ნაპირის მართობულად და ყოველთვის აღინიშნება უკუტყევი-წინსვლითი მოძრაობა; კომპლექსურ დინებებს გააჩნიათ, როგორც ნაპირგასწვრივი, ასევე ნორმალური შემდგენები. განსაკუთრებული ინტენსიურობით გამოირჩევა ნაპირგასწვრივი ზვირთცივის დინებები მიმართული ნაპირისაკენ მახვილი კუთხით; ისინი გადაადგილებიან დიდი სიჩქარეებით (1...1,5 მ/წმ და მეტიც), ხასიათდებიან მაღალი ტურბულენტურობით, ტრანსპორტუნარიანობით და განსაზღვრავენ წყალსატევის სანაპირო ზოლის ნატანის რეჟიმისა და ნაპირების გადაფორმირების ხასიათს.

სანაპირო ტალღური დინებების ზეგავლენით წყალსატევების ნაპირების გადაფორმირებას, ნაპირების აბრაზიას უწოდებენ. აბრაზიის შედეგად ჩამორეცხილი მასალა მეტწილად აკუმულირდება სანაპირო ზოლში ან გადაიტანება ნაპირის გასწვრივ. წყალსატევის გადამუშავებულნი ნაპირის (ნაპირის აბრაზიულ-აკუმულაციური პროფილის) ძირითადი ელემენტები — აბრაზიული საფეხური, აბრაზიული ტერასა და წყალქვეშა აკუმულაციური ტერასა მეტ-ნაკლებად შეინიშნება ყველა წყალსატევაში (ნახ. 10. 6). თუმცა, აქვე უნდა დავძინოთ, რომ ნაპირების გეოლოგიური აგებულების, მათი პირველყოფილი მოჩაზულობისა და წყალსატევის კიდრლოგიური რეჟიმის თავისებურებათა შესაბამისად ნაპირე-



ნახ. 10.6. წყალსაცავების სანაპირო ზოლის გადამუშავება. 1—ნაპირის თავდაპირველი მოხაზულობა; 2—აბრაზიული საფეხური; 3—აბრაზიული ტერასა; 4—ჟემულიანი ტერასა.

ბის პროჯილი შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს აღწერილი-საგან.

ტბების სანაპირო ზოლი ყალიბდება ნაპირის მაფორმირებელი ფა-ქტორების ხანგრძლივი მოქმედების პროცესში და სტაბილური ქილოლოგიური და კლიმატური პირობების შემთხვევაში არ განიცდის მნიშვნელოვან ცვლილებებს. ცხადია, სულ სხვა მოვლენასთან გვაქვს საქმე წყალსაცავების შემთხვევაში: ხმელეთის ბუნებრივი ქვაბულების წყლით ხელოვნურად შევსების შედეგად იწყება ნაპირების ტბის ტიპად გადამუშავების სწრაფი პროცესი, რომელსაც მიღწეადი ხასიათი აქვს. მნიშვნელოვანი კორექტივები შეაქვს ნაპირების გადამუშავების საკითხში წყალსაცავების რეგულირებისთან დაკავშირებულ დონეთა ცვალებადობის ჩაოდენობრივ და დროით მახასიათებლებს. მაგალითად, წყალსაცავში დონეთა ბელოვნურმა ცვალებადობამ შეიძლება შეადგინოს 6...10მ, მთის წყალსაცავებში კი 70...80 მ.

§ 10.2. მშენებარები

მყინვარი ეწოდება ფირნისა და ყინულის ბუნებრივ მოძრავ გროვას ხმელეთის ზედაპირზე წარმოქმნილ მყარი ატმოსფერული ნალექების დაგროვებისა და გარდაქმნის გზით (ფირნი მსხვილმარცვლოვანი შემკვრივებული თოვლია, რომელიც შედგება ერთმანეთთან შეკავში-

რებული ყინულის მარცვლებისაგან). განარჩევენ მყინვარის სამ — ხმელეთზე, შელფურ და მთის მორფოლოგიურ ტიპს: ხმელეთის მყინვარი ეს არის სქელი და ვრცელი ფარისებური საფარი (მაგ. ანტრაქტიდა, გრენლანდია), მთის მყინვარი ეშვება მთის კალთებზე ან ხეობებში, შელფური მყინვარი კი — ზღვაში და ტივტივებს ან ნაწილობრივ ეყრდნობა ფსკერს.

მყინვარებს უკავია ხმელეთის 10%-ზე მეტი (16 მლნ კმ³) და შეადგენს მსოფლიო მტკნარი წყლების მარაგის უდიდეს ნაწილს (ცხრ. 1.1). საბჭოთა კავშირის ტერიტორიის 78 ათასი კმ² დაფარულია მყინვარებით, რომელთა მტკნარი წყლების მოცულობაა 17 ათასი კმ³. საქართველოში მყინვარები მხოლოდ კავკასიონზეა 506 კმ² საერთო ფართობით.

მყინვარების მოძრაობა გრავიტაციული ხასიათისაა. გადაადგილების სიჩქარე მეტად მცირეა (მაგ. კიმალაის მყინვარების სიჩქარეა 700 .. 1300 მ წელიწადში).

მყინვარების სიგრძე მერყეობს ასეული მეტრიდან რამდენიმე ათას კილომეტრამდე, სისქე — ათეული მეტრიდან რამდენიმე კმ-მდე. მთის მყინვარებიდან უდიდესია ბერინგის მყინვარი (ალასკა) — 170 კმ, საბჭოთა კავშირში — ფედრენკოს მყინვარი (77 კმ), საქართველოში — ლეხზირის მყინვარი (11,8 კმ).

მყინვარების შესწავლის დიდი მნიშვნელობა, გარდა იმისა, რომ მათში აკუმულირებულია მტკნარი წყლის უმეტესი ნაწილი, იმაშიც მდგომარეობს, რომ ისინი განაპირობებენ და არეგულირებენ მყინვარული კვების მდინარეების წყლის ჩამონადენსა და რეჟიმს.

§ 10. 8. ზამთარი

ქაობები წარმოადგენს ხმელეთის ზედაპირზე წყლით გაჯერებული ორგანული მასალის ბუნებრივი წარმონაქმნების — ტორფის დანალექებს, რომლებზედაც ხარობს ქაობის სპეციფიკური მცენარეულობა. საკუთრივ ქაობთან მაშინ გვაქვს საქმე, როდესაც ტორფის სისქე აღემატება 30 სმ-ს; უფრო ნაკლები სისქის შემთხვევაში ლაპარაკია დაქაობებულ მიწებზე.

დადგენილია, რომ წყალი შეადგენს ტორფის მოცულობის 88...97%-ს, ასე რომ, ტორფის წარმოქმნა-დაგროვება ერთდროულად გულისხმობს წყლის მარაგის შექმნასაც. დღემდეა უცნობი ქაობის წყლების საერთო რაოდენობა 5,5-ჯერ აღემატება წყლის საერთო მოცულობას მდინარეთა კალაპოტებში. საბჭოთა კავშირში ყველაზე დიდი დაქაობებული ტერიტორიები გვხვდება დასავლეთ ციმბირში, ტაიგის ზონაში, ევროპული ნაწილის ჩრდილოეთითა და ჩრდილო-დასავლეთით. საქარ-

თველოში კაობებს მნიშვნელოვანი ფართობები უკავია კოლხეთის დაბლობზე.

კაობების წარმოქმნის პროცესი უპირველესად ბუნებრივი, თვით-მარეგულირებელი ხისიათისაა. უკანასკნელ ხანს საგრძნობი შეიქმნა ინთროპოგენული ფაქტორების ხვედრითი წილი: დიდი ტერიტორიების შეტბორვა-დატბორვა, რაც აუარესებს მიწების ბუნებრივ დრენაჟისა და კარბი ტენის მოცილების პირობებს; ტყის მასიური გაკაფვა, რის შედეგადაც მკირდება ტრანსპირაციული პროცესი და უარესდება ნიადაგ-გრუნტის ინტელტრაციული შესაძლებლობები; მორწყვის არასწორი ორგანიზაცია, რასაც საბოლოოდ მიყვართ მიწების დაკაობება-დამარილიანებისაკენ და სხვ.

ჰიდრომეტრია

XI თავი

ჰიდრომეტრიის ამოცანები. ჰიდრომეტროლოგიური
სამსახურის ორგანიზაცია

შესავალ განყოფილებაში (§1. 3) მოცემულია ჰიდრომეტრიის საგ-
ნის თანამედროვე განმარტება.

§ 11. 1. ჰიდრომეტრიის საბანი, ამოცანები

ჰიდრომეტრია შესასწავლი წყლის ობიექტების შესაბამისად იყოფა
ორგანულ ნაწილებად [4]: ძირითადი წყლების ჰიდრომეტრია (ჰი-
დრომეტროლოგია), ზედაპირული წყლების ჰიდრომეტრია (ოქეანოგრაფი-
ა და ზღვების ჰიდრომეტრია, ხმელეთის წყლების ჰიდრომეტრია),
მიწისქვეშა წყლების ჰიდრომეტრია.

ხმელეთის ჰიდროლოგიის მსგავსად წინამდებარე სახელმძღვანელოს
ჰიდრომეტრიული განყოფილების შესწავლის საგანია ხმელეთის წყლები:
მდინარეები, ტბები, წყალსაცავები, ქაობები; ჰიდრომეტრიის მთავარი
ორი ამოცანა კი ასე შეიძლება ჩამოვაყალიბოთ:

— სათანადო მეთოდებასა და ხელსაწყოების დამუშავება წყლის
ობიექტების რეჟიმის მახასიათებელი ელემენტების რაოდენობრივ გენ-
საზღვრისა და აღრიცხვისათვის;

— წყლის ობიექტების ჰიდროლოგიური რეჟიმის სისტემატური შე-
სწავლა დონეების, წყლისა და ნატანის ჩამონადენის, წყლის ქიმიური
შემადგენლობის, უინულოვანი მოვლენებისა და სხვათა მრავალწლიანი
მახასიათებლების მისაღებად.

§ 11. 2. ჰიდრომეტროლოგიური სამსახურის ორგანიზაცია
საბოლოო კავშირით

წყლის ობიექტების ჰიდრომეტრიული გამოკვლევები ტარდება სა-
ბოლო კავშირის ერთიანი ჰიდრომეტროლოგიური სამსახურის ფარ-
გლებში. ჩვენს ტერიტორიაზე მოქმედებს სადგურებისა და საგუშაგოე-
ბის სახელმწიფო ქსელი; ტარდება აგრეთვე საექსპედიციო სამუშაოები.
გარდა სახელმწიფო ქსელისა არსებობს საუწყებო ჰიდრომეტროლო-
გიური პუნქტები. ჰიდრომეტროლოგიური სამსახურის სადგურები და

საგუშაგოებში კლასიფიცირდება სახეებად და თანრიგებად. სადგურებისა და საგუშაგოების სახეებს განსაზღვრავს მათი მთავარი დანიშნულების ხასიათი: მეტეოროლოგიური, აეროლოგიური, ჰიდროლოგიური, საზღვაო ჰიდრომეტეოროლოგიური, სახომალდო ჰიდრომეტეოროლოგიური, სპეციალური. შესრულებულ სამუშაოთა მოცულობის შესაბამისად განსხვავებენ I, II და III თანრიგის სადგურებსა და საგუშაგოებს.

ჰიდროლოგიური სადგურები წარმოადგენს დაწესებულებებს გარკვეული საშტატო ერთეულით. განაჩევენ I და II თანრიგის სადგურებს. პირველნი სწავლობენ თავის სამოქმედო ტერიტორიაზე წყლის ობიექტების ჰიდროლოგიურ რეჟიმს, ხელშეწყობენ მათზე მიმდგრებულ მეორე თანრიგის სადგურებს და ჰიდროლოგიურ საგუშაგოებს, ჰიდროლოგიურ ცნობებს აწვდიან დაინტერესებულ ორგანიზაციებს; II თანრიგის სადგურები აწარმოებენ საველე ჰიდროლოგიურ და ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებებს, ამუშავებენ და ანალიზს უკეთებენ საგუშაგოებზე შესრულებულ ჰიდრომეტრიულ მასალას.

ჰიდროლოგიურ საგუშაგოს უწოდებენ ადგილს მდინარეზე ან წყალსატევზე, რომელიც შერჩეულია გარკვეული მოთხოვნების დაცვით და სათანადოდაა აღჭურვილი დაკვირვებების შესასრულებლად; ჰიდროლოგიურ საგუშაგოებზე გათვალისწინებულია მხოლოდ დამკვირვებლის შტატი. მდინარის ჰიდროლოგიური საგუშაგო შეიძლება იყოს I, II და III თანრიგის.

სახელმწიფო ჰიდრომეტეოროლოგიური ქსელი მოიცავს ძირითად და სპეციალურ სადგურებსა და საგუშაგოებს. ძირითადი (საყრდენი) სადგურები (საგუშაგოები) სისტემატურად სწავლობენ ჰიდრომეტეოროლოგიურ პროცესებს და მათი ორგანიზაცია ხდება ხანგრძლივი დროით, განუსაზღვრელი ვადითაც კი. სპეციალური სადგურები (საგუშაგოები) სწავლობენ ადგილობრივ ჰიდრომეტეოროლოგიურ პირობებს და რეჟიმებს სპეციალური მიზნებისათვის და ეწყობა იმ შემთხვევაში, როდესაც მახლობელი ძირითადი პუნქტების მონაცემები არასაკმარისია კონკრეტული ამოცანების გადასაწყვეტად; მათი მოქმედების ვადებიც ამავე მიზნებითაა განსაზღვრული.

საბჭოთა კავშირის ჰიდრომეტეოროლოგიური ქსელის სადგურები და საგუშაგოები მუშაობენ ერთიანი პროგრამითა და მეთოდებით, რაც აადვილებს დაკვირვებათა მასალების შემოწმებას, დამუშავებასა და განზოგადებას. ამჟამად, მარტო მდინარეებზე, ტბებსა და წყალსატევებზე მოქმედებს 35000-ზე მეტი სადგური და საგუშაგო. მათ განალაგებენ იმის გათვალისწინებით, რომ მათი მინიმალური რაოდენობის შემთხვევაშიც კი შესაძლებელი იყოს საკმარისი და სარწმუნო ჰიდროლოგიური მონაცემების დაგროვება.

ხმელეთის წყლების ჰიდროლოგიური მახასიათებლები (დონეები,

ქანობები, სიჩქარეები, წყლისა და ნატანის ხარჯები და სხვა) დროში განუწყვეტლივ ცვალებადობს და ამ პროცესს აქვს შეტად რთული, შემთხვევითი ხასიათი. ამიტომ წყლის ობიექტის ქილოლოგიური რეგემის სარწმუნო შეფასებისათვის საჭიროა გეკონდეს რაც შეიძლება ხანგრძლივი, უწყუარო და უწყვეტი ნატურული დაკვირვებები.

XII. თ ა ვ ი

წყლის დონეების გაზომვა

წყალსატრეებში არსებული და მდინარეებში გადინებული წყლის რაოდენობა დროში მუდმივად ცვალებადობს. წყლიანობასა და შესაბამის დონეებს შორის ირის პირდაპირო დამოკიდებულება: წყლის ნებისმიერი რაოდენობრივი ცვალებადობა უშუალოდ ესახებას პოვებს დონეების რეგემში.

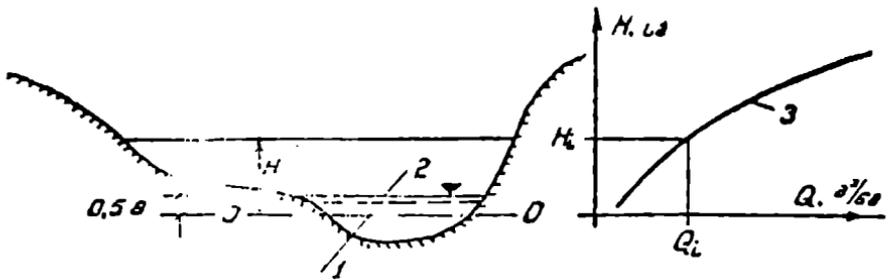
მდინარეებში. ტბებში, წყალსაცავებსა თუ ქაობებში წყლის დონის რყევადობის შესწავლა - პროგნოზირებას აქვს დიდი საეკონომიკო და სამეურნეო დანიშნულება. წყალთან დაკავშირებული ნებისმიერი საინჟინრო ნაგებობის დაგეგმარება და უსაფრთხო ექსპლუატაცია წარმოუდგენელია წყლის ობიექტის დონის თვისებების ცოდნის გარეშე.

§ 12.1. წყლის დონეების გაზომვის მთავარი პრინციპები

წყლის დონე ეწოდება წყლის ზედაპირის სიმაღლეს ათვლის მუდმივი პოზიციონალური სიბრტყის მიმართ. ქილოლოგიასა და პილოტეკნიკაში წყლის დონეებს, ჩვეულებრივ, გამოსახავენ აბსოლუტურ ნიშნულებში, რაც მოსახერხებელია დაკვირვებისა თუ საპროექტო დოკუმენტაციის ნატურაში გადატანის თვალსაზრისით.

წყლის დონის სიმაღლის ათვლის ნულოვანი სიბრტყეს ნიშნავენ კვეთში შესაძლო უდაბლესი დონის ქვემოთ (0,5 მ-ით), რათა ყოველთვის უზრუნველყოფილი იქნეს ნულოვანი სიბრტყიდან ათვლილი დონეების დადებითი ნიშანი (ნახ.12.1).

თუ მდინარის შეღარებით მოკლე უბანზე (5... 10 კმ) მოწყობილია რამდენიმე წყალსაზომი საგუშაგო და მდინარის ქანობი არაა დიდი, მიზანშეწონილია ყველა ამ წყალსაზომი გასწორებისათვის შეირჩეს ერთი საერთო ნულოვანი სიბრტყე; წინააღმდეგ შემთხვევაში მათ ნულოვან სიბრტყეებს განსხვავებული ნიშნულები შეიძლება ჰქონდეს. წყალსატრეებზე განლაგებულ საგუშაგოებს, ჩვეულებრივ, ათვლის ერთი და იგივე სიბრტყე აქვთ.



ნახ. 12. 1. წყალსაზომი საგუშაგოს გრაფიკის ნულის სიბრტყე (1). 2—წყლის შესაძლო უღბლესი დონე; 3—ხარჯის შრული.

წყლის დონეზე დაკვირვებების დიდ მნიშვნელობაზე მეტყველებს თუნდაც ის, რომ მათ საფუძველზე განისაზღვრება ემპირიული კავშირი (გრაფიკი) წყლის დონეებსა (H) და მდინარეში შესაბამის ხარჯებს (Q) შორის (თავე XVI), რაც საშუალებას იძლევა ყოველთვის ირ ვიწარმოოთ ხარჯების გაზომვის შრომატევადი საუშაოები და ისინი განვსაზღვროთ დონეების შესაბამისად უშუალოდ გრაფიკიდან (ნახ.12.1); აბსცისათა ღერძის ნიშნული შეესაბამება დონეების ათელის ნულოვან სიბრტყეს, იმიტომ ამ უკანასკნელს საგუშაგოს გრაფიკის ნულის უწოდებენ.

§ 12.2. წყალსაზომი საგუშაგოების ძირითადი ტიპები და მოწყობილობა

წყლის ობიექტზე გამართულ წყლის დონის აღმრიცხველ მოწყობილობას წყალსაზომი საგუშაგო ეწოდება. საბჭოთა კავშირის ჰიდრომეტეოროლოგიური სამსახური თვლის 6000-ზე მეტ ასეთ საგუშაგოს. მათ აწყობენ სანაოსნო არხებსა და მდინარეებზე, დასახლებული პუნქტების, ჰიდროსადგურების, ნავსადგურების ახლოს, კაშხლებთან, ხიდებთან, საგზაო წყალგამშვებ ბერეტებთან, წყალმიღებ ნაგებობებთან და ა. შ. წყალსაზომი საგუშაგოების ორგანიზაცია მოითხოვს შრავალი ჰიდროლოგიური, ტოპოგრაფიული, ტექნიკური თუ სხვა ფაქტორების გათვალისწინებას [4, გვ. 53; 34, გვ. 23; 49, გვ. 37]; მაგალითად, ყვგლა შემთხვევაში უნდა ვეცადოთ, რომ საგუშაგოსათვის შერჩეული ადგილი რაც შეიძლება სრულად ასახავდეს საანგარიშო მდინარისა თუ წყალსატევის დონეთა რეჟიმის თვისებებს.

განსაკუთრებული მნიშვნელობა ექვს საგუშაგოს გრაფიკის ნულის სიმაღლითი ნიშნულის უცვლელობის უზრუნველყოფას. ამ მიზანს ემსახურება საგუშაგოს მთავარი და საკონტროლო რეჰერები. მთავარი რეჰერი, როგორც წესი, გასაიდუმლოებულია და ეწყობა ხანგრძლივი ექსპლუატაციის მიზნით.

ბლუატაციისა და ნიშნულის უცვლელობის პრინციპებს დაცვით. მის მიხედვით დროდადრო მოწმდება საკონტროლო რეპერის ნიშნული. საკონტროლო რეპერს ათავსებენ საგუშაგოს გასწორში და მასთან შედარებით სისტემატურად ამოწმებენ ხიზინჯების ნიშნულებს, ლარტყის ნულებს თუ სხვა დონის ამთვლელი მოწყობილობის სიმართლით განლაგებას. საგუშაგო ისე უნდა იყოს მომარჯვებული, რომ შევძლოთ ზუსტორიული უმაღლეს და უდაბლეს დონეზე 0,25... 0,5 მ-ით მეტი და ნაკლები პორიზონტების აღრიცხვა.

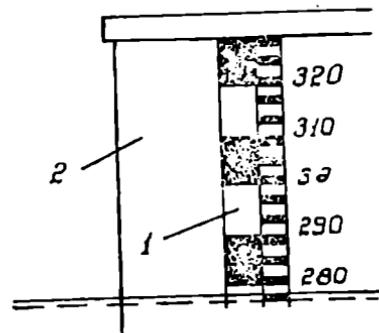
წყალსაზომი მოწყობილობების კონსტრუქციის შესატყვისად განაჩევენ მარტივ, გადამკემ, თვითშწერ და დისტანციურ საგუშაგოებს.

12. 2. 1. მარტივი წყალსაზომი საგუშაგოები

მარტივი საგუშაგოების მოწყობა არაა შრომატევადი და, რაც მთავარია, ისინი საკმაოდ ზუსტად აღრიცხავენ დონეს. მარტივ წყალსაზომ საგუშაგოებზე ანათვლებს გარკვეულ ვადებში ილეის დაიკვირებელი.

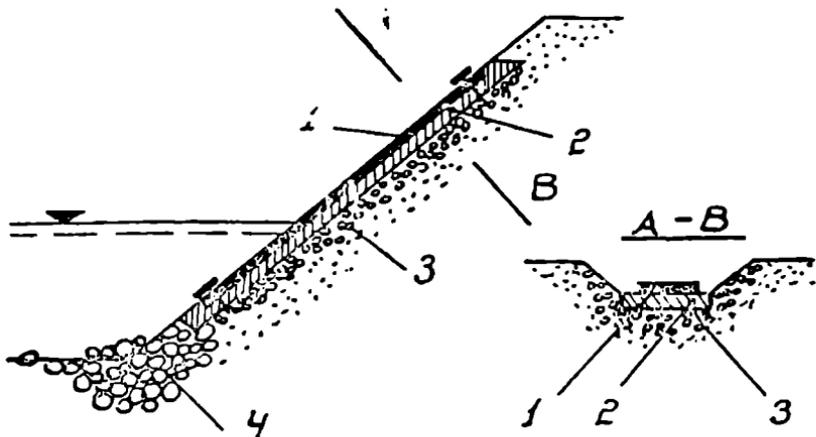
მარტივი წყალსაზომი საგუშაგო შეიძლება იყოს ლარტყიანი, ხიზინჯიანი და შერეული (ლარტყიან-ხიზინჯიანი) სახის.

● ლარტყიანი წყალსაზომი საგუშაგოებისათვის შეარჩევენ ღელვასა და მკურავი სხეულებისაგან შედარებით დაცულ უბნებს. მათ ძირითად მოწყობილობას შეადგენს ხის, თუჯის ან ლითონის ლარტყა (ნახ.12.2). ლარტყებს მკიდროდ ამაგრებენ მოხერხებულ ადგილას ვერტიკალურად ამოქრილ კილოში; ღდინარისა თუ წყალსატევის სანაპიროს კედელზე, ხიდის ბურჯზე, ცეცაბო კლდოვან ნაპირზე, რაბის კედელზე, კაშხალზე, კოშკურა წყალმიმღებზე. ხშირად ადგილობრივი პირობები გვიჩულებს ვერტიკალური ლარტყები განუალაგოთ შიგ ღდინარეში ან წყალსატევში; ამ შემთხვევაში საჭირო ხდება მარტივი სიენ-



ნახ. 12.2. ლარტყიანი წყალსაზომი საგუშაგო. 1—ლარტყი; 2—სანაპირო ბურჯი.

უინრო გადაწყვეტის მონახვა ლარტყის დსამაგრებლად და მკურავი სხეულებისაგან დასაცავად [49, 55]. ჰიდრომეტრიის პრაქტიკაში ხშირია აგრეთვე საგუშაგოები დახრილი ლარტყებით (ნახ.12.3). ასეთი ლარტყა უკეთაა დაცილი ტალღებისა და მკურავი სხეულებისაგან, დიდი სიჩქარეების შემთხვევაში ანათვლების სიზუსტე უფრო მაღალია. ვერტიკალური ლარტყებისაგან განსხვავებით, რომელთა დანაყოფის ფასი $2 \sin \alpha$, დახრილი ლარტყების დანაყოფები შეადგენენ $2/\sin \alpha$ სანტიმეტრს, სადა α ლარტყის პორიზონტთან დახრის კუთხეა.



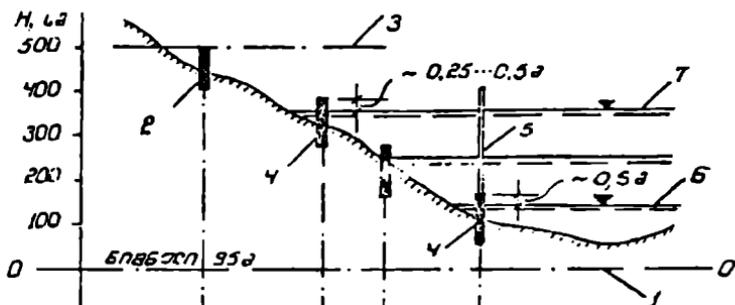
ნახ. 12.3. წყალსაზომი საგუშაგო დახრილი ლარტყით. 1—ლარტყა; 2—ბეტონის საგები; 3—ლორღის ფენა; 4—ქვის ყრილი საზენი.

● დონეთა ცვალებადობის დიდი ამპლიტუდის ვაკის მდინარეებზე უპირატესობის ანიჭებენ ხიმიჩვიან წყალსაზომ საგუშაგოებს (ნახ. 12.4). წყალსაზომ ხიმიჩვიებს განლაგებენ ხელსაყრელ კვეთში წყალნაკადის პერპენდიკულარულად. მეზობელი ხიმიჩვიების სათავისის ნიშნულთა სხვაობა არ უნდა აღემატებოდეს 0,8 მ-ს, კვეთში ხიმიჩვიების განაწილება სრულდება ფერდობების ტოპოგრაფიული თავისებურებებისა და დონეების ათვის მოხერხებულობის გათვალისწინებით.

თანამედროვე ხიმიჩვიანი წყალსაზომი საგუშაგოები აღქურვილია ლითონის სტანდარტული ხიმიჩვიებით. ხიმიჩვიების ჩასობის დროს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს მათი სათავისი სიბრტყის მკაცრი ჰორიზონტალობის უზრუნველყოფას. სათავისი იღებება თეთრი ზეთის საღებავით და ორი მხრიდან შავი ფერით ეწერება შესაბამისი რიგითი ნომერი. რეკრთან შედარებით ღვინდება ყველა ხიმიჩვიის სათავისის სიმაღლითი განლაგებისა და გრაფიკის ნულის ნიშნულები.

წყლის დონეების ათვლა წარმოებს გადასატანი ლარტყით, რომელსაც ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში ათავსებენ წყლის სანაპირო კიდესთან უახლოესი დატბორილი ხიმიჩვიის სათავისზე. ლარტყის ანათელის მიხედვით წყლის დონის გამოთვლა არავითარ სიძნელეს არ წარმოადგენს, რადგან ცნობილია ხიმიჩვიის სათავისის სიმაღლე საგუშაგოს გრაფიკის ნულიდან.

● შერეული (ლარტყიან-ხიმიჩვიანი) წყალსაზომი საგუშაგოები იმართება მდინარის იმ უბნებზე, რომელთა სანაპირო ფერდობები ხასიათდება მკვეთრი ტეხილი პროფილით: ციცაბო უბნებზე ეწყობა ლარტყები, ხოლო დამრეცხე—ხიმიჩვიები.



ჩვენი წიგნაკი		1	2	3
მანძილი, მ.		0	2,4	3,8
სიღრმე, მ.	წიგნაკი	100	24	38
	წყლის დონე	380	273	160

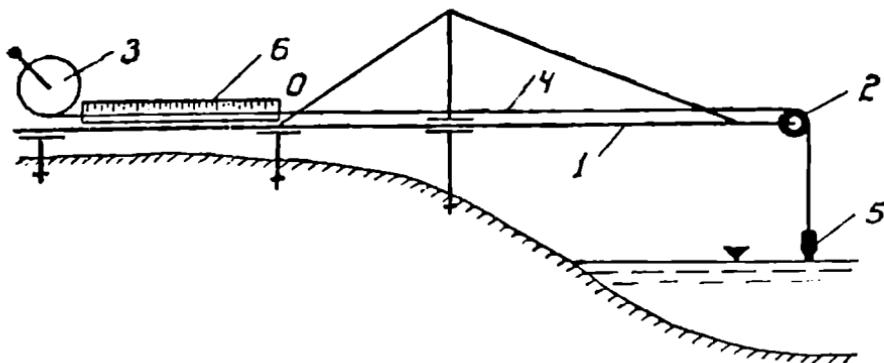
ნახ. 12 4. ხიმინჯის წყალსაზომი საგუშაგო. 1—საგუშაგოს გრაფიკის წელი; 2—ჩუქრა; 3—ჩუქრის ნივთის სიღრმე; 4—ხიმინჯი; 5—ლარტყა; 6,7—წყლის შესაღობი უბნები და უმაღლესი დონეები.

12.2.2. გადამცემი წყალსაზომი საგუშაგოები

გადამცემ წყალსაზომ საგუშაგოებს აწყობენ შეუღობი სანაპირო ფერდობების შემთხვევაში, როდესაც წყლის პირთან მისვლა ანათვლების ასაღებად გაძნელებულია. გადამცემი საგუშაგო შეიქმნება გარდასართულიდან უშუალოდ ბუნებრივ სანაპიროზე ან რომელიმე პირდაპირი ნაგებობაზე, თუ ასეთი არის საგუშაგოს გასწორში.

● ხიდური წყალსაზომი საგუშაგოს გამართვა მიზანშეწონილია მაშინ, როცა საგუშაგოს გასწორში არსებობს ხიდი ან სხვა საინჟინერო ნაგებობა. წყლის დონის ათვლისათვის ხიდზე შედარებული და იმდენად დააფიქსირებენ წერტილს—დაკვირვების წელს, რომლის შესაბამის ნიშნულს განსაზღვრავენ ნიველირებით უახლოესი რეპერიდან. წყლის დონის ათვა ხდება დაკვირვების წელიდან წყლის დონემდე ვერტიკალური მანძილის უშუალო გაზომვით, რისთვისაც იყენებენ დანაყოფებიან გვარს (ტროსს), ფოლადის რულეტს ან ლარტყას.

● გვარლიან წყალსაზომ საგუშაგოებს მიმართავენ მდინარის შთის უბნების ციციბო ფერდობების პირობებში (ნახ. 12.5). ასეთი საგუშაგოს მთავარი ნაწილი ისარი (ნაშეკრი). ისრის ნაპირისმხარე კიდეში პორიზირებული და მაგრებული საზომი ლარტყა, რომლის ნულოვანი დანაყოფი მიმართულია წყლისაკენ. გვარლიან გადაკიდებული ისრის კიდეში მოწყობილ ბლოკზე (პოპონაქზე) და ეშვება წყლის ზედა-



ნახ. 12 5. გვარლიანი წყალსახოში საგუშაგო. 1-გვირლი (ნაშუარი); 2-ბლოკი (კოკონა-ქი); 3-მბრუნ. ეა კოქი (დოლი); 4-გვარლი; 5-ტვირთი; 6-წყალსახოში ლარტყა.

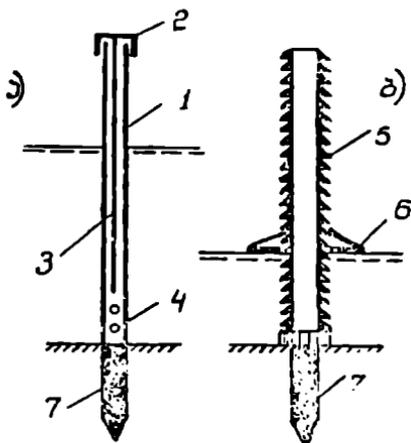
პირისაკენ მის ბოლოში ჩამოკიდებული 2... 5 კგ მასის ტვირთის მეშვეობით; წყლას ღონე ფიქსირდება ტვირთის კონტაქტურად წამახვილებული წვეროთი. გვარლის შართვა წყლის დონის შესაბამისად ხდება ისრის კიდეში მოწყობილი მბრუნავი კოქით (დოლით). გვარლის მთელ სიგრძეზე ლითონის რკოლებით აღნიშნულია მეტრიანი დანაყოფები, რომელთა მიხედვითაც კარიზონტალურ ლარტყაზე აითვლება წყლის დონე. იმისათვის, რომ ეს ანათვალის უშუალოდ წარმოადგენდეს წყლის დონის სიშაღლეს, სჭირია საგუშაგოს სითანადო ტარირება ახლომდებარე რეპერის მეშვეობით.

როგორც ვხედავთ, ხიღურ და გვარლიან საგუშაგოებში წყლის დონე განისაზღვრება წყლის ზედაპირთან კონტაქტის ვიზუალური ფიქსირების მეთოდით და, ამიტომ, დონის ათვლის სიზუსტე არ აღემატება 2... 3 სმ-ს. ათვლის ელექტროკონტაქტური სქემის შემთხვევაში გაზომვის სიზუსტე მატულობს 1 სმ-მდე.

12. 2. 8. მანისმაღური და მინისმაღური დონეების რეგისტრაცია მარტივ და გაღამებულ წყალსახოში საგუშაგოებზე

მარტივ და გაღამებულ წყალსახოში საგუშაგოებზე წყლის დონეზე დაკვირვება წარმოებს გარკვეულ ვადებში ანუ ასეთი საგუშაგოები არ იძლევა ინფორმაციას დონეთა დღეღამურ რყევაობაზე და შესაბამისად არ ხდება უშაღლესი და უზაღლესი დონეების რეგისტრაცია. აღნიშნული ნაკლოვანების კომპენსაციის მიზნით საგუშაგოებზე დამატებით აწყობენ სპეციალურ ხელსაწყოებს.

● მაქსიმალური ლარტყა 5 სმ დიაპეტრის რკინის მილია, რომელიც საიმეღოთაა ევრტიკალურად დამონტაჟებული ხიშინჯზე (ნახ.



ნახ. 12. 6. მაქსიმალური (ა) და მინიმალური (ბ) დონეების აღრიცხვის ლარტყა-ბი. 1—შილი; 2—შილის სარქველი; 3—ლითონის ლერო; 4—ნახვრეტები; 5—კბილა ლარტყა; 6—ტივტივა ზამბარებით; 7—ხიმინჯი.

12.6.ა). შილის ქვედა ნაწილში გათვალისწინებულია წყლის შესასვლელი რამდენიმე ნახვრეტი. შილში ჩაშვებულია 1 სმ დიამეტრის ლითონის ლერო, რომელიც ზედა კიდეთი მიმაგრებულია შილის სარქველთან. ლითონის ლეროზე დატანილია 1 სმ ფასის დანაყოფები. წყლის მაქსიმალური დონის აღრიცხვის მეთოდის მართივით: შილში ჩაშვების წინ ლეროს ფარავენ წყალში გახსნილი ცარციით; წყლის დონე აითვლება შილში შესული წყლით გადარეცხილი ცარცის საზღვრის შესაბამისად. ლერო შეიძლება აგრეთვე დაითაროს თიხის ხსნარით ან შის გასწვრივ დაწებდეს ქალაღის ზოლი მასზე დატანილი ქიმიური ხაზით. უკანასკნელ შემთხვევაში

წყლის დონე შეესაბამება ფანქრის ხაზის გაშლის საზღვარს.

● ფროლოვის კბილა ლარტყა გათვალისწინებულია წყლის მინიმალური დონის ასათვლელად (ნახ. 12.6.ბ). ლარტყაზე ჩამოცმული ტივტივა ეშვება ქვემოთ წყლის დონის დაცემასან ერთად; დონის მომატების შემთხვევაში ტივტივას ზემოთ აწევას გამოიყვანენ კბილანებზე მიყრდნობილი ზამბარები; ასე რომ, ტივტივა ავტომატურად აფიქსირებს წყლის უდაბლეს დონეს დაკვირვებათა ვადებს შორის.

● მაქსიმალური და მინიმალური დონეების რეგისტრაციისათვის უფრო სანდო და მოხერხებულია ისრული (ის რ ი ა ნ ე) აღმნიშვნელები, რომელთა მუშაობის პრინციპები მეტად მარტივია და Y-52 ტიპის ისრული აღმნიშვნელის მაგალითზე განხილულია ჰიდრომეტრიულ სახელმძღვანელოებში [4, გვ. 36; 34, გვ. 17; 49, გვ. 55].

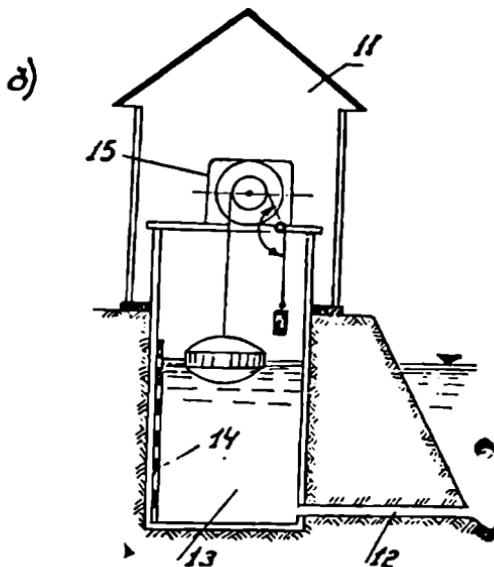
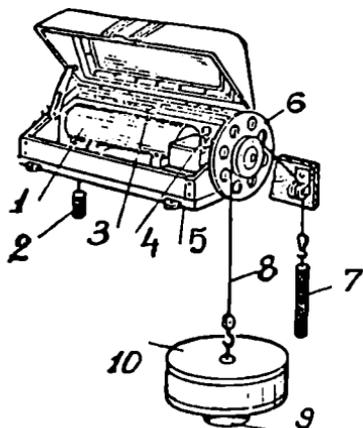
12. 2. 4. თვითმწერი წყალსაზომი საგუშაგოები

თვითმწერი წყალსაზომი საგუშაგოები ან, უფრო სწორედ, წყალზომი საგუშაგოები აღკურვილი დონის თვითმწერი ხელსაწყოებით, აწარმოებს წყლის დონეების განუწყვეტელ რეგისტრაციას. დონეების ასე განსაზღვრა აუცილებელია წყლის ნიშნულების დღეღამური რყევის დიდი ამპლიტუდებისა და მკვეთრი ხასიათის პირობებში.

თვითმწერი საგუშაგოს ძირითადი ორგანოა წყლის დონის. ცვა-
ლებადობის ავტომატურად თვითმწერი ხელსაწყო, რომელიც შედგება ორი
უმთავრესი ელემენტისაგან: დონეების რყევის გადამწოდი და ჩამწერი მოწყ-
ობილობა. დონის გადამწოდი შეიძლება იყოს ტივტივა, მანომეტრული
თუ სხვა ტიპის. ჩამწერი მოწყობილობა იძლევა დონეთა დროში ცვა-
ლებადობის გრაფიკულ სურათს. ხელსაწყოების მოქმედებას უზრუნველ-
ყოფს ზამბარიანი, ტვირთიანი ან ელექტრული საათის მექანიზმები.

ჰიდრომეტრიულ პრაქტიკაში ცნობილია თვითმწერ ხელსაწყოთა
მრავალი ტიპი. უკანასკნელ ხანს ჰიდრომეტეოროლოგიური სამსახურის
სისტემაში უფრო გავრცელებულია „ვალდაის“ (ნახ. 12.7, ა) და ხანგრძ-
ლივი შიშველებების GP 38 ტიპის თვითმწერები [4, გვ. 42; 14, გვ. 181;
34, გვ. 18; 49, გვ. 58]. მაგალითად, GP-38 ტიპის თვითმწერი გათვალისწი-
ნებულია ავტონომიური მუშაობისათვის 32 დღე-ღამის განმავლობაში.

თვითმწერი წყალსაზომი საგუშაგოს მოსაწყობად საჭიროა სპეცია



ნახ 12.7 თვითმწერი წყალსაზომი საგუშაგო. ა—„ვალდაის“ ტიპის თვითმწერი;
ბ—სანაპირო ტიპის თვითმწერი წყალსაზომი საგუშაგო; 1—დოლი; 2,9 ტვირთი;
3—კალამი; 4—მოსამართო სახელური; 5—საათის მექანიზმი; 6—ტივტივას თვალი;
7—საპირწონე; 8—გვარლი; 10—ტივტივა; 11—ჩიხური; 12—მლი; 13—კა;
14—ლატეა; 15—წყლის დონის თვითმწერი.

ლური ნაგებობა, რომლის კონსტრუქცია და ადგილმდებარეობა განპი-
რობებულია საგუშაგოს მუშაობის ხანგრძლივობით, წყლის ობიექტის-

ჰიდროლოგიური რეჟიმით და ადგილმდებარეობის თავისებურებებით; ძირითადადში გამოყოფენ კუნძულისებური და სანაპირო ტიპის ნაგებობებს (34, გვ. 24). უკანასკნელს მიაკუთნებენ შენობებს, რომლებიც განლაგებულია უშუალოდ ნაპირზე და წყლის ობიექტთან დაკავშირებული ზიარტურკლის პრინციპით (ნახ. 12.7, ბ).

12. 2. 5. დისტანციური წყალსაზომი საგუშაგოები

წყალსაზომ საგუშაგოებს, რომლებიც წყლის დონეთა სიმაღლის ჩვენებებს ავტომატურად გადასცემს დიდ მანძილზე, დისტანციურს უწოდებენ. ასეთ საგუშაგოებს დიდი მნიშვნელობა აქვთ დისპეტჩერული სამსახურისათვის ჰიდროელსადგურებზე. რაბებზე, სარწყავ სისტემებზე, დიდ წყალსაცავებზე რადგან ხასიათდება დიდი ოპერატიულობით და არ მოითხოვს დამკვირვებლის მუდმივ მომსახურებას. წყლის დონის ჩვენებების გადაცემა მიმდებარე პუნქტამდე შეიძლება წარმოებდეს განსაზღვრულ ვადებში ან განუწყვეტლივ (დონეთა ცვალებადობის გრაფიკული ილუსტრაციით). თვითმწერი ხელსაწყოებისაგან განსხვავებით (რომლებიც შედგებიან ორი უმთავრესი ელემენტისაგან) დისტანციურ წყალზომ მოწყობილობებში გამოყოფენ ოთხ ძირითად კვანძს: დონის რყევის გადამწოდი. ინფორმაციის გადაცემის (კავშირგაბმულობის) არხი, ჩაწერი მოწყობილობა, ენერჯის წყარო [4, გვ. 47; 34, გვ. 25; 49, გვ. 3].

§ 12. 8. დაპირკვევითა შედგენილობა, ვადები. დაპირკვევითა

შედეგების დაუშავება

დაკვირვებათა შედგენილობა და ვადები განისაზღვრება საგუშაგოთა დანიშნულების შესაბამისად. საბჭოთა კავშირის ჰიდრომეტეოროლოგიური სამსახურის ყველა ჰიდროლოგიურ საგუშაგოზე დაკვირვების ობიექტებს წარმოადგენს: წყლის დონე, წყლის ტემპერატურა, ყინულის, თოვლისა და თოშის სისქე, ყინულის რეჟიმი, ქარი, ღელვა, ატმოსფერული ნალექები, წყალმცენარეები, კალაპორის გადაფორმირება, ხე ტყის დატურება, ნაოსნობა; აღინიშნება მოვლენები, რომლებმაც გავლენა მოახდინეს წყლის რეჟიმზე და სტიქიური თავისებურებანი. პირველი თანრიგის ჰიდროლოგიურ საგუშაგოებზე დაკვირვებათა შედგენილობაში, აღნიშნულის გარდა, შედის: წყლის ხარჯების გაზომვა, სინჯების აღება სამღვრივის დასადგენად, წყალსიტყვებში ტალღების სიმაღლის გაზომვა; წვდამსაზომებით ატმოსფერული ნალექების განსაზღვრა, თოვლის საფარის სიმაღლისა და სიმკვრივის დადგენა და სხვ; მეტეოროლოგიური სადგურიდან მნიშვნელოვანი დაშორების (30... 50 კმ) შემთხვევაში ეწყობა

ბა დაკვირვებები აგრეთვე ჰაერის ტემპერატურაზე.

დღელამის განმავლობაში მდინარის წყლის დონეებზე დაკვირვებათა ძირითადი ვადებია 8 და 20 სთ. ზოგ შემთხვევაში საცმარისია ერთჯერადი ანათვალის (8 სთ). წყალდიდობისა და წყალმოვარდნების პერიოდებში, გარდა ძირითადი ვადებისა, საჭიროა დაინიშნოს დამატებითი დროის ტოლი ინტერვალებით (2, 4, 6 სთ) დიდი წყლის ტალღის აწევისა და კლების ხასიათის შესაბამისად. ზოგჯერ დამატებითი ვადებიც არაა საცმარისი და მაშინ აუცილებელია საგუშაგო აღიქურვოს თვითმწერი ხელსაწყოთი.

ტბებსა და წყალსაცავებში წყლის დონეს ზომავენ დღელამეში ერთჯერ (8 სთ), ხოლო დონეების მნიშვნელოვანი ცვალებადობის შემთხვევაში ორჯერ (8 და 20 სთ). წყალსაცავების რეგულირების და ექსპლუატაციის თავისებურებებთან დაკავშირებით დაკვირვებათა რაოდენობა შეიძლება გაიზარდოს.

წყლის დონეზე დაგროვილი მასალის დამუშავება იწყება ანათვლების საგუშაგოს გრაფიკის ნულზე დაყვანით და საშუალო დღელამური $H_{\text{დ}}$ დონეების გამოთვლით: ერთვადიანი ან ორვადიანი დაკვირვებისათვის $H_{\text{დ}} = H_8$ ან $H_{\text{დ}} = 0,5(H_8 + H_{20})$. მრავალვადიანი ტოლინტერვალის დაკვირვების შემთხვევაში $H_{\text{დ}}$ შეადგენს რეგისტრირებულ დონეთა საშუალო არითმეტიკულს. თუ გაზომვები ჩატარებულია თვითმწერით, მაშინ საშუალო დღელამური დონე გაიანგარიშება დონეთა დღელამის განმავლობაში ცვალებადობის გრაფიკული ჩანაწერით [4, გვ. 67; 34, გვ. 39; 49, გვ. 83]. მაგალითად, ხელსაწყოს ჩანაწერის ბლანშემეტრიკების შემთხვევაში საშუალო დღელამური დონის სიმაღლე გამოითვლება ფორმულით

$$H_{\text{დ}} = m \cdot a / l, \quad (12.1)$$

სადაც m არის წყლის დონის ჩანაწერის მასშტაბი;

a — დონის ცვლილების გრაფიკით შემოსაზღვრული ფართობი, ს²;

l — ლენტის სიგრძე დროის ლერძზე 24 საათის განმავლობაში, სმ.

წყლის საშუალო დღელამური დონეების მნიშვნელობები 1 იანვრიდან 31 დეკემბრის ჩათვლით შეაქვთ კრებსით წლიურ ცხრილში — “წყლის ყოველდღიური დონეები”; აქვე ათავსებენ საშუალო, უმაღლეს და უდაბლეს დონეებს თვეებისა და წლის განმავლობაში. საშუალო თვიური დონე გამოითვლება როგორც საშუალო დღელამური დონეების საშუალო არითმეტიკული, ხოლო საშუალო წლიური, — საშუალო თვიური დონეების საშუალო არითმეტიკული ცხრილის მონაცემების საფუძველზე აგე-

ბენ წყლის საშუალო დღეღამური დონის ცვალებადობის პირობებზე. დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს წყლის დამახასიათებელი დონეების განსაზღვრას ყოველი წლისათვის და მრავალწლიან პერიოდისათვის: კრებნითი წლიური ცხრილის საფუძველზე ყოველი წლისათვის აღინიშნება წყლის უმაღლესი დონე და შესაბამისი თარიღი, წყლის უდაბლესი დონე (თარიღი), წყლის დონე (თარიღი), როცა მდინარე გაიწმინდა ყინულისაგან, წყლის დონე (თარიღი), როდესაც მდინარეზე გამოჩნდა პირველი ყინულის წარმონაქმნები.

თუ წყლის დამახასიათებელ დონეთა მონაცემები არსებობს მრავალწლიანი პერიოდისათვის, მაშინ განისაზღვრება მათი საშუალო, უმაღლესი და უდაბლესი მნიშვნელობები ამ პერიოდში. წლის დამახასიათებელი დონისათვის მრავალწლიან მონაკვეთში გამოითვლიან საშუალო თარიღს. მაგალითად, ვთქვათ 6 წლის განმავლობაში წყლის უმაღლესი დონე აღინიშნა შემდეგ რიცხვებში: 3/IV, 24/IV, 31/III, 1/V, 17/IV და 3/V; წლის დასაწყისიდან მათი შესაბამისი დღეების რიცხვებია: 93, 114, 90, 121, 107 და 123; მაშინ წყალდიდობის უდიდესი დონის დადგომის საშუალო თარიღი გამოითვლება მარტივად:

$$(93 + 114 + 90 + 121 + 107 + 123) : 6 = [31(I) + 28(II) + 31(III)] = 18/III.$$

XIII თავი

წყლის სიღრმეების გაზომვა

ვერტიკალურ მანძილს წყლის თავისუფალი ზედაპირიდან ფსკერამდე წყლის სიღრმე ეწოდება. სიღრმეების განსაზღვრის მიზანია დადგინდეს მდინარის ან წყალსატევის ფსკერის რელიეფის ფორმა და ხასიათი, აიგოს კალაპორტისა თუ ქვაბულის გეგმა იზოხაზებში, გამოიხაზოს განივი და გრძივი პროფილები, განისაზღვროს წყლის მოცულობა ტბებსა და წყალსატეებში; სიღრმეები იზომება წყლის სიჩქარეების, თხევადი ჩაშონადენის გაანგარიშებისას და სხვ.

ვერტიკალებს, რომლებზეც ზდება მდინარეებისა და წყალსატეების სიღრმის გაზომვა ეწოდებენ სიღრმითს ან გასაზომ ვერტიკალებს. სიღრმის გაზომვით სამუშაოებში, გარდა უშუალოდ სიღრმის განსაზღვრისა იკულისხმება სიღრმითი ვერტიკალებსა და გასაზომ სელების გეგმური კოორდინირება და წყლის დონის რეგისტრაცია.

სიღრმეები, გაზომილი წყლის ობიექტის ერთსა და იმავე წერტილში, შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს, რადგან წყლის დონე

იკვლება დროის განმავლობაში, სიღრმეების გაზომვა კი მოითხოვს საკმაოდ დიდ დროს. იმისათვის, რომ წყლის სიღრმეები იყოს ურთიერთშესადარისი, გაზომვის შედეგები დაჰყავთ დროის გარკვეული მომენტის შესაბამის ერთ საანგარიშო (პირობით) დონემდე.

§ 18. 1. წყლის სიღრმეების გაზომვის ხელსაწყოები

არსებობს წყლის სიღრმის გაზომვის მრავალი მეთოდი და ხელსაწყო.

● **ჰიდრომეტრიული შტანგი** წარმოადგენს 4...5 სმ დიამეტრისა და 5...7 მ სიგრძის ხის ლატანს 10 სმ-იანი დანაყოფებით. წითლად და თეთრად შეღებილი შტანგი ბოლოვდება 0,5...1 კგ მასის რკინის ბუნიკით, რომელიც აადვილებს შტანგის წყალში ჩაშვებას და გაზომვისას ვერტიკალური მდგრადობის შენარჩუნებას. ლამიანი ფსკერის პირობებში ბუნიკს ქვემოდან უკეთებენ ქვეშადადს — 20...25 სმ დიამეტრის ლითონის დისკოს. შტანგის ნულოვანი დანაყოფი უნდა უთავსდებოდეს ბუნიკის (ქვესადადის) კველა ზედაპირს. სიღრმის გაზომვის სიზუსტი დაშოკიდებულია წყლის სიჩქარეზე, ღელვაზე, ფსკერის ხასიათზე და ვარირებს 2...5 სმ-ის ფარგლებში. ჰიდრომეტრიული შტანგის მეთოდს მოსახერხებელია შედარებით პატარა 5...6 მ სიღრმისა და წყლის მცირე სიჩქარეების შემთხვევაში.

● დიდი სიღრმეების პირობებში იყენებენ ხელის ან მექანიკურ ლოტს (საძირაკს). ხელის ლოტი არის ზონარზე ჩამოკიდებული 3...6 კგ მასის კონუსური ან პირამიდის ფორმის ტვირთი. ზონარის სიგრძითი დანაყოფების ფასი შეადგენს ოციმეტრსა და მეტრს. ხელის ლოტს იყენებენ წყალნაკადის მცირე სიჩქარეების დროს. მიუხედავად ამისა ზონარი მაინც გადაიხრება ვერტიკალური მდგრადობიდან, რაც ზრდის ხელსაწყოს ცდომილებას 5...10 სმ-მდე. ხელის ლოტით სიღრმე შეიძლება გაზომოს მდინარეებში 25, ხოლო წყალსატევებში — 100 მ-მდე.

მექანიკური ლოტი შედგება სამი ძირითადი ნაწილისაგან: ჯალამბარი (სიღრმის აღმრცხველით), რომლის მეშვეობითაც ხდება ლოტის წყალში ჩაშვება — ამოღების მანიპულაცია, გვარლი და მასზე სახსრულად ჩამოკიდებული გარსშემოდენილი ფორმის სტანდარტული ტვირთი მასით 5...10 კგ [4, გვ. 76; 49, გვ. 98].

● ხელისა და მექანიკური ლოტით მდინარის სიღრმის განსაზღვრისას გაზომვის ცდომილება იზრდება წყლის სიღრმისა და წყალნაკადის სიჩქარის ზრდასთან ერთად, რადგან სულ უფრო მნიშვნელოვანი ხდება ნაკადის მიმართულებით ტვირთის გაზიდვისა და ზონარის (გვარლის) წყალში გახრის მოვლენები (ნახ. 13.1). სიღრმის შეძლებისდაგვარად ზუსტად შეფასების მიზნით შემოაქვთ სათანადო შესწორებები. თუ გვარლის ჩამოკიდების *A* წერტილის წყლის ჰორიზონტიდან შემადლება (*a*) საკმაოდ დიდია (1 მ-ზე მეტი), საჭირო ხდება გვარლის, როგორც წყლის ქვეშა, ასევე წყლისზეა სივრცის შესწორებების გათვალისწინება და წყლის სიღრმე შეადგენს

$$h = l - a - \Delta_1 - \Delta_2, \quad (13.1)$$

რესებული მკათხველი დაწვრილებით ცნობებს ექოლოტებზე ნახავს სპე-
ციალურ ლიტერატურაში [4, გვ. 81; 14, გვ 184: 34, გვ. 34; 49, გვ.
103]; ზოგადი ორიენტაციისათვის კი მივუთითებთ მდინარის **ИРЭЛ**
ტემის ექოლოტის ძირითად მონაცემებს: ოგი ზომავს სიღრმეებს 0.2...
20 მ, დიაპაზონში, სიღრმეების ჩაწერა წარმოებს ფსკერის უწყვეტი
პროფილის სახით ქალადის ლენტზე, ჩაწერის მასშტაბია 1:100, გაზომ-
ვის სიზუსტე დიდ სიღრმეების შემთხვევაში შეადგენს სიღრმის 2% ს.

**§ 13. 2. წლის სიღრმეების გაზომვის საშუალოთა ჩატარების
ხარხები**

როგორც აღვნიშნეთ, წყლის სიღრმის გაზომვა ნიშნავს ყოველ სი-
ღრმით ვერტიკალზე წყლის დონის, უშუალოდ სიღრმის და ვერტიკალის
გვეშური კოორდინატების განსაზღვრა-ფიქსირებას. სამუშაო ადგილზე
წყლის დონეები დგინდება აბლომდებარე წყალსაზომი საგუშავოების რე-
ნაცემების საფუძველზე; წყლის სიღრმეების გაზომვის ხელსაწყოებს გავე-
ცანით წინა პარაკრაფში. ასე, რომ, სიღრმეების გაზომვის სამუშაოების
შედგენილობიდან განსახილველი რჩება: სიღრმეების გაზომვის ორგანი-
ზაცია (მეთოდოცა), გასაზომი კვეთებისა და სიღრმითი ვერტიკალების
განლაგება და გვეშაში მათი კოორდინირება.

13. 2. 1. წლის სიღრმეების გაზომვის ორგანიზაცია

წყლის კვეთებს, რომლებშიც განლაგებულია სიღრმითი (გასაზომი)
ვერტიკალები, უწოდებენ გასაზომ კვეთებს (პროფილებს).

პატარა მდინარეების ჰიდრომეტრიულ კვეთში, ჩვეულებრივ, გა-
მართულია ჰიდრომეტრიული ხიდი და სიღრმის გაზომვა წარმოებს უშუ-
ალოდ ხიდიდან ლარტყის ან შტანგის მეშვეობით; სიღრმითი ვერტიკა-
ლის კოორდინატა ანუ გასაზომ კვეთში მისი მდებარეობა განისაზღვრე-
ბა ნაპირზე დაფიქსირებული მუდმივი წერტილიდან ხიდის გასწვრივ გა-
კიმული რულეტით.

თუ გასაზომი კვეთის გასწორში მოწყობილია ჰიდრომეტრიული
აყვანი, მაშინ სიღრმე გაიზომება აყვნიდან შტანგის ან მექანიკური ლო-
ტის გამოყენებით: იღებენ წყლისა და ფსკერის ზედაპირთან შეხების
ანათელეს, რომელთა სხვაობაც შეადგენს წყლის სიღრმეს. სიღრმითი
ვერტიკალის კოორდინირება ხდება ჰიდრომეტრიული აყვნის გასწვრივ
გაკიმული საზომი (დანაყოფებიანი) გვარლის მეშვეობით.

მდინარეებში, რომელთა სიგანე 200... 300 მ-მდეა, ხოლო სიჩქარე
არ აღემატება 1,5 მ/წმ-ს, გაზომვები შეიძლება შესრულდეს ნაფიდან, რომე-
ლაც გადაადგილდება გაკიმული (დანაყოფებიანი) გვარლის გასწვრივ.
დიდი სიგანის მდინარეებსა თუ წყალსატევებში ზემომოყვანილი

ლონისძიებების ორგანიზაცია შეუძლებელია და ანათელებს იღებენ უშუალოდ ნაფიდან, კატარლიდან ან შვეულმფრენიდან; ამ დროს სიღრმით ვერტიკალებისა თუ გასაზომი კვეთების კოორდინირება ხდება გეოდეზიური და რადიოგეოდეზიური მეთოდით (§ 13. 2. 3).

18. 2. 2. გასაზომი კვეთებისა და სიღრმითი ვერტიკალების განლაგება

გასაზომი კვეთები (პროფილები) შეიძლება შეირჩეს სხვადასხვაკვარად წყლის ობიექტის ადგილმდებარეობის ხასიათის, დასახულო მიზნის, გაზომვების სიზუსტისა თუ სხვა პირობების შესაბამისად; ტიპურია სიღრმეების გასაზომი განივი, გრძივი და ირიბი პროფილები [4, 14, 34, 49].

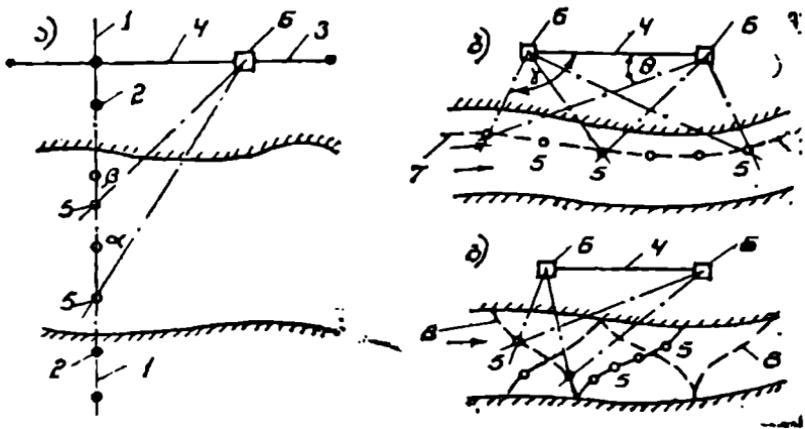
● განივი გასაზომი პროფილებით შედარებით იოლად და ზუსტად განსაზღვრება სიღრმითი ვერტიკალების მდებარეობა, შალაის სიღრმის გაზომვის სიზუსტე. სიღრმის გასაზომი პროფილები ინიშნება და ფიქსირდება მდინარის ერთ-ერთ ნაპირზე დამაგრებული ე. წ. მაგისტრალის პერპენდიკულარულად (ნახ. 13.2, ა). მანძილები გასაზომ პროფილებს შორის ინიშნება მდინარის სიგანის, ფსკერის რელიეფის ხასიათისა და დასახული სიზუსტის შესაბამისად; საშუალო პირობებში $B \leq 100$ მ სიგანის მდინარეებისათვის ეს მანძილი შეადგენს $(1/3 \dots 1/2) B$ -ს, 1000 მ-მდე სიგანისათვის — დაახლოებით $(1/4 \dots 1/3) B$ -ს.

გასაზომ კვეთში სიღრმითი ვერტიკალების რაოდენობას გამოითვლიან გასაზომ სამუშაოთა მიზნისა და მდინარის ფსკერის რელიეფის შესატყვისად; საშუალოდ კი იღებენ: 10-დან 50 მ-ის სიგანის მდინარეებისათვის 10... 20 გასაზომ ვერტიკალს, 100... 300 მ სიგანის შემთხვევაში 20... 30-ს, ხოლო 1000 მ-მდე სიგანის მდინარეებზე 40... 50 ვერტიკალს.

დიდი სიგანის მდინარეებზე გასაზომი პროფილი ფიქსირდება ერთ ან ორივე ნაპირზე განლაგებული გასწორის ნიშნების მეშვეობით (ნახ. 13.2, ა); ისინი წარმოადგენენ სხვადასხვა ზომისა და ფორმის ლატანებს ან ფარებს, რომლებიც უკეთესი ხილვადობისათვის შეღებილია თეთრ და წითელ ფერად.

● გასაზომი განივი პროფილების მეთოდით სარგებლობა რთულდება ფართო და სწრაფ მდინარეებში. ასეთ შემთხვევაში და იმ დროს, როდესაც გამოსაკვლევა მდინარის დიდი უბანი, სიღრმეებს ზომავენ გრძივი სელების — გრძივი (გასწვრივი) პროფილების მიხედვით (ნახ. 13. 2, ბ). მანძილი გრძივ გასაზომ პროფილებს შორის აიღება მდინარის სიგანის $1/20 \dots 1/10$ -ის დიპაზონში; მდინარის სანაპირო ზონებში პროფილები უფრო ხშირად ინიშნება.

● მდინარის საკმაოდ გრძელი უბნის გამოკვლევისას სამუშაოთა



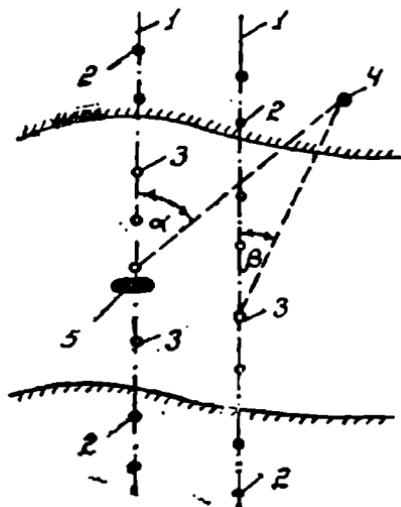
ნახ. 13.2. სიღრმითი ვერტიკალების კოორდინირება (დაქდევა) ნაპირიდან. 1—განივი გასაზომი გასწორი (პროფილი); 2—გასწორის ნიშნები; 3—მაგისტრალი; 4—ბაზისი; 5—სიღრმითი (გასაზომი) ვერტიკალი; 6—კუთხესაზომი ხელსაწყო; 7—გრძივი (გასწვრივი) გასაზომი პროფილი (სელ); 8—ირიბი გასაზომი სელები (ქალსები).

დაჩქარების მიზნით ზოგჯერ მიმართავენ სიღრმეების გასაზომ ირიბ სელებს — ირიბ პროფილებს (ქალსებს) (ნახ. 13.2, გ). ეს მეთოდი იმაში მდგომარეობს, რომ ნაფი, საიდანაც ხდება სიღრმეების გაზომვა, მდინარეს გადაჰყვით ირიბი ქალსებით.

18. 2. 8. სიღრმითი ვერტიკალის კოორდინირება

სიღრმეების გაზომვების შედეგების ერთიან სისტემაში მოყვანისათვის აუცილებელია სიღრმითი ვერტიკალების გეგმურ კოორდინატების განსაზღვრა ანუ მათი კოორდინირება. პიდრომეტრიული ხიდის, აკენის ან მდინარის განივად გაკეცილი ვეარლის არსებობისას ამის შესრულება იოლია (§13. 2.1). ყველა დანარჩენ შემთხვევაში სიღრმითი ვერტიკალის მდებარეობა ფიქსირდება სხვადასხვა მეთოდებით: სიღრმითი ვერტიკალის დაქდევა მდინარის ნაპირიდან კუთხესაზომი ხელსაწყოების მეშვეობით (თოდოლიტი, კიპრეგელიანი მენზულა), დაქდევა გამზომი ნაფიდან სექტანტის საშუალებით, დაქდევა რადიოგეოდეზიური მეთოდების გამოყენებით.

● სიღრმითი ვერტიკალების ნაპირიდან დაქდევის შემთხვევაში მაგისტრალზე შეირჩევა და გეგმაზე აღინიშნება კუთხესაზომი ხელსაწყო გაზომვის ადგილი იმ ანგარიშით, რომ ხელსაწყო ერთი და იგივე მდგომარეობიდან შესაძლებელი იქნეს რამდენიმე განივი გასაზომი პროფილის მოქსაბურება (ნახ.13.2,ა). ბაზისის სიგრძე უნდა შეირჩეს იმის გათვალისწინებით, რომ ნებისმიერა გასაზომი ვერ-



ნახ. 13. 3. სიღრმითი ვერტიკალების დაკლდევ ნაეიდან. 1—გასაზომი გასწორი; 2—გასწორის ნიშნები; 3—სიღრმითი (გასაზომი) ვერტიკალები; 4—ორიენტირის; 5—ნაეი ხეკსტანტი.

ტიკალისათვის დამიზნების სხეულსა და გასაზომი პროფილის გასწორის შორისი α , β კუთხე არ იყოს 30° -ზე ნაკლები. ბაზისის სიგრძე და ეს კუთხე სავსებით განსაზღვრავენ სიღრმითი ვერტიკალის მდებარეობას გეგმაზე. როდესაც გაზომვას აწარმოებენ გრძივი და ზრდივი გასაზომი პროფილებით. მაშინ მაგისტრალზე ათავსებენ უკვე იარ კუთხესაზომს ბაზისის ბოლოებში (ნახ. 13.2, ბ, გ): სიღრმითი ვერტიკალების მდებარეობა ფიქსირდება ბაზისის სიგრძითა და კუთხესაზომებით ათვლილი γ და θ კუთხეებით.

● ძნელად მისაღვომი ნაპირების მქონე დიდ მდინარეებში და წყალსატევებში სიღრმითი ვერტიკალების დაკლდევა უფრო მოსახერხებელია შესრულდეს

უშუალოდ ნაეიდან (კატარღიდან, გემიდან) სექსტანტის (სექსტანტის) მეშვეობით (ნახ. 13.3). ნაეი გადაავიღდება სიღრმეების გასაზომ სვლების მიმართულებით, ხოლო სიღრმითი ვერტიკალების მდებარეობა განსაზღვრება ნაპირზე მოთავსებულ ორიენტირზე სექსტანტით ათვლილი α კუთხის მიხედვით.

● თუ გემი არ ჩანს ნაპირიდან, მაშინ სიღრმე კოორდინირდება რადიოგეოდეზიური ხერხებით [1, გვ. 93; 34, გვ. 65; 49, გვ. 128].

§ 13. 3. ლავირვაბათა შეღვაგაის ლაფუზავაბა

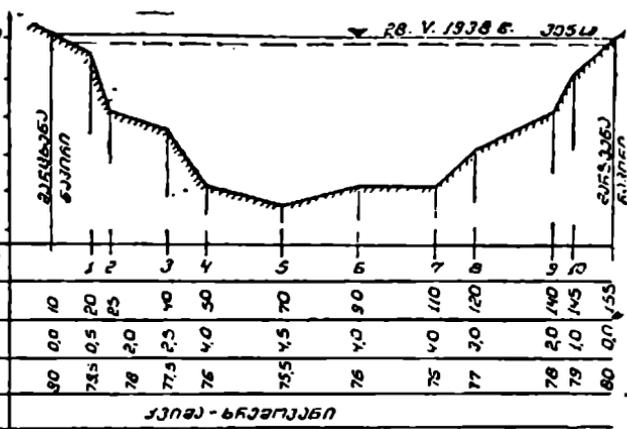
წყლის სიღრმეების მიხედვით აგებენ მდინარის, ტბისა თუ წყალსაცავის განივ და გრძივ პროფილებს, ანგარიშობენ მორფომეტრიულ მახასიათებლებს, ხაზავენ მდინარისა და წყალსატევის ფსკერის რელიეფს.

წყლის ობიექტის განივ პროფილებს ხაზავენ წყლის დაყვანილი ღონიდან ათვლილი სიღრმეების (ან ფსკერის ნიშნულების) მიხედვით (ნახ. 13. 4). პროფილს ქვეშ უწერენ ჰორიზონტალურ მანძილებს მუდმივი სათავიდან (მაგისტრალი, რეპერი), სიღრმეებს, ფსკერის ნიშნულებს; მიუთითებენ სიღრმეების გაზომვის თარიღს, ფსკერის გრუნტების ხასიათს. წყლის ზედაპირს აღნიშნავენ ჰორიზონტალური წირით და აწერენ წყლის ღონეს სიღრმეების გაზომვის დროს. თუ სიღრმეები გაზომილია

მანეთი კარბონილი

მართლადი მანათობა

მ.ს	305
ს.გ	430
მ.გ	145
რ.ს	2.29
რ.გ	4.5
ს	143.6
რ	2.95



სიღრმის კონტაქტი- ბი, ნიშნები	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
მანძილი მუქიანი სიღრმის, მ	10	20	25	30	50	70	90	110	120	140	145	155
სიღრმე, მ	0.0	0.5	2.0	2.5	4.0	4.5	4.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0.1
შესაზღვრე ნიშნები	90	78.5	78	77.5	76	75.5	76	75	77	78	79	80
მანძილი	კვიშა-ხრეშოქანი											

ნახ. 13.4. მდინარის განივი პროფილი.

წყალსაზომი საგუშაგოს გასწორებაში, მაშინ პროფილზე აღნიშნავენ გრაფიკის ნულს და შესაბამის ნიშნულს.

მდინარის განივი პროფილების გამოხაზვისას ვერტიკალური მასშტაბი პორიზონტალურზე მსხვილი უნდა იყოს. პორიზონტალური და ვერტიკალური მასშტაბების ფარდობა აღენიშნოთ n -ით; განივი პროფილების აგებისას რეკომენდებულია n -ის შემდეგი მნიშვნელობები: მდინარის ვიწრო და ღრმა უბნებისათვის $n=2$ ან 5 ; ჩვეულებრივ მდინარეებში $n=10$; განიერი და შირიერ სიღრმის უბნებისათვის $n=20$. მარცხენა და მარჯვენა ნაპირების წყლის კიდეები გამოხაზულ პროფილზე უნდა მოთავსდეს შესაბამისად მარცხნივ და მარჯვნივ.

მიღებული განივი პროფილის მიხედვით გამოითვლება მდინარის განივეკვთის მორფომეტრიული მაჩასათებლები (§3.4). ცხადია, რომ ეს მაჩასათებლები ერთი და იგივე განივი პროფილის შემთხვევაში წყლის დონის ფუნქციაა.

გრძივი პროფილებისა და ფსკერის რელიეფის გრაფიკული გამოხაზვისას ძირითადად სარგებლობენ განივი პროფილებისათვის მითითებული პრინციპებით [4, გვ. 100; 34, გვ. 73; 49, გვ. 139].

XIV თავი

წყლის დინების სიჩქარეების გაზომვა

წყლის დინების სიჩქარეთა ველის ცოდნა საფუძვლად უდევს მრავალი სამეცნიერო და პრაქტიკული ამოცანის გადაწყვეტას.

მდინარეებში, არხებსა და სხვა წყალსატარებში წყალი, ჩვეულებრივ, ტურბულენტური რეჟიმით მოძრაობს. სიჩქარის სიჭიდიით და შიშართულებით დროში ცვალებადობას ტურბულენტური პულსაცია ეწოდება. წყალნაკადის რაღაც წერტილში მყისიერი u სიჩქარის დროში ცვალებადობის გრაფიკი ილუსტრირებულია 14.1 ნახაზზე. პრაქტიკულ ამოცანებში მყისიერი სიჩქარეებით მანიპულირება შეუძლებელია, ამიტომ განიხილავენ T დროში გასაშუალებული \bar{u} სიჩქარის ცნებას. გასაშუალებული ადგილობრივი სიჩქარე მათემატიკურად ასე ჩაიწერება [33,51]

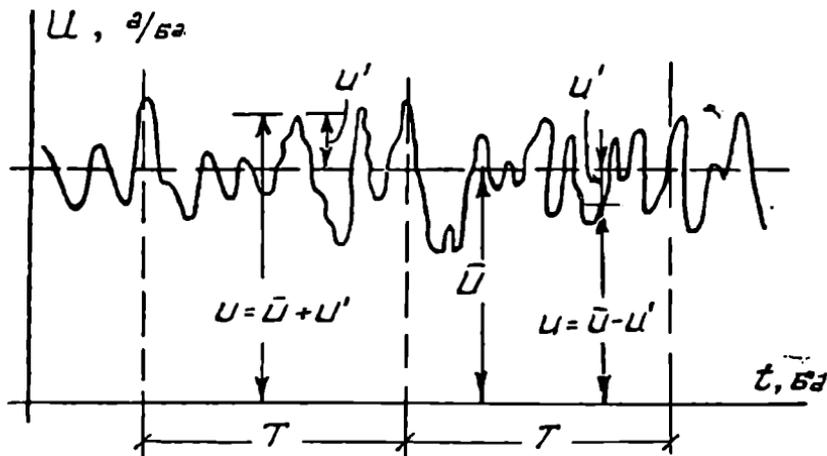
$$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_T u dt. \quad (14.1)$$

სადაც ინტეგრალი გამოსახავს მყისიერი სიჩქარეების 14.1 გრაფიკის ფართობს გასაშუალებების T პერიოდში.

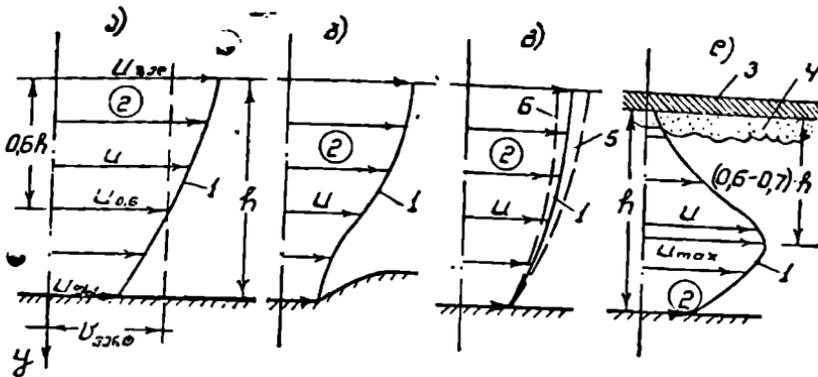
სიჩქარის გაზომვის ყოველ ცალკეულ შემთხვევებში გასაშუალებების T პერიოდის განსაზღვრა პრაქტიკულად შეუძლებელია; ჰიდრომეტრიაში სიჩქარის პულსაციას ჩაწერას აბდომებენ 100 წამს, რაც უმეტეს შემთხვევაში საკმარისია ან აღემატება გასაშუალებებისათვის აუცილებელ ხანგრძლივობას.

ჰიდრომეტრიული კვლევის საგანია გასაშუალებული ადგილობრივი \bar{u} სიჩქარე. შემდგომში განვიხილავთ მხოლოდ ასეთ სიჩქარეებს და ჩაწერის გასამარტივებლად მათ აღვნიშნავთ u ასოთი.

ჰიდრაულიკასა და ჰიდრომეტრიაში შექუშავებულია წყალნაკადის ცოცხალ კეთში სიჩქარეთა ვიზუალური ასახვის მარტივი ზეობი. ნაკადის



ნახ. 14. 1. წყალნაკადის წერტილში მყისიერი სიჩქარის გრძივი შემდგენის პულსაციის გრაფიკი.

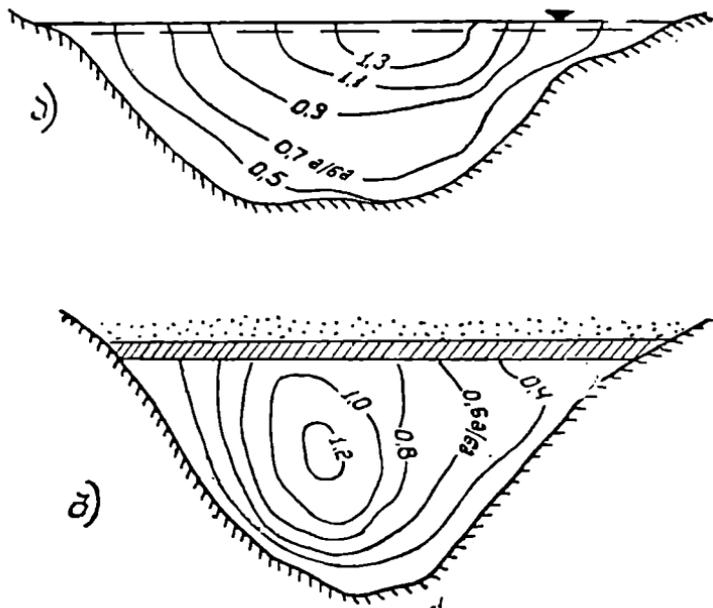


ნახ. 14. 2 წყალნაკადის ვერტიკალზე სიჩქარეთა განაწილების ეპურა. ა — თავისუფალ წყალნაკადში; ბ — ფსკერთან წინააღმდეგობის შემთხვევაში; გ — ქარის დროს წყლის ღინების მიმართულებით (5) და მის საწინააღმდეგოდ (6); დ — უინულის (3) და თოვლის (4) შემთხვევაში; 1 — სიჩქარეთა პროფილი; 2 — სიჩქარეთა ეპურა.

ცოცხალი კვეთის შართობულ ვერტიკალურ სიბრტყეში გასაზომი ვერტიკალის წერტილებიდან გადაზომამენ ამ წერტილებში გასაზომადული სიჩქარის აღმნიშვნელ მონაკვეთებს; თუ მათ ბოლოებზე გავავლებთ მდოვრე ხაზს, მაშინ ის გამოსახავს სიჩქარეთა პროფილს (ნახ.14.2). სიჩქარეთა პროფილს, გასაზომი ვერტიკალის, წყლის ზედაპირისა და ფსკერის ხაზებით შემოსაზღვრულ ფიგურას ეწოდება სიჩქარეთა ეპურა ვერტიკალზე. ჰიდრომეტრიაში სიჩქარეთა განაწილების საკითხს ფსკერის მახლობლად მდებარე თხელ შრეში არ განიხილავენ და სიჩქარეთა ეპურების დახასიათებისას გამოდგან ფსკერთან წყლის სიჩქარის სასრულო მნიშვნელობის მოდელიდან; ამას არსებითი გარკვეულობა შეაქვს პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტაში. ადგილობრივ სიჩქარეს წყალნაკადის ფსკერთან ფსკერული სიჩქარე ჰქვია.

ნაკადში წყლის სიჩქარეთა განაწილების ხასიათს განსაზღვრავს მრავალი ფაქტორი (მდინარის უბნის ტიპი, მორფოლოგიური თავისებურებანი, კალაპოტის ზოგადიანობა, ფსკერის რელიეფი, ქარი და სხვ.); ამიტომ სიჩქარეთა ეპურები შეიძლება იყოს ფრიად მრავალფეროვანი. სპეციალურ ლიტერატურაში ბევრია ფორმულა, რომელიც მათემატიკურად გამოსახავს სიჩქარეთა პროფილს. არ შეუდგებთ მათ აქ ჩამოთვლას და მოვიყვანთ მხოლოდ ა. კარაუშევის ფორმულას, რომელიც კარგად ასახავს სიჩქარეთა ეპურას მდინარეებში წყლის დამყარებული თანაბარი მოძრაობის პირობებში [4, გვ. 110; 21, გვ. 125]

$$u = u_{\text{ზე}} \cdot \sqrt{1 - P \cdot \left(\frac{y}{h}\right)^2} \quad (14.2)$$



ნახ. 14. 3. იზოტაქები თავისუფალ კალაპოტში (ა) და ყინულის სიფარის ქვეშ (ბ).

სადაც $h_{\text{ავ}}$ არის სიჩქარე ნაკადის ზედაპირზე;

h — ნაკადის სიღრმე გასაზომ ვერტიკალზე;

P — პარამეტრი, რომელიც დაზოკიდებულია ზეზის C კოეფიციენტზე:

$$\left. \begin{aligned} P &= 0,57 + 3,3/C, & 10 \leq C \leq 60; \\ P &= 0,0227 \cdot C - 0,000197 \cdot C^2, & 60 \leq C \leq 90. \end{aligned} \right\} \quad (14.3)$$

თუ გამოვთვლით სიჩქარეთა ეპიურის ფართობს და გავყოფთ მას წყალნაკადის სიღრმეზე, მივიღებთ გამოსახულებას, რომელსაც უწოდებენ საშუალო სიჩქარის ვერტიკალზე

$$v_{\text{ავ}} = \frac{1}{h} \int_0^h u dh. \quad (14.4)$$

სიჩქარეთა ეპიურის ფართობი რიცხობრივად წარმოადგენს წყლის ხარჯს ვერტიკალზე და ანალიზურად ასე ჩაიწერება

$$q = \int_0^h u dh, \quad (14.5)$$

ან (14. 4)-ის გათვალისწინებით

$$q = U_{3\text{კვ}} \cdot h.$$

(14.6)

დაკვირვებებითა და თეორიული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ლია წყალნაკადებში ნორმალური პირობების შემთხვევაში საშუალო სიჩქარე ვერტიკალზე მდებარეობს $0,6 \cdot h$ სიღრმეზე წყლის ზედაპირიდან: $U_{3\text{კვ}} \approx 40,6$.

სიჩქარეთა პროფილის სახე (ნახ.14.2,ა) მნიშვნელოვნად შეიძლება შეიცვალოს ფსკერზე წინააღმდეგობის, ქარის, ყინულის, თოშის თუ სხვა ფაქტორების გავლენით (ნახ.14.2, ბ, გ, დ).

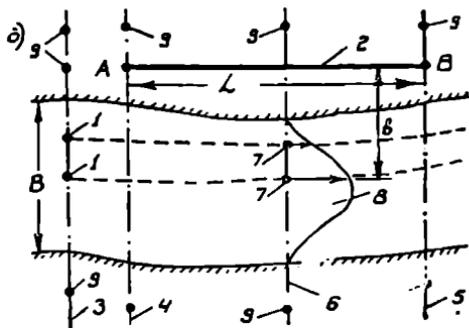
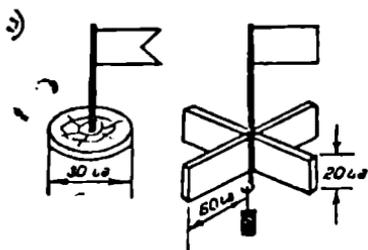
წყალნაკადის ცოცხალ კვეთში სიჩქარეთა განაწილების ვიზუალური წარმოდგენისათვის აგებენ ტოლი სიჩქარეების ხაზებს — იზოტაქებს (ნახ.14.3).

§ 14. 2. სიჩქარეების გაზომვის მეთოდები და ხელსაწყოები

სიჩქარეთა გაზომვის ხერხებსა და მეთოდებს საფუძვლად უდევს სხვადასხვა ფიზიკურ-მექანიკური თვისება და პოინციპი, რომელთაგან მთავარია: მკურავე სხეულის სიჩქარის რეგისტრაცია (ჰიდრომეტრიული ტივტივა), ფრთიანი ხრახნის ბრუნთა რიცხვის განსაზღვრა (ჰიდრომეტრიული ტრიალა), სიჩქარითი დაწნევის გამოთვლა (ჰიდრომეტრიული მილაკი), ნაკადის ძალური ზემოქმედების აღრიცხვა, თბოგაცვლის პრინციპი, ხელსაწყოში შესული წყლის მოცულობის გაზომვა, ულტრაბგერის გამოყენება და სხვ. აქ განვიხილავთ ჰიდრომეტრიულ ტივტივებს, ტრიპალებსა და მილაკებს, რადგან ისინი ნახულობენ უპირატეს გამოყენებას ჰიდრომეტრიულ გაზომვით პრაქტიკაში.

14. 2. 1. ჰიდრომეტრიული ტივტივა

წყალნაკადის დინების მიმართულებით მკურავე სხეული მოძრაობს გარემომცველ წყალზე უფრო სწრაფად [4, 34]. სიჩქარეთა ეს სხვაობა მით უფრო საგრძნობია, რაც უფრო დიდია მკურავე სხეულის სიმკვრივე, მასა, წყლის ზედაპირის ქანობი, რაც უფრო გარსშემოდენილი ფორმა აქვს ამ სხეულს და მცირეა მისი მიღელი. ტივტივებით წყლის სიჩქარის გაზომვისას აღნიშნული ეფექტით გამოწვეული ცდომილების მინიჭუმამდე დაყვანის მიზნით აკეთებენ მსუბუქი მასალის, პატარა ზომისა და არაგარსშემოდენილი ფორმის ტივტივებს, რის შედეგადაც შეცდომა, როგორც წესი, არ გამოდის გაზომვათა სიზუსტის საზღვრებიდან და ავლიან, რომ წყლის დინების სიჩქარე ტივტივას მოძრაობის სიჩქარის ტოლია.



ნახ. 14.4. წყალნაკადის სიჩქარეების გაზომვა ზედაპირულ ტივტივებით. ა—ტივტივები; ბ—ზედაპირული სიჩქარეების გაზომვის სქემა; 1—ტივტივების გაშვების წერტილები 2—შაფსტრალი; 3—ტივტივების გასაშვები კვეთი; 4,5—ზედა და ქვედა კვეთი; 6—სიჩქარეების საანგარიშო გასწორი; 7—ტივტივების საანგარიშო გასწორთან გადაკვეთის წერტილები; 8—ზედაპირული სიჩქარეების ეპიურა; 9—კვეთის ნიშნები.

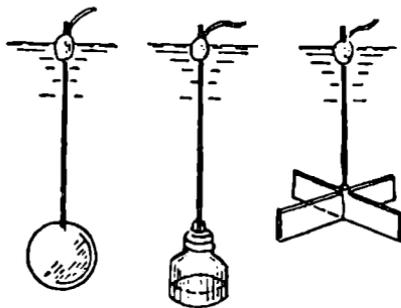
სიჩქარის გაზომვის ხასიათის შესაბამისად განარჩევენ ზედაპირულ ტივტივებს, სიღრმით ტივტივებს და ტივტივა-ინტეგრატორებს; ზოგჯერ ტივტივას როლში იყენებენ თხევად ინდიკატორებს, საღებავებს ან ჩაღლიაქტიურ მზოტოპებს.

● ზედაპირული ტივტივები იხმარება სიჩქარეებისა და დინებების მიმართულების გასაზომად წყალნაკადის ზედაპირზე. მათ, ჩვეულებრივ, ამზადებენ ხისაგან (ნახ. 14.4,ა); ჰაერიდან დაკვირვებების წარმოების შემთხვევაში ხმარობენ 1×1 მ ზომის ხის ფარებს. ყინულსვლისას ტივტივების შავიგრობა შეიძლება გაწიოს ყინულის მკურავმა ნატებმა.

ტივტივებით სიჩქარეების გასაზომად მდინარის შეი ასწავლ უბანზე წყლის მოძრაობის პერპენდიკულარულად აფიქსირებენ კვეთებს (ნახ. 14. 4, ბ), რომელთაგან ერთ-ერთი წარმოადგენს სიჩქარეების საანგარიშო გასწორს. მდინარის AB უბნის L მანძილს თვლიან ტივტივას მოძრაობის ტრაექტორიის სიგრძედ; მას ისე ირჩევენ, რომ ტივტივას ცურვის t ხანგრძლივობა ზედა და ქვედა კვეთებს შორის უდიდესი ზედაპირული სიჩქარის დროსაც კი 20 წმ-ზე ნაკლები არ იყოს.

ტივტივებს მდინარეში აგდებენ გასაშვებ კვეთში: მცირე სიგანის შემთხვევაში ($B < 50$ მ) ნაპირიდან, ფართო კალაპოტებში ($B > 50$ მ) კი ნავიდან. ჩვეულებრივ, გასაშვებ კვეთში სიგანეზე თანაბრად ანაწილებენ და უშვებენ 15... 25 ტივტივას. თითოეული მათგანის საანგარიშო გასწორთან გადაკვეთის წერტილს აღნიშნავენ b კოორდინატით. L მანძილის t დროში დაფარვის შემთხვევაში ტივტივას სიჩქარე $v_{აერ} = L/t$ წარმოადგენს საშუალო სიჩქარეს ტივტივას ტრაექტორიაზე, რო-

მელსაც მიიჩნევენ ადგილობრივ ზედაპირულ სიჩქარედ ტივტივას ტრექტორიის საანგარიშო გასწორის გადაკვეთის წერტილში. ააა და ბ სიდიდეების მიხედვით აკებენ ნაკადის სიგანეზე ზედაპირულ სიჩქარეთა განაწილების ეპიურას.



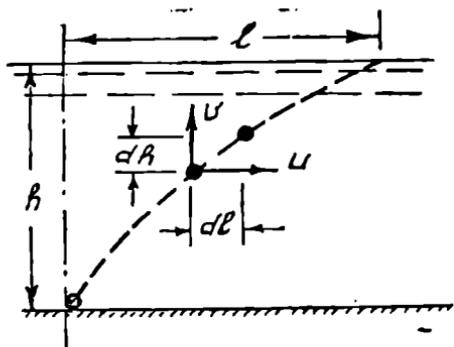
ნახ 14.5. სიღრმითი ტივტივები.

დიდი მდინარეების მნიშვნელოვანი სიგრძის უბნებზე სიჩქარისა და ღინების უკეთ გაზომვისათვის მიმართავენ აეროფოტოგადაღების ხერხებს [34, გვ. 90].

როგორც ვხედავთ, ზედაპირული ტივტივების მეთოდი ფრიად მარტივი და ხელმისაწვდომია. რაც შეეხება მის ნაკლს, უნდა აღინიშნოს ტივტივების გამოყენების შეზღუდულობა ქარიან ამინდში, მით უფრო, წყლის ღინების მცირე (0,5 მ/წმ-ზე ნაკლები) სიჩქარეების დროს.

● სიღრმითი ტივტივას დანიშნულებაა წყალნაკადის სიღრმეში ღინების სიჩქარისა და მიმართულების დადგენა. იგი შედგება ერთმანეთთან მოქნილად დაკავშირებული ზედა (ზედაპირული) და ქვედა (სიღრმული) ტივტივასაგან (ნახ. 14.5). ზედაპირულ ტივტივას გაჩნია ცურვადობის საკმარისი მარაგი და მის მიხედვით ფიქსირდება ღინების სიჩქარე (მიმართულება). ქვედა ტივტივა კეთდება ისეთი მასალისაგან, რომლის სიმკვრივე რამდენადმე აღემატება წყლისას; მისი წყალში ჩაძირვის სიღრმის რეგულირება ხდება ტივტივების დამაკავშირებელი ზონარის საშუალებით. ტივტივათა სისტემის მოძრაობის სიჩქარე დაახლოებით გამოსახავს წყლის სიჩქარეს იმ სიღრმეზე, რომელზედაც ჩაძირულია ქვედა ტივტივა. სიღრმითი ტივტივებით სიჩქარის გაზომვის მეთოდიკა ზედაპირული ტივტივების მეთოდიკის ანალოგიურია. ისინი, ჩვეულებრივ, გამოიყენება წყლის მცირე სიჩქარეების გასაზომად. ზედა ტივტივა მზადდება საცობის ან პოროლონისაგან, ქვედა კი წარმოადგენს ოლიფაში გამოხარშული ხის ბურთულას (დიამეტრით 4...5 სმ), წყლით ნაწილობრივ ავსებულ შუშას ან ჯვარედინად შეერთებულ პლასტმასის ფირფიტებს.

● ზედაპირული და სიღრმითი ტივტივებისაგან განსხვავებით, რომლებიც ზომავენ სიჩქარეებს ნაკადის გარკვეულ წერტილში, ტივტივა-ინტეგრატორებით შესაძლებელია განისაზღვროს ნაკადის საშუალო სიჩქარე ვერტიკალზე. თუ ნაკადის ფსკერზე მოვათავსებთ წყალზე ნაკლები სიმკვრივის მქონე ტივტივას, მაშინ ამოტივტივების პროცესში მისი გადატანა ღინების მიმართულებით წყლის სიჩქარის პრო-



ნახ. 14.6. ტივტივა ინტეგრატორით სიჩქარის გაზომვის სქემა.

პორციული იქნება (ნახ. 14.6) დროის უსასრულოდ მცირე dt მონაკვეთში ტივტივა-ინტეგრატორი გადაადგილება ვერტიკალურად $dh = u dt$, ხოლო ჰორიზონტალურად — $dl = u dt$ მანძილზე. აქ v არის ტივტივას ვერტიკალურად ასვლის სიჩქარე, რომელსაც მიახლოებით მუდმივად მიიჩნევენ; u — ნაკადის ადგილობრივი, ვერტიკალზე ცვლადი სიჩქარე. როდესაც ტივტივა-ინტეგ-

რატორი წყლის ზედაპირს მიაღწევს, ის საწყისი ვერტიკალიდან l მანძილზე აღმოჩნდება; dl და dh გადაადგილების გამოსახულებებიდან ვიღებთ

$$l = \int_0^t u dt = \int_0^h u \cdot \frac{dh}{v} = \frac{1}{v} \cdot \int_0^h u dh$$

ინ (14.4)-ის გათვალისწინებით

$$v_{\text{ავტ}} = \frac{v}{h} \cdot l. \quad (14.7)$$

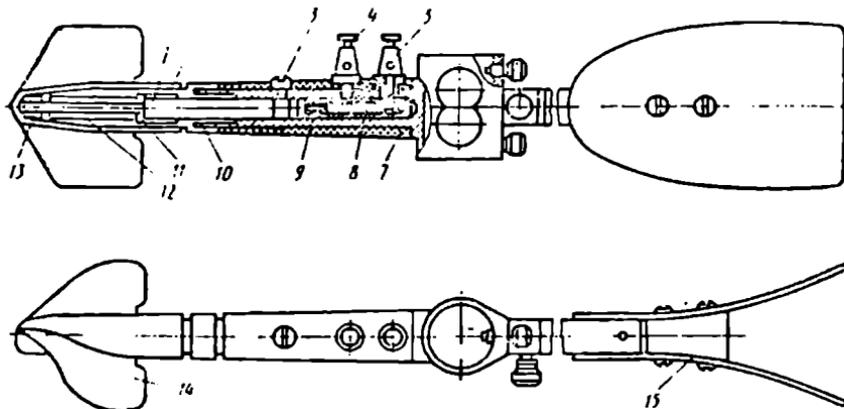
ფორმულიდან ჩანს, რომ ვერტიკალზე საშუალო სიჩქარის განსაზღვრისათვის, როცა ცნობილია v სიჩქარე, საკმარისია გავზომოთ წყლის სიღრმე (h) ვერტიკალზე და მანძილი (l) საანგარიშო ვერტიკალიდან წყლის ზედაპირზე ტივტივა-ინტეგრატორის გამოჩენის წერტილამდე.

ყოველი ტივტივა-ინტეგრატორისათვის ვერტიკალურად ასვლის სიჩქარის სიდიდე განისაზღვრება ტარირებით დამდგარ წყალში: $v = h'/t$, სადაც t ის დროა, რომელიც დასჭირდება ტივტივას უსკერიდან ამოსასვლელად. ანუ, ვერტიკალურად h მანძილის დასაფარავად. ამის გათვალისწინებით (14.7) ასეც შეიძლება ჩაიწეროს $v_{\text{ავტ}} = l/t$ და მაშინ გაზომვისას ამოცანა დაიყვანება l და t სიდიდეების რეგისტრაციაზე.

უნდა აღინიშნოს, რომ სინამდვილეში ტურბულენტურ ნაკადებში ვერტიკალურად ასვლის v სიჩქარე არაა მუდმივი; გარდა ამისა, ამ სიჩქარის მნიშვნელობები დამდგარი წყლისათვის და წყალნაკადისათვის რამდენადმე განსხვავებულია. ამიტომ (14.7) გამოსახულება მიახლოებითია.

ტივტივა-ინტეგრატორებად გამოიყენებენ ხის, პლასტმასისა თუ სხვა მსუბუქი მასალის ბურთულებს. ამ მეთოდით უფრო ხშირად ზომავენ წყლის მცირე სიჩქარეებს (არა უმეტეს 0,2 მ/წმ).

ტრიალები მტკიცედ დამკვიდრდნენ პილრომეტრიული კვლევის პრაქტიკაში და წარმოადგენენ წყლის სიჩქარეების გასაზომ ყველაზე გავრცელებულ და საიმედო ხელსაწყოებს. არსებობს პილრომეტრიული ტრიალების მრავალი ტიპი და კონსტრუქცია; ისინი განსხვავდებიან ფრთიანი ბრახნის ან როტორის კონსტრუქციით, საანგარიშო კონტაქტური მექანიზმის მოწყობილობით, ტრიალას ნაკადში მოთავსების ხერხით და სხვ. აქ განვიხილავთ მხოლოდ ტრიალას კონსტრუქციისა და თეორიის ძირითად საკვანძო საკითხებს, დაწერილებითი ცნობების ამოკითხვა კი შესაძლებელია სპეციალურ ლიტერატურაში [4, გვ. 115; 14, გვ. 188; 34, გვ. 97; 49, გვ. 155].



ნახ. 14.7. 6. უესტოესის GP-55 ტიპის პილრომეტრიული ტრიალი. 1—ღერძი საკონტაქტურმექანიზმით; 2—კიანბრახნიან კბილანა; 3—საჩერებელი ბრახნი; 4—მასის გამოყვანი; 5—იზოლირებული გამოყვანი; 6—მოშვერი ბრახნები; 7—კორპუსი; 8—მტეფსელის ბუდე; 9—მასიღახ იზოლარებული დენგამტარი ღერო; 10—მოშვერი ქურო; 11—რადიოლური ბურთულასაყვარები; 12—სახეწი მილისი; 13—ღერძული ქანჩი; 14—ფრთებიანი ბრახნი; 15—მიმართულების სტაბილიზატორი.

ტრიალას ძირითადი კონსტრუქციული ელემენტებია (ნახ. 14.7): სავალი ნაწილი, ტრიალას კორპუსი, მიმართულების სტაბილიზატორი და სასიგნალო მოწყობილობა. სავალი ნაწილი წარმოადგენს ტივტივას მთავარ კვანძს და შედგება ღერძის, ფრთიანი ბრახნისა და საკონტაქტო მექანიზმისაგან; უკანასკნელი მოთავსებულია ზეთის შიგა კამერაში. კონტაქტების შერთვა წარმოებს ფრთიანი ბრახნის ბრუნთა ყოველი გარკვეული რიცხვითი ინტერვალებით. ტრიალას კორპუსის დანიშნულებაა ტრიალას ელემენტების შენაწევრება და მისი შტანგზე ან გვარლზე დამაგრება სიჩქარის გაზომვის დროს. სავალი ნაწილი თავსდება კორპუსში აწყობილი სახით. კორპუსის უკანა ნაწილში მდებარეობს მიმართულების სტაბილიზატორი, რომელიც უზრუნველყოფს ფრთიანი ბრახნის წყლის შემხვედრი მიმართულებით ორიენტაციას. სასიგნა-

ლო მოწყობილობით სიგნალები გადაიყვანა ტრიალას კონტაქტების ყოველი შერთვის მომენტში.

ტრიალების კონსტრუქციული გადაწყვეტის საილუსტრაციოდ 14.7 ნახაზზე წარმოდგენილია ჰიდრომეტრიულ პრაქტიკაში ფართოდ გავრცელებული ნ. ეესტოვსკის ტიპის მოდერნიზირებული GP-55 ტრიალას სქემა.

● ტრიალას მუშაობა განისაზღვრება წყალნაკადთან მისი ურთიერთქმედებით: რაც უფრო მეტია სითხის დინების u სიჩქარე, მით სწრაფად ბრუნავს ფრთიანი ხრახნი (როტორი); მაშასადამე, როტორის ბრუნვა n რიყხვი დროის ერთეულში არის წყლის u სიჩქარის ფუნქცია: $n = n(u)$. ამ ფუნქციური კავშირის ჩაწერა პრაქტიკული თვალსაზრისით უფრო მოხერხებულა ასეთი ფორმით

$$u = u(n), \quad (14.8)$$

სადაც n გამოდის არგუმენტის როლში.

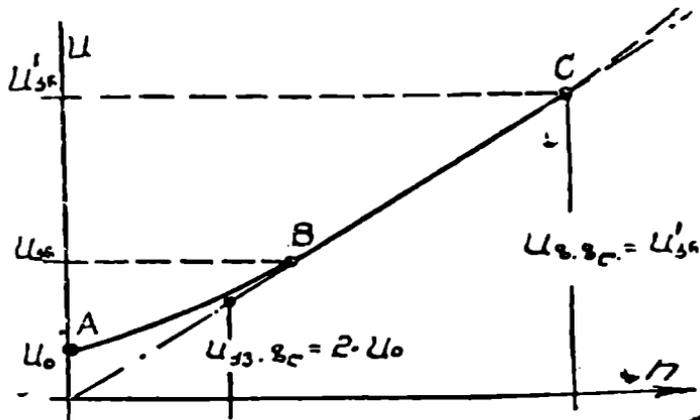
ჰიდრომეტრიული ტრიალას თეორიული კვლევის ძირითადი მიზანია (14.8) დამოკიდებულების ანალიზური სახის დადგენა. ტრიალას მუშაობის რეალურ პირობებში, როდესაც სახეზეა ჰიდრაულიკური და მექანიკური წინააღმდეგობები, (14.8) ფუნქციის ჩაწერა შესაძლებელია მ. შმიდტის ფორმულით

$$u = a \cdot n + \sqrt{b \cdot n^3 + c}. \quad (14.9)$$

ამ პარაბოლური გამოსახულების c პარამეტრის განსაზღვრა შესაძლებელია პირობიდან $n=0$; მაშინ $u = \sqrt{c} = u_0$ და (14.9) მიიღებს სახეს

$$u = a \cdot n + \sqrt{b n^3 + u_0^2}. \quad (14.10)$$

აქ u_0 არის (14.10) პარაბოლას სითავეის ორდინატა (ნახ. 14.8) ანუ ტრიალას საწყისი სიჩქარე (ტრიალაზე მოდინებული ნაკადის



ნახ. 14.8. ჰიდრომეტრიული ტრიალას $u = u(n)$ დამოკიდებულებას წარუძი.

ის უმცირესი სიჩქარე, რომლის დროსაც როტორი იწყებს არათანაბრად ბრუნვას).

წყლის დინების დიდი სიჩქარეების შემთხვევაში, როდესაც ისინი მნიშვნელოვნად აღემატებიან u_0 -ს, შეიძლება დაეუფეთ $u_0 = 0$ და მაშინ (14.10) გამოისახება წრფივი ფუნქციით

$$u = (a + \sqrt{b}) \cdot n = k \cdot n, \quad (14.11)$$

სადაც k ითვალისწინებს ტრიალას მუშაობის რეალურ პირობებს და მის ჰიდრაულ რეაქტიურ ბიჯს უწოდებენ.

a და b პარამეტრებისათვის რეკომენდებულია ფორმულები [4, 18, 19, 49]

$$a = k \cdot (0,99 - \beta); \quad b = (k \cdot \beta)^2. \quad (14.12)$$

აქ β პარამეტრია, რომელიც გ. ელენზიაკოვის მიხედვით შეადგენს

$$\beta = 6,9 \cdot u_0 - 0,06 + \sqrt{(2,3 \cdot u_0 - 0,055)^2 + 0,00058}. \quad (14.13)$$

ზემოთქმულიდან ვასკენით, რომ (14.8) დამოკიდებულება გრაფიკულად გამოისახება AB პარაბოლით (ფორმულა 14.10) და BC წრფით (ფორმულა 14.11). მრუდის სწორ ხაზში გადასვლის B წერტილს კრიტიკულს უწოდებენ, ხოლო ამ წერტილის შესაბამის სიჩქარეს—კრიტიკულ სიჩქარეს ($u_{კრ}$). ეს არის სითხის მოძრაობის ის სიჩქარე, რომლის დროსაც და ზემოთაც შექანიკური წინააღმდეგობის გავლენა როტორის ბრუნვაზე სტაბილური და უმნიშვნელოა; ანუ, როცა $u \geq u_{კრ}$, მაშინ $du/dn = C^{0.5}$. კრიტიკული სიჩქარის დადგენა არსებითია ტრიალას ტარიების დროს და შეიძლება განისაზღვროს გ. ელენზიაკოვის ემპირიული ფორმულით [4, 19].

$$u_{კრ} = 7,1 \cdot u_0 / \sqrt{\beta}. \quad (14.14)$$

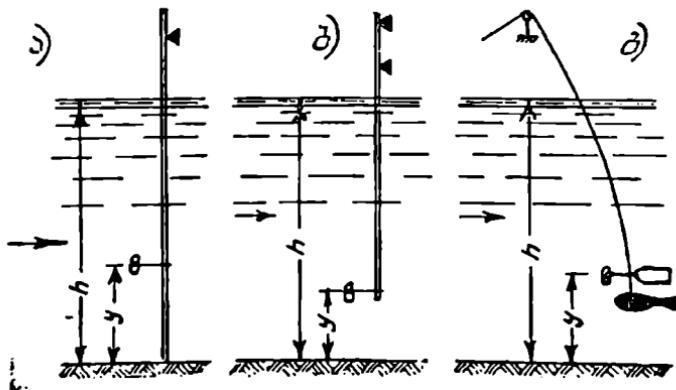
სწორხიზოვანი დამოკიდებულება n -სა და u -ს შორის ძალაში რჩება რაღაც C ზღვრამდე; ამ წერტილას შესაბამის სიჩქარეს ტრიალას ზედა კრიტიკული სიჩქარე ჰქვია ($u_{კრ}^*$). სიჩქარის ეს ზღვარი არასაკმარისად არის შესწავლილი და გვთავაზობენ მის მხოლოდ საორიენტაციო სიდიდეებს. მაგალითად, ნ. ევსტოვის ტიპის ტრიალასათვის $u_{კრ}^* \approx 8$ მ/წმ. ზედა კრიტიკული სიჩქარის მნიშვნელობას მიიჩნევენ ტრიალას გამოყენების ზედა ზღვარად ($u_{გ.ზ} = u_{კრ}^*$); რაც შეეხება გამოყენებებს ქვედა ზღვარს, ასეთად ნიშნავენ მოცემული ტრიალას საწყისი u_0 სიჩქარის გაორკეცებულ მნიშვნელობას ($u_{გ.ა} = 2 \cdot u_0$).

ამისათვის, რომ ჩვენთვის საინტერესო (14.10) და (14.11) დამოკიდებულებები მოცემული ტრიალასათვის ჩაიწეროს საანგარიშო ფორმულის სახით, საჭიროა მათში შემავალი u_0 , β , k , a , b პარამეტრების სიდიდეთა ემპირიული გზით განსაზღვრა. ცდის გზით დადგენილ დამოკიდებულებას დინების u სიჩქარესა და ტრიალას ფრთიან ბრახნის ბრუნთა n რიცხვს შორის ტრიალას ტარიება ეწოდება. ტარი-

რების შედეგი შეიძლება გამოისახოს გრაფიკულად ან ჩაიწეროს ანალიზური სახით.

საველე ჰიდრომეტრიული ტრიალებს ტარირება ძირითადად სრულდება სწორხაზოვან სატარირო არხებში დამდგარი წყლით არხის მინიმალური ზომებია: სიგრძე 70 მ, სიღრმე 1,3 მ, სიგანე 1,5 მ. არხის გასწვრივ მოწყობილია რელსები, რომლებზეც მოძრაობს ურიკა წყალში ჩაშვებული ტრიალათი. ტარირების მონაცემები ჩაიწერება ავტომატურად ქრონოგრაფების სახით. მათი დამუშავების შედეგად გამოითვლება სიჩქარე $u = L/T$, რომლითაც წყალი მოქმედებს ფრთიან ხრახნზე და ამ უკანასკნელის წამში ბრუნთა რიცხვი $n = N/T$ (აქ L არის ურიკას გარბენის მანძილი T დროში, N კი ფრთიანი ხრახნის ბრუნთა საერთო რიცხვი ამავე დროში). n -სა და u -ს შესაბამის სიდიდეებს გამოთვლიან ტრიალას 12...15 გარბენისათვის და ამ ემპირიული შედეგის საფუძველზე აგებენ სატარირო შრულს.

ზოგჯერ საჭიროა ტარირების მონაცემების ანალიზური ფორმულის სახით წარმოდგენა. სატარირო ფორმულების გამოყენება ნიშნავს (14.10) და (14.11) გამოსახულებებში შემავალი რიცხვითი u_0 , β , k , a , b პარამეტრების მნიშვნელობების გამოთვლას. უპირველესად, ცდის გზით განისაზღვრება ტრიალას საწყისი u_0 სიჩქარე (უმეტესი ტრიალებისათვის $u_0 = 0,03...0,06$ მ/წმ), შემდეგ β პარამეტრი (ფორმულა (14.13) და კრიტიკული $u_{კ}$ სიჩქარე (14.14). ტარირების შედეგებიდან ვარჩევთ n , u წყვილებს, რომლებიც პასუხობენ პირობას $u > u_{კ}$ და ეანგარიშობთ ჰიდრაულიკური ბიჯის რიცხვით მნიშვნელობას $k = \Sigma u / \Sigma n$. β და k პარამეტრების მიხედვით გამოითვლება a და b (ფორმულები 14.12) ანუ, რაც იგივეა, ანალიზური ფორმულის სახით ჩაიწერება სატარირო (14.10) და (14.11) გამოსახულებები.



ნახ.14.9 მდინარეში ტრიალას მოთავსების ხერხები.
 ა—სახეც შეტანაზე; ბ—დაკიდებულ შეტანაზე; გ—გვარზე.

ტარირების საანგარიშო ფორმულებს ამოწმებენ მათი შესაბამის გრაფიკის აგებით: ემპირიული წერტილები უნდა განლაგდნენ გრაფიკის მახლობლად დასაშვებ საზღვრებში. სატარირო მრუდი თუ სატარირო ფორმულები წარმოადგენენ ტრიალას ოფიციალურ დოკუმენტს. დროთა განმავლობაში ექსპლუატაციაში მყოფი ტრიალას მახასიათებლები შეიძლება შეიცვალოს, ამიტომ ატარირებენ განმეორებით ტარირებას საშუალოდ ერთხელ ორ წელიწადში.

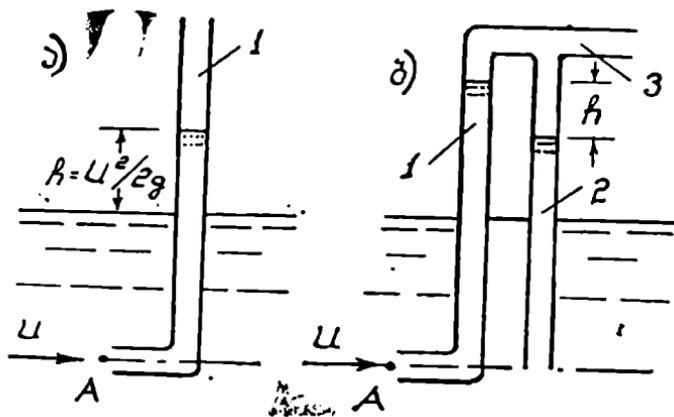
გაზომვების პროცესში მდინარეში ტრიალას მოთავსების ხერხები სქემატიზებულია 14.9 ნახაზზე.

14. 2. 3. ჰიდრომეზურიული მილაკი

ჩვეულებით წყალნაკადში სწორი კუთხით მოხრილი მილაკი ისე, რომ ქვედა მუხლის ღერძი შეუთავსდეს ადგილობრივი α სიჩქარის მიმართულებას, მილაკის ხერცტი მოთავსდეს სიჩქარის გასაზომ A წერტილში და მიმართული იყოს წყლის დინების საწინააღმდეგოდ (ნახ. 14.10, ა). მილაკის ხერცტის შესასვლელ კვეთში განვითარებული ჰიდროდინამიკური წნევის გავლენით წყლის დონე ვერტიკალურ მილაკში აიწეოს სიჩქარითი დაწნევის ტოლ სიმაღლეზე

$$h = \frac{1}{\varphi^2} \cdot \frac{u^2}{2g}, \quad (14.15)$$

სადაც φ არის ცდის შედეგად განსაზღვრული კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს რეალური ნაკადის ტურბულენტურ ხასიათსა და მილა



ნახ. 14.10. ჰიდრომეტრიული მილაკების სქემები. ა—პიტოს მილაკი; ბ—პიტოს და დარსის მილაკი; მილაკები: დინამიკური (1), სტატიკური (2), ჯერის ამოხატვები (3).

კის მიმღები წვერის ფორმას (თანამედროვე ჰიდრომეტრიული მილაკებისათვის $\varphi = 1$).

ამ გამოსახულებიდან საძიებელი ადგილობრივ სიჩქარე A წერტილში იქნება

$$u = \varphi \sqrt{2g \cdot h}. \quad (14.16)$$

ხელსაწყო, რომელიც აღწერილი პრინციპით მუშაობს, ცნობილია გ. პიტოს მილაკის სახელწოდებით; მისი ნაკლია h ანათელის უშუალოდ წყალნაკადის ზედაპირიდან ალბის უხერხულობა. ჰიდრომეტრიული მილაკის შემდგომი სრულყოფა დაკავშირებულია გ. დარსის სახელთან, რომელმაც ერთ ხელსაწყოში გააერთიანა ორი მილაკი (ნახ. 14.10, ბ): დინამიკური (სადაწნეო) და სტატიკური (პიეზომეტრული). სტატიკური მილაკის ქვედა შესასვლელი კვეთს მდებარეობს u სიჩქარის პოროზონტალურ სიბრტყეში; თუ ორივე მილაკში წნევას შევამკირებთ (ჰაერის ამოტუმბვით), მაშინ დინამიკური და სტატიკური დონეები პარალელურად მალა იაწეეს, რაც გავვიადვილებს ანათელების აღებას.

ჰიდრომეტრიული მილაკებით სარგებლობენ მხოლოდ ლაბორატორიულ პირობებში; საველე სამუშაოებში მათი გამოყენება დაკავშირებულია პრაქტიკულ სიძნელეებთან.

XV თავი

წყლის ხარჯების გაზომვა

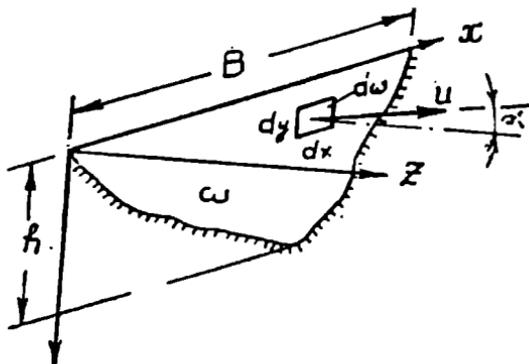
წყლის ხარჯი მდინარის ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელია (§6.1). მის საფუძველზე გაიანგარიშება მდინარის ჩამონადენი დროის ნებისმიერ ინტერვალში.

§ 15. 1. წყლის ხარჯის განსაზღვრის მეთოდები. ხარჯის მოლედი

წყლის ხარჯის გაზომვის თანამედროვე მეთოდები და ხერხები შეიძლება დაეყოს ორ ძირითად ჯგუფად.

I ჯგუფისათვის დამახასიათებელია ხარჯების უშუალო გაზომვა. ამ ჯგუფში ხედება მხოლოდ მოცულობითი მეთოდი და იგი გულისხმობს წყლის ხარჯის გაზომვას უშუალოდ წყლის საზომი აგვის შემთხვეობით.

II ჯგუფის მეთოდებს აერთიანებს ის საერთო თვისება, რომ ხარჯი იზომება არაპირდაპირი გზით ანუ იზომება წყალნაკადის ის



ნახ. 15.1. წყალნაკადის განივი კვეთი.

ლის ცოცხალი კვეთის და წყლის დინების სიჩქარეების გაზომვის; უკანასკნელს მეტწილად ასრულებენ ჰიდრომეტრიული ტრიალენის მეშვეობით, გამოიყენებენ აგრეთვე ტიეტეებს და საშუალო სიჩქარის შეზის ფორმულას;

ხარჯის განსაზღვრა საზომი მოწყობილობებითა და უშუალოდ ჰიდროკვანძის წყალსაშვებ ნაგებობებზე; ყველა ამ შემთხვევაში მოიხვედებიან ხარჯის ჰიდრაულიკურ ფორმულებს;

ხარჯის განსაზღვრის შერევის მეთოდი—წყალნაკადის ხარჯის საზომი კრიტერიუმია წყალში შეყვანილი საზომი ნივთიერების მდინარის წყალში კონცენტრაციის ოდენობა.

ჩამოთვლილ ხერხებს შორის სამდინარო ჰიდრომეტრიის უკეთესად ფართოდ მიმართავენ „სიჩქარე-ფართობის“ მეთოდს. მის არსში უკეთ ჩაწვდომის მიზნით უპირველესად განვიხილოთ წყლის ხარჯის ცნების კინემატიკური და გეომეტრიული მოდელი (ნახ. 15.1). წყალნაკადის განივკვეთის სხვადასხვა წერტილებში სიჩქარეები განსხვავდებიან, როგორც სიდიდით, ასევე მიმართულებითაც. ნაკადის განივკვეთის ელემენტარულ dA ფართობში გამავალი ელემენტარული dQ ხარჯი ტოლია

$$dQ = u \cdot \cos \alpha \cdot dA, \quad (15.1)$$

სადაც u არის ადგილობრივი სიჩქარე dA ფართობის საზღვრებში; α —კუთხე, რომელსაც ეს სიჩქარე ქმნის dA ფართობის ნორმალთან. წყლის ხარჯი წყალნაკადის მთელ A განივკვეთში იქნება

$$Q = \int u \cdot \cos \alpha \, dA. \quad (15.2)$$

თუ დაუშვებთ, რომ ყველა ელემენტარულ ფართობზე u სიჩქარე-

ელემენტები, რომელთა საფუძველზედაც შემდგომ განისაზღვრება საძიებელი ხარჯი. მეთოდური სიცხადისათვის მიზანშეწონილია ამ ჯგუფიდან შემდეგი ქვეჯგუფების გამოყოფა:

ხარჯის განსაზღვრის „სიჩქარე-ფართობის“ მეთოდი გულისხმობს წყალნაკადის

რის ვექტორის ნორმალის მიმართულება აქვს, მაშინ $\alpha=0$ და წყალნაკადის განხვევითი ურავსდება ცოცხალ კვეთს; ისეთი მოდელის შემთხვევაში

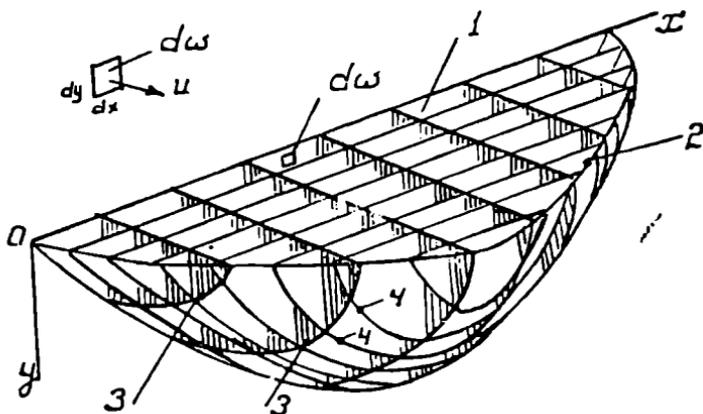
$$Q = \int_{\omega} u \, d\omega. \quad (15.3)$$

ნაკადის ხარჯის განსაზღვრის მეთოდიკას საფუძვლად უღევს ეს გამოსახულება. იმის გათვალისწინებით, რომ $d\omega = dx \cdot dy$, მის შეიძლება ასეთი სახეც მივცეთ

$$Q = \int_0^B \int_0^h u \, dx \, dy, \quad (15.4)$$

სადაც B , h არის ცოცხალი კვეთის სიგანე და სიღრმე.

წარმოვიდგინოთ, რომ ცოცხალი კვეთის ყველა წერტილში ნორმალის მიმართულებით აღმართულია შესაბამისი u სიჩქარის ვექტორი და მათ ბოლოებზე გატარებულია მრუდწირული ზედაპირი (ნახ. 15.2); მივიღებთ წყლის ტანს შემოსაზღვრულს: ცოცხალი კვეთით 1, ზედაპირული სიჩქარეების ეპიურით 2 და მრუდწირული ზედაპირით, რომელიც განისაზღვრება ცოცხალ კვეთში ადგილობრივი u სიჩქარეების განაწილების $u = f(x, y)$ ხასიათით. ასეთნაირად დადგენილი წყლის სხეულის მოცულობა რიცხობრივად წყლის Q ხარჯის ტოლია და მას წყლის ნაკადის ხარჯის მოდელი ეწოდება. ინტეგრალი (15.4) ნაკადის ხარჯის მოდელის მოცულობის მათემატიკური გამოსახულებაა, მაგრამ მის მიხედვით ხარჯის გამოთვლა შეუძლებელია იმის გამო.



ნახ. 15.2. წყლის ხარჯის მოდელი. 1—ცოცხალი კვეთი; 2—ზედაპირული სიჩქარეების ეპიურა; 3—ვერტიკალზე სიჩქარეთა ეპიურა; 4—იზოგაქვები.

რომ უცნობია ცოცხალ კვეთში სიჩქარეთა განაწილების $u = f(x, y)$ ფუნქცია, ამიტომ, „სიჩქარე--ფართობის“ მეთოდით ხარჯების განსაზღვრისას მიმართავენ პრაქტიკულ ხერხებს: წინასწარ ზომავენ ნაკადის კინემატიკურ და გეომეტრიულ ელემენტებს (§ 15.3).

აღნიშნოთ ხარჯის მოდელის ზოგიერთი თვისება (ნახ. 15.2): ხარჯის მოდელის გაკვეთით წყლის ზედაპირის პარალელური სიბრტყეებით, კვეთებში ვიღებთ ძდინარის სიგანეზე სიჩქარეთა განაწილების ეპიურებს; ცოცხალი კვეთის პერპენდიკულარული ვერტიკალური სიბრტყეებით გადაკვეთები წარმოადგენენ ვერტიკალებზე სიჩქარეთა განაწილების ეპიურებს; ცოცხალი კვეთის პარალელური სიბრტყეების ხარჯის მოდელთან გადაკვეთის წირები გამოსახავენ იზოტაქებს.

§ 15. 2. წყლის ხარჯების გაზომვა მოცულობითი მეთოდით

თუ წყალნაკადს დროებით მივმართავთ დაგრაფირებულ რეზერვუარში (აეზში) და გავზომავთ V ხანგრძლივობის განმავლობაში დაგროვილი წყლის V მოცულობას, მაშინ ამ წყალნაკადის ხარჯი იქნება

$$Q = V/t. \quad (15.5)$$

ხარჯის განსაზღვრის მოცულობით მეთოდს იყენებენ პილრაჟლი-კურ ლაბორატორიებში, საველე პირობებში კი მხოლოდ მცირე წყალნაკადების ხარჯის გასაზომად (წყაროები, ნაკადულები). ის გამოიჩინება გაზომვის შედარებით მაღალი სიზუსტით.

§ 15. 3. წყლის ხარჯების განსაზღვრის „სიჩქარე-ფართობის“ მეთოდათ

„სიჩქარე-ფართობის“ მეთოდები განსხვავდება მხოლოდ წყლის სიჩქარეების გაზომვის ხერხებით; ყველა მათთვის საერთო კი ის არის, რომ „სიჩქარე-ფართობის“ პრინციპი გულისხმობს ხარჯის მოდელის (ნახ. 15.2) მოცულობის გამოთვლას, რაც წყლის ხარჯის განსაზღვრის კვლევალენტურია.

15. 3. 1. მდინარის უბნის შერჩევა. ჰიდრომეტრიული პასუორი

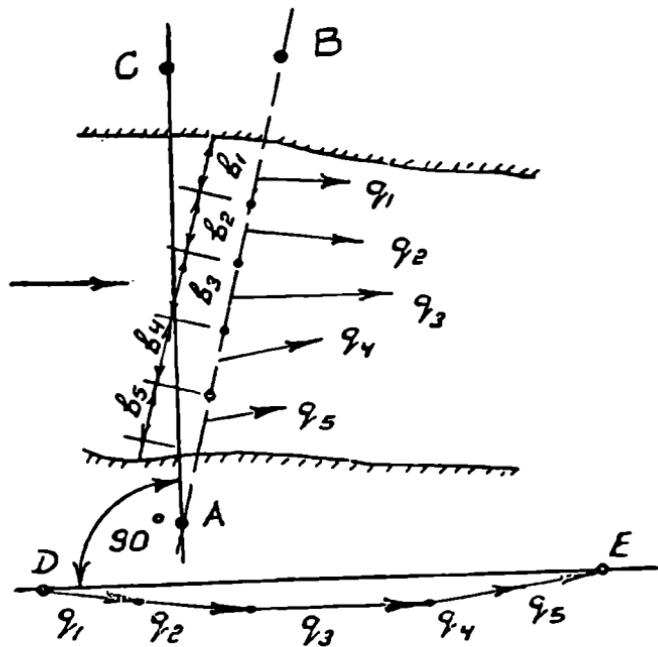
წყლის ხარჯებზე დაკვირვებისათვის მდინარის შესაფერისი უბნის შერჩევა ძირითადადში იმ მოთხოვნების გათვალისწინებით ხდება, რომლებიც წაყენებათ უბნებს წყალსაზომი საგუშაგოებისათვის. გარდა ამისა, ხარჯების გაზომვის რაც შეიძლება მაღალი სიზუსტის მისაღწევად საჭიროა შერჩეულ უბანზე წყლის დინება იყოს თანაბარი, მას ჰქონდეს ერთი საერთო მიმართულება მდინარის მთელ სიგანეზე, წყლის სიჩქარეები წყალმცირობის პერიოდში არ იყოს 0,15...0,25 მ/წმ-ზე ნაკლები,

წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) პერიოდებში კი — 3...4 მ/წმ-ზე მეტი, აღვილი არ ჰქონდეს უკუღინებებს; ზამთარში მდინარე უნდა იყინებოდეს მთელ სიგანეზე ან სრულებით არ იყინებოდეს; უბანზე არ უნდა იგრძნობოდეს ჰიდროტექნიკური ზაგებობის ზეგავლენა.

წყლის ჭაღვლების მიმართულება ცვალებადია მდინარის სიგანეზე და, გარდა ამისა, დამოკიდებულია მდინარის წყლიანობაზე (წყლის დონეებზე). ამის გამო ჰიდრომეტრიულ გაზომვათა პრაქტიკაში მიმართა. ჭენ მდინარის დინების გასაშუალებული მიმართულების ცნებას. მდინარის განივკვეთს, რომელშიც იზომება წყლის ხარჯები ჰიდრომეტრიული გასწორი (კვეთი) ჰქვია. მოითხოვება, რომ ჰიდრომეტრიული გასწორის განივკვეთი იყოს წყლის გასაშუალებული მიმართულების პერპენდიკულარული. ისწრაფვიან, რომ მდინარის უბანზე შეიძინეს ერთი ჰიდრომეტრიული კვეთი და ის ემთხვეოდეს წყალსაზომი საგუშაგოს გასწორს ან გადიოდეს მისკან ჩხლოს. ცხადია, აღნიშნული მოთხოვნების სრულად დაკმაყოფილება ყოველთვის არაა შესაძლებელი.

ჰიდრომეტრიული გასწორის სწორად დაკვალვას არსებითი მნიშვნელობა აქვს. მოგვეყავს ამ ამოცანის გადაწყვეტის რამდენიმე ყველაზე გავრცელებული ხერხი.

- ჰიდრომეტრიული გასწორის მიმართულება (ნახ. 15.3) ზუსტად



ნახ. 15.3. ჰიდრომეტრიული გასწორის მიმართულების დაკვლევა.

შეიძლება განისაზღვროს დინების გასაზომი ხელსაწყოებით, რომლებიც ერთდროულად წყლის სიჩქარეს და დინების მიმართულებებს ზომევენ. ასეთია, მაგალითად, IP-42 ტიპის მიმართულების გამზომი, რომელიც ფართოდ გამოიყენება ჰიდრომეტრიულ პრაქტიკაში [4, გვ. 367].

ჰიდრომეტრიული გასწორის მიმართულების განსაზღვრა (დაკვალვა) სრულდება შექდეგი თანამიმდევრობით: წინასწარ (ვიზუალურად) შერჩეულ და დამაგრებულ AB კვეთში იგებენ წყლის h სიღრმეებს და მდინარის სიგანისა და ფსკერის პროფილის შესატყვისად ნინნავენ სიჩქარეთა 10...12 ვერტიკალს; ამ ვერტიკალების $0,6 \cdot h$ სიღრმეზე ხელსაწყოთი ზომევენ ადგილობრივ $v_{0,6}$ სიჩქარეებს და დინების მიმართულებებს; ეს სიჩქარეები რიცხობრივად ვერტიკალზე საშუალო $v_{0,6}$ სიჩქარეების ტოლია (§ 14.1), ამიტომ წყლის ხარჯები ვერტიკალზე იქნება $q = v_{0,6} \cdot h$; საზღვრავენ ნაწილობრივ (უბნურ) ხარჯებს $q_i = q \cdot b_i$, სადაც b_i არის მანძილი ვერტიკალის მომიჯნავე უბნების შუა წერტილებს შორის (გამონაკლისია მხოლოდ AB -ს სანაპირო უბნები, სადაც b აითვლება წყლის კიდედან); ნაწილობრივი ხარჯების ვექტორები დაკვეთ მდინარის უბნის გეგმაზე მასშტაბისა და დინების მიმართულებების დაცვით; ამგვარად მიღებულ ვექტორებს აჯამებენ ვექტორთა შეკრების გრაფიკული წესის დაცვით ნებისმიერი D წერტილიდან; მიღებული გეომეტრიული DE ჯამის ხაზი წარმოადგენს მდინარის ნაკადის გასაშუალებულ მიმართულებას და ჰიდრომეტრიული გასწორი AC უნდა იყოს მის მიმართ პერპენდიკულარულად დაკვალული.

● ჰიდრომეტრიული გასწორის დაკვალვა შესაძლებელია ზედაპირული ტივტივების გამოყენებითაც; ამ მეთოდს მიხსლოებითად შიიჩნევენ, რადგან გასწორის მიმართულება დგინდება მდინარის ზედაპირული და არა წყლის მთელი მასის დინების საშუალო მიმართულების შესაბამისად. სამუშაოთა შესრულებს მეთოდისა შეიძლება იყოს განსხვავებული მდინარის ვაკის თუ მთის უბნების თავისებურებათა შესატყვისად.

მდინარის სიგანეზე თანაბრად განაწილებული 10...15 ზედაპირული ტივტივას მეშვეობით ზომევენ და გეგმაზე აფიქსირებენ დინების სიჩქარეებს და ტრაექტორიებს. საანგარიშო გასწორისა და დინების ტრაექტორიებს გადაკვეთის წერტილებში ტრაექტორიების მხებ ხაზებზე გადაზომევენ ზედაპირული სიჩქარეების ვექტორებს; ამ ვექტორების გრაფიკული ჯამი გამოსახავს მოცემულ უბანზე მდინარის ზედაპირული დინების საშუალო მიმართულებას; ჰიდრომეტრიული გასწორის კვეთს მიმართავენ მის პერპენდიკულარულად.

სიგანეზე ტივტივების თანაბარი განაწილება და შესაბამისი ტრაექტორიების განსაზღვრა, ჩვეულებრივ, შესაძლებელია ვაკის ტიპის მდინარეებზე. მთის მდინარეებზე კი ეს არ ხერხდება იმის გამო, რომ წყლის

ლი გადასასვლელები, რომელთა მოწყობა-აღქურვა ხდება მდინარის სივანის, სიღრმის, სიჩქარის და უბნის ტოპოგრაფიული პირობების გათვალისწინებით. ჰიდრომეტრიულ გადასასვლელებად იყენებენ ჰიდრომეტრიულ ხიდებს, ჰიდრომეტრიულ აკენებს, ნაევებს, კატერებს, ბორნებს [4, გვ. 175; 19, გვ. 133; 34, გვ. 155; 49, გვ. 217].

16. 2. 2. წყლის ხარჯების განსაზღვრა ტრიალუმის გამოყენებით

„სიჩქარე-ფართობის“ მეთოდით წყლის ხარჯების განსაზღვრისას სიჩქარეს მეტრიულად ზომავენ ჰიდრომეტრიული ტრიალებით. არსებობს წყლის დინების გაზომვის ორი ხერხი: წერტილოვანი და ინტეგრაციული [19]. წერტილოვანი მეთოდი იმაში მდგომარეობს, რომ ადგილობრივი სიჩქარე იზომება ვერტიკალზე მკაცრად ფიქსირებულ სიჩქარით წერტილებში. ამისაგან განსხვავებით ინტეგრაციული ხერხით იზომება სიჩქარე, გასაშუალებული ჰიდრომეტრიული კვეთის რომელიმე მიმართულებით; მაგალითად, თუ ტრიალას ნელი თანაბარი სიჩქარით ჩაუშვებთ ვერტიკალის გასწვრივ ზედაპირიდან ფსკერამდე, შემდეგ შეუჩერებლად, იმავე სიჩქარით, ამოვწევთ წყლის ზედაპირამდე და ამ პროცესში დავაფიქსირებთ დროს და ამ დროში ფრთიანი ზრახნის ბრუნთა საერთო რიცხვს, მაშინ მივიღებთ ტრიალას ბრუნთა რიცხვს ერთ წამში, რომლის მიხედვითაც სატარირო მრუდიდან დავადგინთ სიჩქარის ინტეგრირებულ სიდიდეს; იგი რიცხობრივად ვერტიკალზე საშუალო ($u_{\text{ავა}}$) სიჩქარის ტოლი იქნება [4 გვ. 188; 49, გვ. 231].

ვერტიკალებს, რომლებზედაც იზომება ადგილობრივი სიჩქარეები, სიჩქარითი ვერტიკალები ჰქვია. ჰიდრომეტრიულ კვეთში მათი განაწილება სრულდება მდინარის სივანისა და ფსკერის მოხაზულობის შესაბამისად; ასევე, რიგი ფაქტორების საფუძველზე განისაზღვრება ვერტიკალზე სიჩქარითი წერტილების რაოდენობაც.

იმისდა შესაბამისად, თუ როგორი უნდა იყოს წყლის ხარჯების გაზომვის სიზუსტე და როგორია სამუშაოთა წარმოების პირობები, განარჩევენ გაზომვების დეტალურ, ძირითად, შემოკლებულ და დაჩქარებულ ხერხებს.

წყლის ხარჯის გაზომვის დეტალური ხერხი ითვალისწინებს წყალნაჯაღის კინემატიკის დაწვრილებით შესწავლას. სიჩქარითი ვერტიკალები ტოლი b შუალედებით ნაწილდება ჰიდრომეტრიულ კვეთში; ჩვეულებრივ, $b = (0,07 \dots 0,1) \cdot B$. ფსკერის რთული პროფილის შემთხვევაში სიჩქარითი ვერტიკალები საჭიროა შევუსაბამოთ პროფილის გადატების წერტილებს. სიჩქარეები ვერტიკალებზე იზომება მრავალ წერტილში.

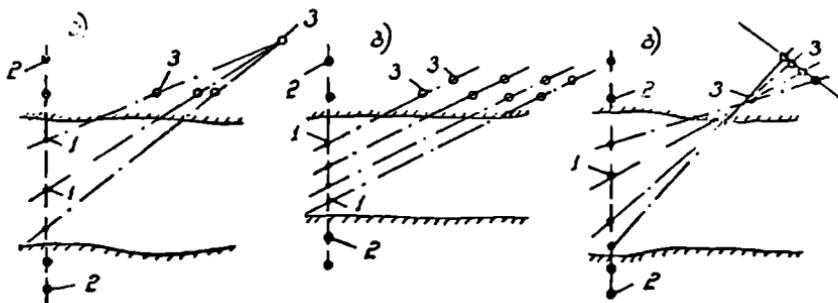
ძირითადი ხერხის შემთხვევაში წყლის ხარჯი განისაზღვრება სიჩქარეთა ვერტიკალების შესაძლო მინიმალური რაოდენობით, მაგრამ არა ნაკლებ ხუთისა; 2...3-მდე მცირდება ვერტიკალზე სიჩქარეთა ვერტიკალების რიცხვი.

შემოკლებული ხერხის გამოყენებისას სიჩქარეს ზომავენ ერთ-ორი ვერტიკალის ერთ ან ორ წერტილში. ასეთი გამარტივება შესაძლებელია მდინარის მდგრად კალაპოტიან უბნებზე, როდესაც საჭიროა ხარჯების ხშირი და სწრაფი აღრიცხვა წყლის დაუმყარებელი მოძრაობის შემთხვევაში.

დაჩქარებულ გაზომვას მიმართავენ ხარჯების ოპერატიული გაზომვებისათვის წყლის დონის მკვეთრი ცვალებადობის (საათში 10 სმ-ზე მეტი) ან კალაპოტის ინტენსიური დეფორმაციის პირობებში. ასეთი რეჟიმები აღინიშნება წყალმოვარდნების დროს. წერტილში სიჩქარის ათვლის ხანგრძლივობა მცირდება 30 სექუნდამდე.

ჰიდრომეტრიულ გასწორში სიჩქარითი ვერტიკალების მდებარეობის დაქდევნა ხდება ირიბი და მარაოსებრი ნულშიფი დასაკვალავი კვეთების მეშვეობით (ნახ. 15.5) ან სიღრმიანი ვერტიკალების კოორდინირების ანალოგიურად (§ 13. 2. 3).

სიჩქარეებს, ჩვეულებრივ, ზომავენ ერთი ტრიალათი, რომელსაც თანამიმდევრულად გადაადგილებენ სიჩქარით ვერტიკალებზე და განსაზღვრული წერტილებში. ვერტიკალზე ადგილობრივი სიჩქარეებს რაოდენობა განისაზღვრება სიჩქარით ვერტიკალის საძეწაო სიღრმის შესაბამისად; ამ სახელწოდებაში გულისხმობენ წყლის სიღრმეს, გაზომილს უშუალოდ წერტილში სიჩქარის განსაზღვრის მომენტში. ვერტიკალზე სიჩქარითი წერტილების რაოდენობა და მდებარეობა დამოკიდებულია მდინარის მკვაპარეობაზე (ყინულის საფარი, მცენარეების ამოზრდა), წყლის



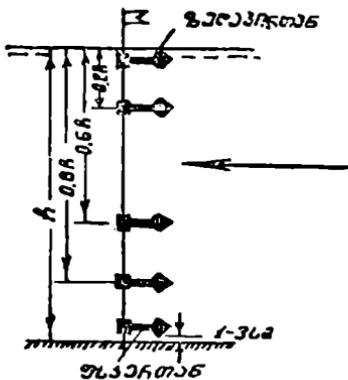
ნახ. 15.5. ირიბი და მარაოსებრი გასწორები. 1—სიჩქარითი ვერტიკალები; 2—კვეთის ნიშნები; 3—გასწორის სარკეები.

სიღრმეზე, წყლის ხარჯის გაზომვის სიზუსტეზე (ხერხზე) და მითითებულია 15.1 ცხრილში.

ცხრილი 15.1

წყლის ხარჯის გაზომვის ხერხი	მდინარე თევსუფალია კიხლისა და მცენარეულობისაგან		მდინარეში არის ყინულის საფარი ან მცენარეულობა	
	წყლის საშუალო სიღრმე, h , მ	სიჩქარითი წერტილები ჩაღრმეება	წყლის საშუალო სიღრმე, h , მ	სიჩქარითი წერტილების ჩაღრმეება
ღრმე-ღერი	$> 1,5$	ზედაპ 0,2 · h ; 0,6 · h ; 0,8 · h ; და ს.ს.	1,5	ზედაპ; 0,2 · h ; 0,4 · h ; 0,6 · h ; 0,8 · h ; და ს.ს.
	0,75...1,5	0,2 · h ; 0,8 · h	1...1,5	0,15 · h ; 0,5 · h ; 0,8 · h
	$< 0,75$	0,6 · h	0,75...1	0,2 · h ; 0,8 · h
ძირითადი	ხაკმარასი სიღრმე	0,2 · h ; 0,8 · h	საკმარისი სიღრმე	0,15 · h ; 0,5 · h ; 0,85 · h
	შტორე სიღრმე	0,6 · h	შტორე სიღრმე	0,5 · h
შემოკლებული		0,2 · h ; 0,8 · h ან 0,6 h (დასაშვებია 0,4 · h)		0,2 · h ; 0,8 · h ან 0,6 · h (დასაშვებია 0,2 · h)

ლაბორატორიულ-ნატურული კვლევებით დადგენილია, რომ წყალნაკადის სიჩქარითი ვერტიკალის აღნიშნულ წერტილებში გაზომილი სიჩქარეები კარგად გამოსახავს სიჩქარეთა განაწილების რეალურ პროფილს. თვალსაჩინოებისათვის 15.6 ნახაზზე ილუსტრირებულია სიჩქარით ვერტიკალზე ტრიალების განაწილების სქემა ხარჯების ღრმეული შესწავლის შემთხვევაში. მინიმალური სიღრმე, რომლის დროსაც კიდევ შეიძლება სიჩქარის გაზომვა ერთ წერტილში მაინც, შეადგენს 6...10 სმ-ს. ზედაპირული სიჩქარის ($u_{ზე}$) გაზომვისას ტრიალს ღრმეი უნდა განლაგდეს წყლის პორიზონტიდან 0,15 მ სიღრმეზე, ფსკერული სიჩქარის ($u_{ფს}$) გაზომვისას კი—ფსკერიდან 0,15 მ მანძილზე.



ნახ. 15.6. სიჩქარით ვერტიკალზე ტრიალს განლაგების სქემა.

ტრიკლებით წყლის ხარჯების განსაზღვრისას არსებითია სიჩქარით ვერტიკალზე საშუალო სიჩქარის ($v_{\text{ავტ}}$) ცოდნა. იმის გამო, რომ სიჩქარითი წერტილები განლაგებულია გარკვეული სისტემით (ცხრილი 15.1) შესაძლებელი გახდა ამ სიჩქარის ანალიზური სახით წარმოდგენა სიჩქარეთა წერტილების ყველა შესაძლო რაოდენობის შემთხვევაში:

მდინარე თავისუფალია ყინულისა და მკენარეულობისაგან

$$\left. \begin{aligned} v_{\text{ავტ}} &= 0,1 \cdot (u_{0,2} + 3 \cdot u_{0,3} + 3 \cdot u_{0,4} + 2 \cdot u_{0,5} + u_{0,6}), \\ v_{\text{ავტ}} &= 0,25 \cdot (u_{0,2} + 2 \cdot u_{0,3} + u_{0,4}), \\ v_{\text{ავტ}} &= 0,5 \cdot (u_{0,2} + u_{0,3}), \\ v_{\text{ავტ}} &= u_{0,2}. \end{aligned} \right\} (15.7)$$

მდინარე დაფარულია ყინულით ან მკენარეულობით

$$\left. \begin{aligned} v_{\text{ავტ}} &= 0,1 \cdot (u_{0,2} + 2 \cdot u_{0,3} + 2 \cdot u_{0,4} + 2 \cdot u_{0,5} + 2 \cdot u_{0,6} + u_{0,7}), \\ v_{\text{ავტ}} &= \frac{1}{3} (u_{0,15} + u_{0,5} + u_{0,85}), \\ v_{\text{ავტ}} &= k \cdot u_{0,5}; \quad k = 0,9. \end{aligned} \right\} (15.8)$$

ინტექსტი „0,2“; „0,4“ და ა. შ. მიუთითებენ სიჩქარითი წერტილების ფარდობით ჩაღრმავებას (მდებარეობას) წყლის ზედაპირიდან.

ჰიდრომეტრიულ გასწორში მდინარის ცოცხალი კვეთი გამოიხატება წყლის სიღრმეების გაზომვის საფუძველზე (თავი XIII); აქ ზემოთ მოცემულია სიჩქარით ვერტიკალზე ადგილობრივი და საშუალო სიჩქარეების განსაზღვრის მეთოდები და ანალიზური ფორმულები. ასე რომ უკვე შესაძლებელია „სიჩქარე-ფართობის“ ჰიდრომეტრიული ტრიკლას მეთოდით წყლის ხარჯების განსაზღვრის არსებული ანალიზური, გრაფიკული და იზოტაქების ბერხების განხილვა.

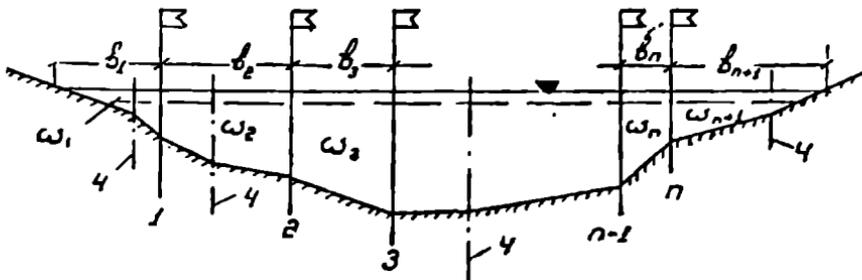
● ხარჯების განსაზღვრის ანალიზური მეთოდები მიჩნეულია ძირითადად. გადმოვიწეროთ (15.4) ინტეგრალი

$$Q = \int_0^B \int_0^h u dx dy. \quad (15.9)$$

ვერტიკალზე წყლის q ხარჯის (14.5) გამოსახულების გათვალისწინებით იგი ასეც შეიძლება ჩაიწეროს

$$Q = \int_0^B q dx. \quad (15.10)$$

წყლის q ხარჯს სიღრმით ვერტიკალზე ელემენტარულ ხარჯს უწოდებენ.



ნახ. 15.7 სქემა ჰიდრომეტრიულ კვეთში ნაწილობრივი ფართობების განსაზღვრასათვის. 1, 2, ..., n—სიჩქარითი ვერტიკალები; 4—სიღრმითი ვერტიკალები.

ხარჯების განსაზღვრის ანალიზური ხერხი გულისხმობს წყლის ხარჯების გაანგარიშებას მიახლოებითი ფორმულებით, რომლებშიც ინტეგრირება შეცვლილია შეკრებით. მოგვყავს წყლის ხარჯის მიახლოებითი ფორმულები, რომლებიც შეესაბამება ხარჯის (15.3) და (15.10) ინტეგრალებს [4, 19]:

$$Q = kv_1 a_1 + 0,5(v_1 + v_2) a_2 + \dots + 0,5(v_{n-1} + v_n) a_n + kv_n a_{n+1}, \quad (15.11)$$

$$Q = kq_1 b_1 + 0,5(q_1 + q_2) b_2 + \dots + 0,5(q_{n-1} + q_n) b_n + kq_n b_{n+1} \quad (15.12)$$

აქ v_i არის საშუალო სიჩქარე i ვერტიკალზე გამოთვლილი (15.7), (15.8) ფორმულებით;

a_i — ნაკადის უკუხალი კვეთის ნაწილობრივი ფართობი (ნახ. 15.7), რომელიც გამოისახება სამკუთხედებისა (ნაპირებთან) და ტრაპეციების ფორმით

$$a_1 = 0,5 \cdot h_1 \cdot b_1, \quad a_2 = 0,5(h_1 + h_2) \cdot b_2 \text{ და ა. შ.}; \quad (15.13)$$

q_i — წყლის ხარჯი i სიჩქარით ვერტიკალზე ანუ ელემენტარული ხარჯი

$$q_i = v_i \cdot h_i; \quad (15.14)$$

h_i — სამუშაო სიღრმე სიჩქარით ვერტიკალზე;

b_i — მანძილი სიჩქარით ვერტიკალებს შორის;

k — ემპირიული კოეფიციენტი, რომლის სიდიდე იღლება ჰიდრომეტრიულ გასწორში მდინარის ნაპირის ხასიათის შესაბამისად: დამრეცი ნაპირი წყლის კედესთან ნულოვანი სიღრმით— $k=0,7$; ფლატე ნაპირი ან არასწორი კედელი— $k=0,8$; გლუვი კედელი— $k=0,9$; ნაპირთან წყლის მკვდარი ზონა— $k=0,5$;

n — ჰიდრომეტრიულ კვეთში სიჩქარითი ვერტიკალების რაოდენობა.

წყლის ხარჯის გამოსათვლელი სამუშაოების შესრულების პერიოდში წყლის დონე მდინარეში (ჰიდრომეტრიულ კვეთში) შეიძლება შეიცვალოს, ამიტომ საჭიროა განისაზღვროს წყლის ის საანგარიშო დონე $H_{საანგ}$, რომელიც შეესაბამება გამოთვლილ ხარჯს. თუ ანათვლების აღების პერიოდში დონის ცვლილება არ აღემატება 10 სმ-ს, საანგარიშოდ მიიჩნევენ ამ პერიოდში ათვლილი დონეების საშუალო მნიშვნელობას. დონის სწრაფი და საგრძნობი მერყეობის შემთხვევაში საანგარიშოდ დონეს საზღვრავენ ფორმულით

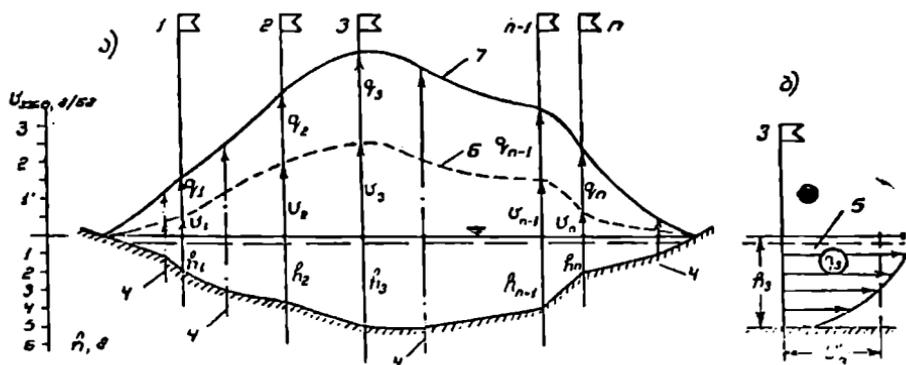
$$H_{საანგ} = \frac{H_1 \cdot q_1 \cdot b_1 + H_2 \cdot q_2 \cdot b_2 + \dots + H_n \cdot b_n \cdot b_n}{q_1 \cdot b_1 + q_2 \cdot b_2 + \dots + q_n \cdot b_n} \quad (15.15)$$

სადაც H_i არის წყლის დონე სიჩქარით ვერტიკალზე გრაფიკის ნულის მიმართ და განეკუთვნება სიჩქარის 0,6-ს სიღრმეზე ათვლის მომენტს;

b_i — სიჩქარითი ვერტიკალის შესაბამისი მდინარის ნაწილობრივი სიგანე.

* წყლის ხარჯის განსაზღვრის გრაფიკული ხერხი გულისხმობს (15.10) ინტეგრირების შეცვლას ჰიდრომეტრიულ კვეთის ელემენტარული q_i ხარჯების ეპიურის ფართობის გაზოვიით.

წყლის ხარჯის განსაზღვრა წარმოებს შემდეგი თანამიმდევრობით [4, გვ 200, ნახ. 13. 23]: მილიმეტრულ ქალაღზე გამოხაზავენ ჰიდრომეტრიული გასწორის განივკვეთს და აღნიშნავენ წყლის საანგარიშო დონეს (ნახ. 15.8); იმავე ნახაზზე ხაზავენ ყველა ვერტიკალის სიჩქარეთა ეპიურებს (იმავე ვერტიკალურ მასშტაბში, რომელიც შერჩეულია განივ-



ნახ. 15.8. წყლის ხარჯის გამოთვლის გრაფიკული ხერხი. 1, 2, ..., n — სიჩქარეთა ვერტიკალები; 4 — სიღრმითა ვერტიკალები; 5 — ვერტიკალზე სიჩქარეთა ეპიურის მაგალითი; 6 — ვერტიკალზე საშუალო სიჩქარეთა ეპიურა მდინარის სიგანეზე; 7 — ელემენტარული ხარჯების ეპიურა მდინარის სიგანეზე.

კვეთისათვის); პლანიმეტრიის საშუალებით (ორჯერ) ზომავენ ამ ეპიურის ფართობებს და იღებენ სიჩქარით ვერტიკალებზე ელემენტარულ ხვედრითი ხარჯების q_1, q_2, \dots, q_n მნიშვნელოვნებს; ელემენტარული ხარჯების (14.6) ფორმულიდან ანგარიშობენ საშუალო v_1, v_2, \dots, v_n სიჩქარეებს ვერტიკალებზე; წყლის დონის ხაზიდან ზემოთ ყოველ სიჩქარით ვერტიკალზე გადაზომავენ ვერტიკალზე საშუალო v_i სიჩქარეების შესაბამის მონაკვეთებს და მოხაზავენ ვერტიკალზე საშუალო სიჩქარეების მდინარის სიგანეზე განაწილებების ეპიურას; თუ ჰიდრომეტრიულ კვეთში გარდა სიჩქარითი ვერტიკალებისა (მათნიშნავენ ალმებით) გათვალისწინებულია სიღრმითი (გასაზომი) ვერტიკალები, მათი შესაბამისი სიჩქარეები აიკვლევა ამ ეპიურიდან; გაიანგარიშებენ ელემენტარულ ხარჯებს ყველა (სიჩქარითი და სიღრმითი) ვერტიკალისათვის იხვე (14.6) ფორმულით; წყლის დონის ხაზიდან ზემოთ ყოველ ვერტიკალზე გადაზომავენ შესაბამისი ელემენტარული ხარჯის მონაკვეთს და მოხაზავენ მდინარის სიგანეზე ელემენტარული ხარჯების განაწილებების ეპიურას. ამ ეპიურის ფართობი რიცხობრივად უდრის წყლის საძიებელ Q ხარჯს.

ხარჯის გამოთვლის აღწერილ გრაფიკულ ხერხს მიმართავენ, როდესაც საჭიროა გამოთვლის მაღალი სიზუსტე.

● როგორც ვიცი, ხარჯის მოდელის გადაკვეთა ცოცხალი კვეთის პარალელური სიბრტყეებით გვაძლევს იზოტაქების სისტემას (§15 1). ვთქვათ w არის n სიჩქარის იზოტაქისა და წყლის ჰორიზონტით შემოფარგლული ფიგურის ფართობი ნახ. 14.3, ა; მაშინ ხარჯის მოდელის მოცულობა ანუ წყლის ხარჯი განისაზღვრება შემდეგი ანალიზური ფორმულით

$$Q = \int_0^{w_{\max}} w_n dw, \quad (15.16)$$

სადაც w_{\max} არის უდიდესი სიჩქარე საანგარიშო კვეთში.

წყლის ხარჯის განსაზღვრა იზოტაქების მეთოდით დაფუძნებულია ამ ფორმულაზე; თუ ინტეგრირების შევცვლით სასრული სხვაობის მეთოდით გვექნება

$$Q = 0,5(w_{n_0} + w_{n_1}) \cdot \Delta w_1 + 0,5(w_{n_1} + w_{n_2}) \cdot \Delta w_2 + \dots + 0,5(w_{n_{n-1}} + w_{n_n}) \cdot \Delta w_n + Q_z. \quad (15.17)$$

აქ w_{n_0} არის ნაკადის ცოცხალი კვეთის ფართობი ჰიდრომეტრიულ კვეთში; $w_{n_1}, w_{n_2}, \dots, w_{n_n}$ — ფართობები შემოფარგლული პირველი, მეორე და ა. შ.

ბოლო იზოტაქით;

Δw_i — სიჩქარის ინტერვალები იზოტაქებს შორის;

Q_2 — ხარჯის მოდელის ბოლო ნაკვეთურის მოცულობა

$$Q_2 = \frac{2}{3} \omega_n \cdot (u_{n-1} - u_n); \quad (15.18)$$

u_n — სიჩქარე, რომელიც შეესაბამება ბოლო იზოტაქს.

იზოტაქტებს, ჩვეულებრივ, ატარებენ სიჩქარის ტოლი ინტეგრაციებით $\Delta u_i = C''$, ამიტომ (15.17) მარტივდება

$$Q = \Delta u (0,5 \cdot \omega_{u_0} + \omega_{u_1} + \omega_{u_2} + \dots + \omega_{u_{n-1}} + 0,5 \omega_{u_n}) + Q_2. \quad (15.19)$$

ხარჯი გამოითვლება შემდეგი თანამიმდევრობით: მილიმეტრულ ქალაქზე გამოსახავენ მდინარის ცოცხალ კვეთს მასზე 6...10 იზოტაქტის ჩვენებით; იმავე ფურცელზე წარმოადგენენ ვერტიკალებზე სიჩქარეთა განაწილების ეპიურებს; პლანიმეტრით ზომავენ იზოტაქტებით შემოფარგლულ ფართობებს; საბოლოოდ (15.19) ფორმულით გამოთვლიან წყლის საძიებელ ხარჯს.

15. 8. 8. წყლის ხარჯების განსაზღვრა ტიპიური გამოყენებით

წყლის ხარჯების გაზომვის „სიჩქარე-ფართობის“ მეთოდს მიეკუთვნება აგრეთვე ჰიდრომეტრიული ტივტივების ხერხიც. ხარჯების საანგარიშოდ უპირატესად იყენებენ ზედაპირულ ტივტივებს.

ზედაპირული ტივტივებით წყლის ხარჯების განსაზღვრის მეთოდი გულისხმობს წყალსაკადის ზედაპირული სიჩქარეების გამოთვლას შესაბამისი ტივტივების მეშვეობით. ამ სამუშაოს ორგანიზაცია და წესი აღწერილია 14.2.1 პარაგრაფში. უშუალოდ ხარჯების განსაზღვრის მეთოდიკა კი შემდეგში მდგომარეობს: ვინაიდან ზედაპირული ტივტივებით განსაზღვრული სიჩქარეების ადგილსამყოფელი შეიძლება არ დაემთხვეს ჰიდრომეტრიული კვეთის სიჩქარით ვერტიკალებს, ამიტომ, წინასწარ, ამ კვეთში აგებენ ტივტივების სელის ხანგრძლივობის მდინარის სივრცეზე ცვალებადობის ეპიურას (ნახ. 15.9), რომლის მიხედვითაც აითვლიან დროს ზედაპირული სიჩქარეების დასადგენად ჰიდრომეტრიული კვეთის სიჩქარით ვერტიკალებზე; წყლის ხარჯის განსაზღვრის შემდგომი თანამიმდევრობა ისეთია, როგორც ჰიდრომეტრიული ტრიანგლების გამოყენებისას (§ 15.3.2). იმ განსხვავებით, რომ ვერტიკალზე საშუალო u_i სიჩქარეების ნაცვლად ამ შემთხვევაში ფიგურირებს ზედაპირული $u_{ზე. i}$ სიჩქარეები ვერტიკალებზე; მაშასადამე, (15.11)-ის ანალოგიურად ხარჯის ფორმულა ასე ჩაიწერება

$$Q_{\text{თ}} = k \cdot u_{\text{ზე. 1}} \cdot \omega_1 + 0,5 (u_{\text{ზე. 1}} + u_{\text{ზე. 2}}) \cdot \omega_2 + \dots + 0,5 (u_{\text{ზე. } n-1} + u_{\text{ზე. } n}) \times \omega_n + k u_{\text{ზე. } n} \cdot \omega_{n+1}. \quad (15.20)$$

ამ ფორმულით განსაზღვრული ხარჯი წარმოადგენს წყლის ფიქ-

ტიურ ($Q_{\text{ფ}}$) და არა ნამდვილ Q ხარჯს, რადგან საშუალო სიჩქარეები ვერტიკალზე შეცვლილია ზედაპირულით. წყლის ნამდვილი ხარჯის და.. საღებნად იყენებენ ფიქტიურად ნამდვილ ხარჯზე გადაყვან K_1 კოეფიციენტს

$$Q = K_1 \cdot Q_{\text{ფ}}. \quad (15.21)$$

K_1 კოეფიციენტი შეიძლება განისაზღვროს წყლის ხარჯის ერთ დროული გაზომვით პიდრომეტრიული ტრიალებითა და ზედაპირული ტივტივებით. ასე დადგენილი K_1 , ცხადია, იქნება მდინარეში წყლის დონეების (ხარჯების) ცვალებადობის ფუნქცია, ამიტომ საჭიროა ერთ-დროულ გაზომვათა სერიის ჩატარება სხვადასხვა დონეების შეთხვევაში და K_1 -ის წყლის დონეებზე (ხარჯებზე) დაპოკიდებულების ემპირიული გრაფიკის აგება: მას შემდგომში გამოიყენებენ ტივტივებით გაზომილი $Q_{\text{ფ}}$ ხარჯის ნამდვილ Q ხარჯამდე მისაყვანად.

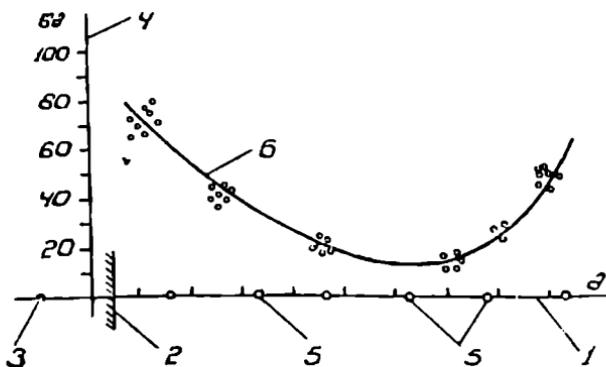
გადაყვანი K_1 კოეფიციენტის გრაფიკის აგება სამუშაოთა სირთულის გამო ყოველთვის არაა შესაძლებელი; ასეთ შემთხვევებში მოიშველიებენ სპეციალურ ფორმულებს [4, 19, 34]; მაგალითად, ი. კარასევის მიხედვით

$$K_1 = 0,77 + 0,043 \cdot \sqrt{C^*} - 3,8. \quad (15.22)$$

აქ $C^* = C/g$ არის შეზის უგანზომილებო კოეფიციენტი;

C — შეზის კოეფიციენტი, მ/წმ^{0,5}.

მდინარის ზოგიერთ უბნებზე (მაგალითად, მთის მდინარეების ვიწრო კალაპოტებში) არ ხერხდება ზედაპირული ტივტივების მდინარის



ნახ. 15.9. ტივტივის სელის ხანგრძლივობის ეპიურა (6). 1—ზედაპირული სიჩქარეების საინტარსო გასწორი (პიდრომეტრიული კვათი); 2—წყლის კიდე; 3—მდინარის სიგანეზე მანძილების ითვლის სიწყისი; 4—ტივტივების სელის ხანგრძლივობის ღერძი; 5—სიჩქარისი ვერტიკალები.

სიგანეზე განაწილება (§15. 3.1). ამ შექთხევაში ტიპებს უშვებენ მხოლოდ წყალნაკადის დინების ღერძის გასწვრივ და გამოთვლიან უდიდეს ზედაპირულ სიჩქარეს (u_{max}); ასეთად მიიჩნევენ იმ სამი ტიპტივას ჩვენების საშუალო არითმეტიკულს, რომლებიც ხასიათდება გარბენის უმცირესი ხანგრძლივობით.

თუ α არის წყალნაკადის ცოცხალი კვეთის ფართობი, მაშინ ფიქტიური ხარჯი შეადგენს

$$Q_{\text{ფ}} = u_{\text{ზე}} \cdot \alpha, \quad (15.23)$$

ხოლო ნამდვილი ხარჯი განისაზღვრება გადამყვანი K_2 კოეფიციენტის დაპარებით

$$Q = K_2 \cdot Q_{\text{ფ}} \quad (15.24)$$

K_2 კოეფიციენტის თაობაზე ძალაშია ყველა ის მითითება და შენაშენა, რომლებიც ეხებოდა K_1 კოეფიციენტს; გ. ქელეჩნიაკოვის მიხედვით

$$K_2 = 0,5 \cdot (C^*)^{0,11}. \quad (15.25)$$

K_1 და K_2 კოეფიციენტების საორიენტაციო მნიშვნელობები მდინარის სხვადასხვა კალაპოტებისათვის მოცემულია აგრეთვე სათანადო ცხრილებში [4, გვ. 215; 19, გვ. 144; 34, გვ. 176; 49, გვ. 262].

15. 8. 4. წყლის ხარჯების განსაზღვრის „საანგარიშო“ ხერხი

წყლის ხარჯის განსაზღვრის ეს ხერხიც მიეკუთვნება „სიჩქარე-ფართობის“ მეთოდს, რადგან გულისხმობს ჰიდროქურიული კვეთის ცოცხალი α ფართობის და კვეთში საშუალო v სიჩქარის განსაზღვრას. ამ ხერხს „საანგარიშო“ უწოდებენ იმიტომ, რომ v სიჩქარე დგინდება არა უშუალო გაზომვებით, არამედ შეზის ფორმულით

$$v = C\sqrt{R \cdot I}, \quad (15.26)$$

სადაც R არის ჰიდრაულიკური რადიუსი;

I — მდინარის წყლის ზედაპირის ქონობი.

(15.26) გამოსახულება წყლის თანაბარი მოძრაობის განტოლებათა და იმიტომ „საანგარიშო“ ხერხის გამოყენება შესაძლებელია მდინარის მხოლოდ იმ უბნებზე და ისეთი რეჟიმის დროს, როდესაც წყლის მოძრაობა თანაბარ შეიძლება ჩაითვლოს.

§ 15. 4. წყლის ხარჯების დადგენა საზომი მოწყობილობით და ჰიდროკანონის წყალსაშვებ ნაგებობაზე

ამ ქვეჯგუფში გაერთიანებულია ხერხები, რომლებიც გულისხმობს საზომი მოწყობილობებისა და წყლისაშვები ნაგებობების გამოყენებას ხარჯების გასაზომად.

15. 4. 1. წალის ხარჯების განსაზღვრა ჰიდრომეტრიული ღარებით

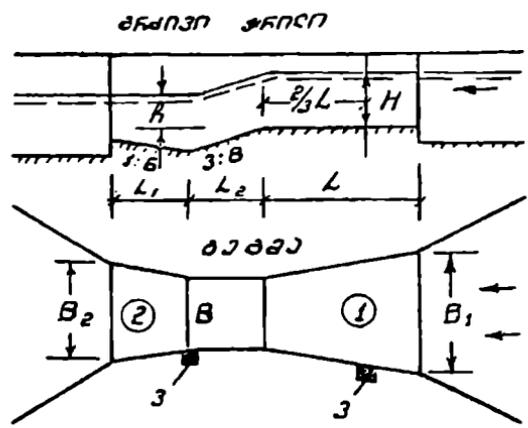
ჰიდრომეტრიული ღარების გამოყენება შესაძლებელია პატარა წყალხადადებში, პერიოდულად მოქმედ მცირე ხეობებში, ირიგაციულ არხებში. არსებობს სტანდარტული ჰიდრომეტრიული ღარები. მაგალითად, „პარშალას“ ტიპი (ნახ. 15.10) აერთიანებს ღარების 14 ზომით ნაირსახეობას: ყველაზე პატარა გათვალისწინებულია ხარჯების გასაზომად 0,003...0,25 მ³/წმ დიაპაზონში, ყველაზე დიდი კი—0,392-დან 47,5 მ³/წმ-მდე. ჰიდრაულიკურად იგი წარმოადგენს ფართო ზღურბლიან წყალსამეს. დონეთა სხვაობა წარმოიქმნება წყალხადადის ღარის გვერდებით შევიწროების შედეგად. თუ H არის წყლის სიღრმე მიმღები მილძაბრას ფსკერის მიმართ, ის შინ წყლის ხარჯი გამოითვლება ამ სიღრმის შესაბამისად. დაძირული ჰიდრაულიკური რეჟიმის შემთხვევაში, გარდა H -ისა, საჭიროა ქვედა ბიფურის h სიღრმის გაზომვაც.

სტანდარტული ჰიდრომეტრიული ღარებისათვის არსებობს ხარჯების გამოსათვლელი მზა ცხრილები.

ხარჯის გაზომვის სიზუსტეში ღარები უტოვებენ ხარჯსაზომ წყალსაშვებებს (§ 15.4.2), მაგრამ მათ გააჩნიათ რიგი უპირატესობანიც: ფსკერული ნატანის შეუფერხებელი გატარება, წყლის მცირე შეტბორვა, წყლისა და ნატანის მოძრაობის რეჟიმის უმნიშვნელო ცვლილება.

15. 4. 2. წალის ხარჯების განსაზღვრა წაალსაშვებით

ხარჯსაზომი წყალსაშვებები ფართოდაა გავრცელებული ჰიდრომეტრიულ პრაქტიკაში, მით უფრო, როდესაც იუცილებელია წყლის ხარჯის ხშირი და რაც შეიძლება ზუსტი რეგისტრაცია. მათ იყენებენ პატარა მდინარეებზე, ირიგაციულ არხებში, ლაბორატორიულ პირობებში. ჰიდრაულიკის თვალსაზრისით ისინი წარმოადგენენ წყალსაშვებს თხელ კედელში. ჰიდრომეტრიული წყალსაშვებები უნდა მუშაობდნენ



ნახ 15 10 ჰიდრომეტრიული ღარის სქემა.
 1—მიმღები მილძაბრა; 2—გამყვანი მილძაბრა;
 3—ღონეების აღმოცხველის იდგილსამყოფელი.

წყლის გადადინების დაუძირავე რეჟიმით. წყალსაშვი კრილის ფორმის მიხედვით განასხვავებენ სწორკუთხა, სამკუთხა, ტრაპეციულ, პარაბოლურ და სხვა ტიპის წყალსაშვიებს. ხარჯის განსაზღვრა ხდება ჰიდრაულიკის ცნობილი წყალსაშვის ხარჯის ფორმულით. წყალსაშვითან დაკავშირებულა ეველა საკითხი დეტალურადაა გარჩეული ჰიდრაულიკის კურსში [33, გვ. 256; 51, გვ. 290].

16. 4. 8. ჰიდროკანძის წყალსაშვი ნაგებობაში განსაზღვრა ხარჯების განსაზღვრა

წყალსაშვიურნო შშენებლობის სწრაფი განვითარების ტენდენცია მნიშვნელოვან სიძნელეებს წარმოშობს ჰიდროლოგია-ჰიდრომეტრიულ კვლევებში. გარდა იმისა, რომ ძნელდება მდინარეზე ან მის გარკვეულ უბნებზე ჩამონადენის განსაზღვრელი ბუნებრივი ფაქტორების რაოდენობრივ-თვისებრივი გავლენის შესწავლა, რთულდება და ზოგ შემთხვევაში შეუძლებელია ხდება ჩვეულებრივი ჰიდრომეტრიული მეთოდების გამოყენება, მაგალითად, წყლის ხარჯების გაზომვისათვის.

ჰიდრომეტრიულ გასწორში, რომელიც ჰიდროკანძის აგების შემდეგ აღმოჩნდება ზედა ბიფის შეტბორვის ზონაში, ცხადია, ირდევია წყლი დადინების ბუნებრივი ჰიდროლოგიური რეჟიმი; გარდა იმისა, ხარჯების გაზომვა რთულდება წყალსაშვიში წყლის დონეებისა და ჰიდროკანძზე დაწნევების ცვალებადობის მიზეზით. თუ ჰიდრომეტრიული კვეთი აღმოჩნდა კვეთი ბიფში, წყლის ხარჯების გაზომვის სიზუსტე მცირდება იმასთან დაკავშირებით, რომ წყლის მოძრაობა მკვეთრად დაუმყარებელია. აღნიშნული სირთულეები მით უფრო ცხადად წარმოჩნდება მდინარეების კასკადური ათვისების დროს, როდესაც კვეთთ განლაგებული ჰიდროკანძის შეტბორვა ვრცელდება მომდევნომდე. ასეთ შემთხვევაში წყლის ხარჯების სათანადო სიზუსტით გაზომვა ჰიდრომეტრიის არსებული მეთოდებით შეუძლებელია ან გართულებულია და მდინარის ჩამონადენს აღრიცხავენ თვით ჰიდროკანძებზე ანუ ცალ-ცალკე ზომავენ ხარჯებს, რომლებიც გაედინება ჰიდროკანძის წყალსაშვი ხვრეტებსა და ნაგებობებში. ასე რომ, ჰიდროკანძზე აღრიცხული საერთო ხარჯი ჩაიწერება შემდეგი ჯამის სახით

$$Q = Q_0 + Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (15.27)$$

სადაც Q_0 არის ტურბინებში გამავალი ხარჯი;

Q_1 — კაშხლის წყალსაშვი და წყალჩასაშვი ხვრეტებში გადინებული ხარჯი;

Q_2 — წყალსაშვიებით (კაშხლის ტანის გარეთ) გატარებული ხარჯი;

Q₃ — მოთხოვნილების (წყალმიმღების) ხარჯები ირიგაციაზე, წყალმომარაგებაზე თუ სხვა საპროექტისათვის;

Q₄ — დანარჩენი ხარჯები დაკავშირებული სპეციალური ნაგებობების ფუნქციონირებასთან (გემსავალი რაბები, თევზსავალები, მორსავალები);

Q₅ — ფელტრაციისა და გაფონვის ხარჯები.

ჰიდროკვანძებზე გათვალისწინებული საექსპლუატაციო პერსონალის ერთ-ერთი მოვალეობაა წყალსაზომი დაკვირვებებისა და წყლის ხარჯების გაზომვის სისტემატური ჩატარება. ჰიდროკვანძებზე ხარჯების განსაზღვრის პრაქტიკამ გვიჩვენა, რომ ასეთი გზით გაზომვის სიზუსტე არ ჩამოუვარდება ჩვეულებრივ ჰიდრომეტრიულ მეთოდებს; შესაძლებელია გარკვეული უპირატესობების აღნიშვნაც კი, რადგან ამ დროს გამორიცხულია ისეთი ფაქტორების გავლენა, როგორცაა მდინარის კალაპოტის ცვალებადობა, წყალმცენარეების ამოზრდა, ყინულოვანი მოვლენები.

ემისათვის, რომ შესაძლებელი გახდეს (15.27) გამოსახულების წევრების ცალ-ცალკე განსაზღვრა, საჭიროა მათი შესაბამისი ნაგებობის ან წყალსაშვები ხერცის წყლის გამტარუნარიანობის დადგენა ანუ მათი ტარირება. გვეცნოთ (15.27) გამოსახულების შესაკრებთა გამოთვლის ხერხებს.

● ჰიდროკვანძის ნორმალურ რეჟიმში მუშაობის პერიოდში ქვედა ბიეფში გაღიწებული წყლის მეტი წილი მოდის ტურბინებზე. მოვეყვანოთ ტურბინის ხარჯის ცნობილი ფორმულა

$$Q_6 = N/9,81 \cdot \eta \cdot H. \quad (15.28)$$

აქ N არის სიმძლავრე, რომელიც განისაზღვრება გენერატორის მრცხველის ჩვენების გაყოფით გასაშუალების დროს ხანგრძლივობაზე;

H — წყლის დაწნევა ანუ სხვაობა ბიეფების დონეებს შორის, რომელიც ფიქსირდება ბიეფებში მოწყობილ წყალსაზომ საგუშაგოებზე; მასში გათვალისწინებულია სატურბინო ხერცელთან წყლის მოსვლის სიჩქარე და წნევის დანაკარგები სატურბინო ტრაქტის მთელ სიგრძეზე;

η — ჰიდროაგრეგატის მარგი ქმედების კოეფიციენტი (მქკ)

$$\eta = \eta_6 \cdot \eta_7 \cdot \eta_8; \quad (15.29)$$

η_6, η_7, η_8 — შესაბამისად ტურბინის, გენერატორის და რედუქტორის მარგი ქმედების კოეფიციენტები (მსხვილ ჰიდროაგრეგატებში გენერატორები განლაგებულია ტურბინის ღერძზე და რედუქტორი არ არსებობს).

ყოველ სტანდარტულ ტურბინას გააჩნია თავისი სპეცსპლუატაციო მახასიათებლები ანუ (15.28)-ის გრაფიკული წარმოდგენა, რომლის საფუძველზეც ცნობილი N -ისა და H -ის პირობებში შესაძლებელია Q -ს განსაზღვრა. მაგრამ, იმის გამო, რომ ტურბინის მქვ ღრთთა განმავლობაში შეიძლება შეიცვალოს (მაგალითად, ფრთების მყარი ნატანით გაცვეთის შედეგად), ხშირ შემთხვევაში საჭირო ხდება ტურბინების ტარიების ორგანიზაცია [4, გვ. 255].

● წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) ჩამონადენის გასატარებლად პილროკვანძში გათვალისწინებულია წყალსაგდები ნაგებობები და ხერცტები (თავე XXIII). როგორც არ უნდა იყოს მათი კონსტრუქცია პილრაელიკის თვალსაზრისით ისინი ფუნქციონირებენ როგორც წყალსაშეებები ან სიღრმითი ხერცტები: ამიტომ (15.27) გამოსახულების Q_1 და Q_2 შესაკრებების განსაზღვრა ხდება პილრაელიკის შესაბამისი ფორმულების გამოყენებით. თუ ფორმულებით საოგებლობა ყოველთვის არაა მიზანშეწონილი (მაგალითად, ნაგებობის რაიმე კონსტრუქციული თუ წყლის გატარების ხასიათის თავისებურებების შემთხვევაში), მაშინ ხდება ხარჯის კოეფიციენტის ტარირება. მსხვილი პილროკვანძებისათვის ნატურული ტარირების შესრულება ფრიად რთული და შრომატევადია, ამიტომ ფართოდ მიმართავენ მოდელურ ტარირებას ლაბორატორიის პირობებში

● ჯამური Q ხარჯის Q_2 შესაკრები აღნიშნავს პილროკვანძის დანიშნულებით გათვალისწინებულ მოთხოვნილების ხარჯს; კომპლექსური გამოყენების შემთხვევაში იგი წარმოადგენს სხვადასხვა მიზნის ხარჯების ჯამს (მაგალითად, ირიგაცია+წყალმომარაგება+გაწყლიერება; პილროსადგურის ანუ ტურბინების ხარჯის განსაზღვრის ხერხები განვიხილეთ ზემოთ).

● პილროკვანძის შემადგენლობაში შეიძლება იყოს გათვალისწინებული გემსაეალო რაბი, ტივსაეალო, თევზსაეალო, მორსაეალო თუ სხვა სპეციალური დანიშნულების ნაგებობა. მათი შესაბამისი ხარჯის (Q_2) წილი საერთო ჯამში არაა დიდი (მაგალითად, ხარჯი თევზსაეალო ლარებში იცვლება საზღვრებში 0,5...1,5 მ³/წმ.). მიუხედავად ამისა, ამ ნაგებობებზე მოსულ ხარჯებს მაინც ანგარიშობენ, რისთვისაც არსებობს პრაქტიკული მითითებები [4, გვ.261].

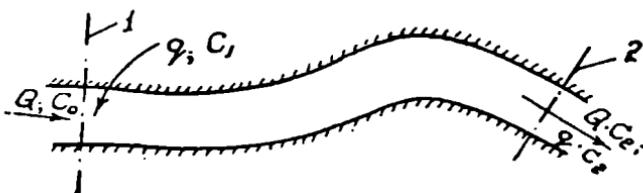
● რაც შეეხება ფილტრაციისა (თვით ნაგებობაში, მის ფუძეში თუ შემოვლით) და წყალსაშეები ხერცტების შემქილროებიდან გაუონვის ხარჯებს, მათ დასაღვენად მიმართავენ მოკულობით მეთოდს, საზომ წყალსაშეებებს ან სხვა ხერხებს. საერთოდ კი ფილტრაციული ხარჯები წინასწარ გათვალისწინებულია პროექტით და მისი გაზრდის შემთხვევაში საჭიროა სათანადო ღონისძიებების მიღება.

შერევის მეთოდის სამუშაო პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს (ნახ. 15.11). წყალნაკადის გარკვეულ გასწორში, რომელსაც გასაშვებ კვეთს უწოდებენ, შეაქვთ ეგარეთწოდებულო საზომი ნივთიერების ხსნარის გარკვეული რაოდენობა და საზომ კეთში ზომავენ მდინარის წყალში ამ ნივთიერების შერევის კონცენტრაციას. საზომ კვეთში ნივთიერების წყალში კონცენტრაცია წარმოადგებს ზღინარეში წყლის ხარჯის ოდენობის კრიტერიუმს: საზომი ნივთიერების ხსნარის ერთი და იგივე საწყისი ხარჯის შემთხვევაში საზომ კვეთში ფიქსირებული კონცენტრაციის მცირე სიდიდე შეესაბამება წყლის დიდ ხარჯებს და პირიქით. როგორც ვხედავთ შერევის მეთოდის გამოყენებისას არაა საჭირო წყალნაკადის ცოცხალი კვეთისა და სიჩქარეების გაზომვა.

შერჩეულ უბანზე წყალნაკადის ტურბულენტურობა უნდა უზრუნველყოფდეს საზომი ნივთიერების წყალში თანაბარ შერევას. აქედან გამომდინარე, შერევის მეთოდი უპირატესად გამოიყენება მდინარის შთის უბნებზე სწრაფი დინებით, დაბალი სიღრმეებით, წყლის შედარებით მცირე ხარჯებით. მდინარის უბნის შერჩევისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს იმ გარემოებას, რომ გასაშვებ და გასაზომ კვეთებს შორის არ იყოს შენაკადები, კანალიზაციისა თუ მრეწველობის ჩანადენები, არ ხდებოდეს მდინარიდან წყლის აღება. საზომი ნივთიერების ხსნარის კვეთში გაშვების ხანგრძლივობის შესაბამისად, ცნობილია შერევის მეთოდის ორი ვარიანტი.

● საზომი ნივთიერების ხსნარს მიწვდიან გასაშვები კვეთის ერთ ან რამდენიმე წერტილში პატარა მულმივი ხარჯით. ასეთ ნივთიერებად უფრო ხშირად იყენებენ სუფრის შარილს გასაშვებ ხსნარში მისი კონცენტრაციით 200...300 გ/ლ. ხსნარის გაშვების ხანგრძლივობა არ უნდა იყოს კვეთებს შორის წყლის გარბენის დროზე ნაკლები; სწორედ ამიტომ, შერევის მეთოდის ამ ვარიანტს საზომი ნივთიერების ხსნარის ხანგრძლივ გაშვების ხერხს უწოდებენ.

შერევის ხერხის ძირითადი განტოლება ჩაიწერება იმ პირობიდან,



ნახ. 15.11. ნივთიერების ხანგრძლივი გაშვების ხერხის სქემა.

1—გასაშვები კვეთი; 2—გასაზომი კვეთი.

რომ საზომი ნივთიერების წონითი ხარჯები გასაშვებ და გასაზომ კვეთებში ტოლი უნდა იყოს

$$Q \cdot C_0 + q \cdot C_1 = Q \cdot C_2 + q \cdot C_3 \text{ ანუ } Q = \frac{C_1 - C_3}{C_2 - C_0} \cdot q. \quad (15.30)$$

სადაც Q არის მდინარის საძიებელი ხარჯი;

q — საზომი ნივთიერების ხსნარის ხარჯი (იმავე ერთეულებში, როგორც Q);

C_1 — საზომი ნივთიერების კონცენტრაცია საზომ ხსნარში, ე. ი. მისი შემცველობა ხსნარის მოცულობის ერთეულში;

C_0 — საზომი ნივთიერების ბუნებრივი კონცენტრაცია მდინარის წყალში;

C_2 — საზომი ნივთიერების კონცენტრაცია მდინარის საზომ კვეთში.

ამ ფორმულებში q , C_0 და C_1 სიდიდეები ყოველთვის იქნება მოცემული. ასე რომ, მდინარის წყლის ხარჯი მხოლოდ C_2 -ის ფუნქციაა და მის ზუსტ შეფასებას არსებითი მნიშვნელობა აქვს: წყლის სინჯებს იღებენ საზომი გასწორის სიგანეზე რამდენიმე წერტილში რამდენიმეჯერ; სინჯების დამუშავება ხდება ლაბორატორიებში და საანგარიშოდ მიიღება C_2 -ის მნიშვნელობათა საშუალო არითმეტიკული.

თუ წყალნაკადი არ შეიცავს საზომი ნივთიერების ბუნებრივ მინარევს (ან ის უმნიშვნელოდ მცირეა), მაშინ $C_0 = 0$; საზომი ნარევის q ხარჯი, ჩვეულებრივ, ბევრად ჩამოუვარდება მდინარის Q ხარჯს, რაც გვძლევს უფლებას უგულებელვყოთ $q \cdot C_0$ შესაკრები. აღნიშნულის გათვალისწინებით (15.30) იღებთ კიდევ უფრო მარტივ სახეს

$$Q = -\frac{C_1}{C_2} \cdot q. \quad (15.31)$$

სამუშაოთი საგულდაგულო შესრულების შემთხვევაში შერევის მეთოდის ხანგრძლივი გაშვების ვარიანტი იძლევა ხარჯების გაზომვის საკმაოდ მაღალ შედეგებს. მის ნაკლოვანებებს შეადგენს გასაშვებ კვეთში ხსნარის გამშვები მოწყობილობის სირთულე, q ხარჯის მუდმივობის უზრუნველყოფის სიძნელე, სინჯების ლაბორატორიული ანალიზის აუცილებლობა, საზომი ნივთიერების დიდი რაოდენობა (15 კგ მარილი წყლის 1 მ³/წმ ხარჯზე). ალბათ ამ ფაქტორებმა განაპირობეს ჩვენში ამ ვარიანტის ნაკლები გავრცელება.

● საზომი ნივთიერების ხსნარის დაჩქარებული გაშვების ხერხი უფრო მარტივი შესასრულებელია, ვინაიდან არ მოითხოვს საზომი ნივთიერების გასაშვებ კვეთში თანაბრად და მუდმივი ხარჯით გაშვებას; საზომი ნივთიერების ხსნარი მიეწოდება მდინარის

შუაში ერთჯერად, მაგალითად, ავზის შეისიერი ვადატრიალების გზით. ამ შემთხვევაში, ცხადია, აღვლილი ექნება საზომი ნივთიერების წყალში შერევის დაუმყარებელ პროცესს. წყალში ვადატრიალი ნივთიერება ქვემოთ ვადატრიალდება ღრუბლის სახით, რომლის ზომები გაიზრდება მოლეკულური, ძირითადად კი ტურბულენტური დიფუზიის წყალობით (ნახ. 15.12). როდესაც l დროში ღრუბელი მიიღწევს საზომ გასწორს, მდინარის წყალში ნივთიერების C_2 კონცენტრაცია გაიზრდება ბუნებრივ მნიშვნელობიდან (ან ნულიდან) რაღაც მაქსიმუმამდე, ხოლო შემდეგ დაუბრუნდება საწყის მნიშვნელობას (ნახ. 15.12, ბ). შეიძლება ვაჩვენოთ, რომ ასეთ შემთხვევაში წყლის ხარჯი გამოისახება ფორმულით [4, გვ. 239]

$$Q = V \cdot C_1 / \int_0^l C_2 dt, \quad (15.32)$$

სადაც V , C_1 არის საზომი ხსნარის მოცულობა და მასში საზომ ნივთიერების კონცენტრაცია;

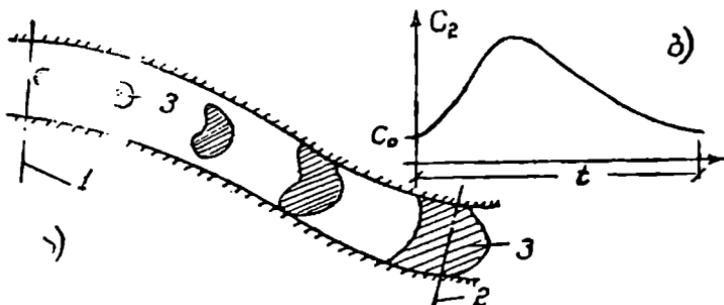
$\int_0^l C_2 dt$ — საზომ კვეთში ნივთიერების C_2 კონცენტრაციის

l დროში ცვალებადობის გრაფიკის ფართობი.

თუ საზომ გასწორში დაკვირვებათა შედეგების მიხედვით $C_2 = f(t)$ გრაფიკის აგება დაკავშირებულია რაიმე სიძნელეებთან, შესაძლებელია

გასაშუალებული სიდიდეებით მანიპულირება: $\int_0^l C_2 dt \approx C_2 \text{ საშ } \cdot l$, სადაც

$C_2 \text{ საშ}$ — საშუალო კონცენტრაციაა გასაზომ კვეთში ღრუბლის l დროში გავლის პერიოდში.



ნახ. 15.12. ნივთიერების დაჩქარებული გაშვების ზერხის სქემა.

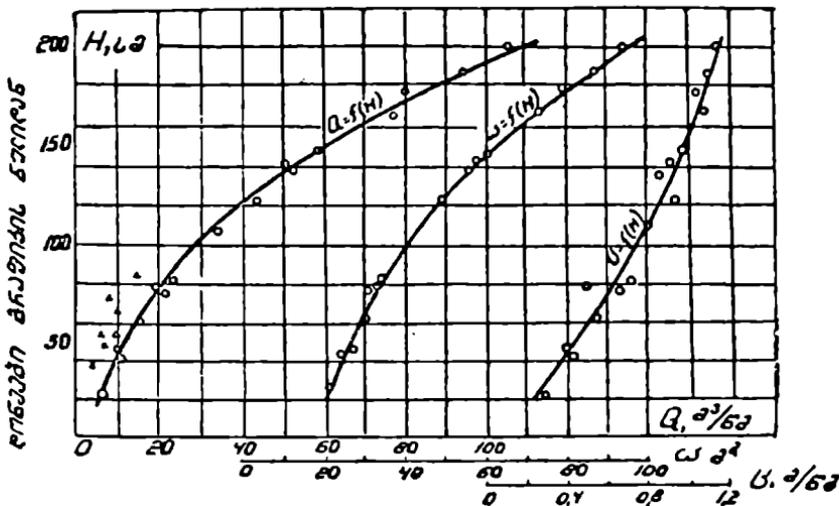
1—გასაშვები კვეთი; 2—გასაზომი კვეთი; 3—საზომი ხსნარის ღრუბელი.

შერევის მეთოდის ეს ვარიანტი ბევრად უფრო მარტივი და მისა-
 წვდომი, ვიდრე ხანგრძლივი გაშვების ხერხი; ამასთანავე მკვეთრად
 შესწორდება საზომი ნივთიერების ხარჯი ($\sim 0,1 \dots 0,8$ კგ 1 მ²/წმ წყალზე).
 საზომ გასწორში კონცენტრაციის სინჯების ხერხით რეგისტრაცია შეი-
 ძლება შეიცვალოს წყლის ელექტროგამტარობის გაზომვით [4, გვ. 240;
 34, გვ. 195]. ამის შესაძლებლობას იძლევა ბუნებაში დაკვირვებულ
 პროპორციული დამოკიდებულება ხსნარის კონცენტრაციისა (C) და
 ელექტროგამტარობას (E) შორის.

XXVI თავი

დამოკიდებულება წყლის ღონეებსა და ხარჯებს შორის. წყლის ჩამონადენის გამომთვლა

ჰიდრომეტრიულ საგუშაგოებზე წყლის ღონეების აღრიცხვა (თავი XII)
 წარმოებს ყოველდღიურად სტანდარტულ ვადებში; წყლის ხარჯების გა-
 ზომვა (თავი XV) კი ხდება ბევრად უფრო იშვიათად. ხარჯების ჰიდრო-
 მეტრიული გამოთვლის სიბშირე განსხვავდება წლის სეზონისა თუ მდი-
 ნარის ჰიდროლოგიური რეჟიმის შესატყვისად და დაახლოებით ხასიათ-
 დება შემდეგი რიცხვებით: გაზაფხულის წყალდიდობის პერიოდში
 4...5 გაზომვა, წყალდიდობის დაკლებისას კი 5...8; წვიმების
 წყალმოვარდნების შესაბამის პერიოდში 1...2 და 2...3; მდინარე-
 ში წყალმპირობის დროს ერთი გაზომვა ყოველ 7...10 დღეში;
 ყინულდგომისა და ღონეების მდოვრედ ცვალებადობის შემთხვევაში ერ-
 თი გაზომვა ყოველ 10...20 დღეში. შედეგად, მდინარის გაკვეთელ ჰიდ-
 რომეტრიულ გასწორში ყოველი წლის განმავლობაში გროვდება გაზო-
 მილი ხარჯებისა (Q) და მათი ღონეების (H) შესაბამისი რიცხვითი წყვე-
 ლების დაახლოებით 22...38 მნიშვნელობა. მათი წარმოდგენა მიზანშე-
 წონილია გრაფიკულ ფორმით $Q = f(H)$, სადაც არგუმენტად გვევლი-
 ნება წყლის ღონე. წყლის ღონესა და ხარჯს შორის გრაფიკულად გა-
 მოსახულ დამოკიდებულებას ხარჯების მრუდი ეწოდება (ნახ. 16.1).
 ჰიდრაულიკის თვალსაზრისით წყლის ხარჯი არგუმენტია, ხოლო წყლის
 ღონე—მისი ფუნქცია, და ჰიდრომეტრიაში არგუმენტად წყლის ღონის
 შერჩევა განპირობებულია ხარჯების მრუდის მთავარი დანიშნულე-
 ბით—ავითვალთ წყლის ყოველდღიური ხარჯები საანგარიშო გასწორ-
 ში გაზომილი ღონეების მიხედვით: ამ ხარჯების საფუძველზე განისაზღვ-
 რება მდინარეში წყლის ჩამონადენი. გარდა აღნიშნულისა, ხარჯების
 მრუდი საჭიროა სხვადასხვა ჰიდრაულიკური თუ ჰიდროტექნიკური გაან-
 გარიშებიანთვის: შეტბორვის წიარების აგება, ბიფუბების შეუღლების სა-
 კითხვებზე, ხიდის ხერხებების გაანგარიშება და სხვ.



ნახ. 16.1. ხარკების, ცოცხალი კვეთის ფართობებისა და საშუალო სიჩქარეების შრუღებები ცალსახა დამოკიდებულების შემთხვევაში.

§ 16. 1. ხარკების მრუდის აზაბა და წყლის ჩამონადენის განსაზღვრა დონეებისა და ხარკების შორის ცალსახა დამოკიდებულების შემთხვევაში

ხარკის $Q = f(H)$ მრუდს აგებენ მართკუთხა კოორდინატებში. ჩვეულებრივ, იმავე ნახაზზე ათავსებენ ცოცხალი კვეთის ფართობისა $w = f(H)$ და საშუალო სიჩქარის $v = f(H)$ გრაფიკებს (ნახ. 16.1).

დამოკიდებულება $Q = f(H)$ გრაფიკულად შეიძლება გამოისახოს ერთი მდოგრე მრუდის მეშვეობით; ამ შემთხვევაში წყლის დონის გარკვეულ მნიშვნელობას შეესაბამება ხარკის მხოლოდ ერთი გარკვეული სიდიდე, რაც ნიშნავს H -სა და Q -ს შორის ცალსახა დამოკიდებულებას. წყლის თანაბარი მოძრაობის ცნობილი ფორმულა ჩვენს შემთხვევაში ასეთი სახით

$$Q\sqrt{H} = C \cdot w \cdot \sqrt{R}. \quad (16.1)$$

ადვილია იმის ჩვენება, რომ ამ გამოსახულების მარჯვენა მხარე, როცა მდინარის საანგარიშო უბნის ხორკლიანობა ცნობილია. მის მხოლოდ წყლის საშუალო სიღრმის ანუ წყლის H დონის ფუნქციაა. აქედან, მივდივართ იმ დასკვნებამდე, რომ H -სა და Q ს შორის ცალსახა ფუნქციური დამოკიდებულება შესაძლებელია წყლის ზედაპირის უცვლელი I ქანობის ანუ, რაც იგივეა, მდინარის საანგარიშო უბანზე წყლის თანაბარი მოძრაობის შემთხვევაში. ცხადია, ბუნებრივ

წყალნაკადებში ხარჯების დროში მეტ-ნაკლები ცვალებადობის, კალაპოტის გადაფორმირებისა თუ სხვა ფაქტორების ზეგავლენის პირობებში შესაძლებელია მხოლოდ მიახლოებით თანაბარ მოძრაობაზე ანუ მიახლოებით ცალსახა დამოკიდებულებაზე ლაპარაკი.

ხარჯის მრუდის აგებისას დასაყრდენ მონაცემებად მიიჩნევენ ხარჯებს გაზომილს დეტალური ხერხით ჰიდრომეტრიული ტრიანგლებით (§15.3.2); იყენებენ მხოლოდ იმ ხარჯებს, რომლებიც გაზომილია თავისუფალი მდინარის პირობებში. ცალსახა დამოკიდებულების ხარჯების გრაფიკი ყოველთვის მიმართულია ამოზნექილობით ზემოთ.

ცოცხალი კვეთის $w = f(H)$ და საშუალო სიჩქარის $v = f(H)$ გრაფიკებიც აიგება არსებული გაზომვების მონაცემებით. ბათ საფუძველზე ხდება ხარჯების მრუდის ექსტრაპოლაცია და გაზომილი ხარჯების საიმედოობის ანალიზი: სამივე მრუდი უნდა პასუხობდეს $Q = w \cdot v$ პირობას. მრუდების შეჯერება წარმოებს სხვადასხვა დონეების შესაბამისი ცოცხალი კვეთის ფართობისა და საშუალო სიჩქარის გადამრავლებით მიღებული ხარჯის შედარებით ხარჯის იმ მნიშვნელობასთან, რომელიც აითვლება უშუალოდ ხარჯის მრუდიდან; თუ ხარჯების ამ მნიშვნელობათა შორის განსხვავება აღემატება 1 %-ს საჭიროა მოიძებნოს მიზეზი და შესრულდეს ხარჯების მრუდის სათანადო შესწორება. ისეთიანრად დაზუსტებულ $Q = f(H)$, $w = f(H)$ და $v = f(H)$ გრაფიკებს მიიჩნევენ საანგარიშოდ.

ხარჯების მრუდის საფუძველზე აღგენენ საანგარიშო ხარჯების ცხრილს (ცხრ. 16.1) და მას შემდგომში იყენებენ მდინარეში წყლის საშუალო დღელამური ხარჯების დასადგენად. ცხრილის ნულოვან სვეტში მოცემულია წყლის დონის ტოლი ინტერვალების (მაგ. 10 სმ) შესაბამისი ხარჯები ათვლილი უშუალოდ ხარჯების მრუდიდან; წყლის დონის ინტერვალებს შორისი ხარჯები კი გაიანგარიშება წრფივი ინტერპოლაციით. მაგალითად, 16.1 ცხრილის მიხედვით მდინარეში წყლის დონეს $H = 27$ სმ შესაბამება ხარჯი $Q = 29,9$ მ³/წმ.

ცხრილი 16.1

წყლის ხანგარაშო ხარჯების ცხრილი

წყლის დონე გრაფიკის წვილიან, სმ	ხარჯები, მ ³ /წმ									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	20	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5
20	25	25,7	26,4	27,1	27,8	28,5	29,2	29,9	30,6	31,3
30	32	32,8	33,6	34,4	35,2	36,0	36,8	37,6	38,4	39,2

დ. ა. შ

ჰიდრომეტრიაში უპირატესობას ანიჭებენ ხარჯების მრუდის აგების აღწერილ გრაფიკულ ხერხს. შევნიშნოთ, რომ ამასთან ერთად შეშუალებულია გრაფო-ანალიზური მეთოდებიც [14, გვ. 195; 19, გვ. 151], რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელია დონეებსა და ხარჯებს შორის ცალსახა დამოკიდებულების ფორმულის სახით წარმოდგენა.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ხარჯების მრუდის (საანგარიშო ხარჯების ცხრილის) მთავარი დანიშნულებაა განვსაზღვროთ ყოველდღიური საშუალო დღელამური ხარჯი წყლის გაზომილი ყოველდღიური დონის შესაბამისად. ასეთი მეთოდით მიღებული საშუალო დღელამური ხარჯების მნიშვნელობები შეაქვთ ცხრილში „წყლის ყოველდღიური ხარჯები“ და აქვეყნებენ ჰიდროლოგიურ წელიწდეულებში.

ამ ხარჯების მიხედვით გამოითვლება ჰიდრომეტრიულ კვეთში დროის საანგარიშო შუალედში (დღე-ღამე, დეკადა, თვე, წელიწადი) ჩაღწილი წყლის მოცულობა: ვიცით რა საშუალო დღელამური Q_i ხარჯები, წყლის ჩაშონადენი დროის გარკვეულ პერიოდში, რომელიც შეიცავს n დღელამეს, გამოისახება ტოლობით

$$W = \sum_1^n 86400 \cdot Q_i = 86400 \cdot \sum_1^n Q_i,$$

სადაც 86400 არის წამების რაოდენობა დღელამეში.

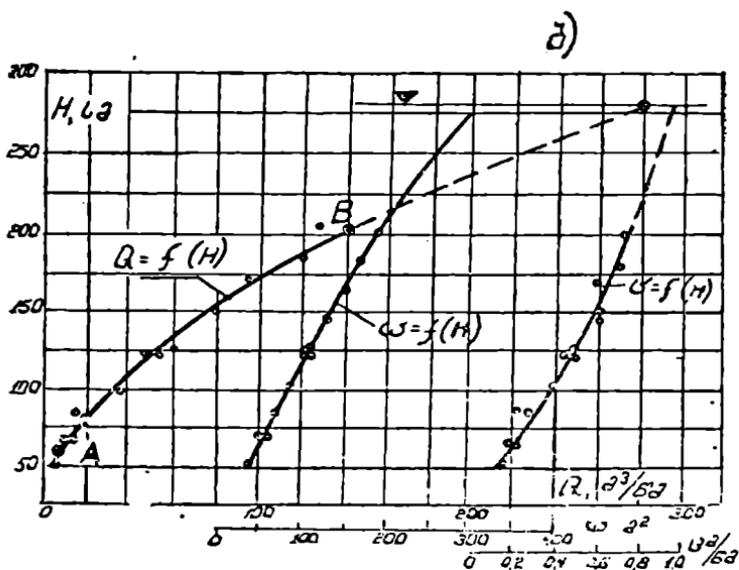
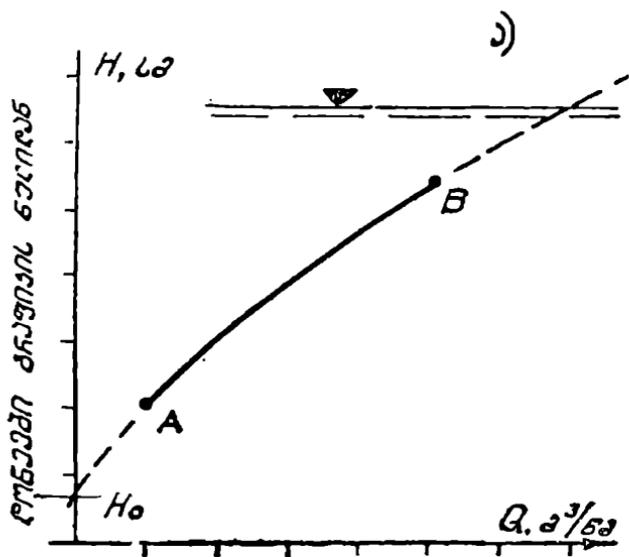
თუ ამ ტოლობის მარჯვენა მხარეს გავაშრავლებთ და გავყოფთ n -ზე, მივიღებთ მდინარის ჩაშონადენის ზოგად სახეს დროის ნებისმიერ საანგარიშო ინტერვალში

$$W = 86400 \cdot n \cdot \left(\sum_1^n Q_i / n \right) = 86400 \cdot n \cdot Q_{სა.} \quad (16.7)$$

აქ $Q_{სა.}$ გამოისახავს წყლის საშუალო ხარჯს საანგარიშო ინტერვალში

§ 16.2. ხარჯების მრუდის ექსტრაპოლაცია

როგორც ვთქვით, ჩვეულებრივ, არ ხერხდება ჰიდრომეტრიული გასწორში აღრიცხული წყლის ყველა დონის შესაბამისი ხარჯების ჰიდრომეტრიული გაზომვა. ჰიდროტექნიკური ამოცანებს გადაწყვეტისას კი ზოგჯერ აუცილებელია ვიცოდეთ ხარჯების მნიშვნელობები წყლის დონეთა შესაძლო ცვალებადობის მთელ დიაპაზონში. ასეთ შემთხვევებში მიმართავენ ხარჯების მრუდის ექსტრაპოლაციას, ანუ გაზომილი ხარჯების წერტილებზე აგებული ხარჯების მრუდის გაგრძელების ზევით და ქვევით (ნახ. 16.2). ექსტრაპოლაციის გზით მიღებულ ხარჯების მრუდს მთხევრად საიშელოდ, თუ ის დასაბუთებულია გაზომილი



ნახ. 16.2. ხარკების შრულის ექსტრაპოლიცია.

ხარჯებით წყლის ღონეების აშლიტულის 80%-ზე და მეტზე. შრულის ექსტრაპოლირებულ ნაწილს აღნიშნავენ პუნქტირით. იმისდა შესაბამისად, თუ როგორც ჰიდრომეტრიულ გასწორში ხეობის განივი

პროფილი (განვითარებული ქალა კალაპოტი თუ მის გარეშე), კალაპოტის ხორკლიანობა ხეელი პერიმეტრის გასწვრივ, ჰიდრაულიკური ელემენტების შესწავლილობა და სხვა არსებობს ხარჯების მრუდების ექსტრაპოლაციის მრავალი მეთოდი [4, გვ. 268; 49, გვ. 291].

მაგალითისათვის განვმარტავთ ექსტრაპოლაციის ხერხს იმ შემთხვევისათვის, როდესაც ჰიდრომეტრიული გასწორის საანგარიშო უბანზე არ არსებობს ქალა კალაპოტი (ან ის უმნიშვნელოდაა განვითარებული) და წყლის მაღალი დონეების დროსაც კი წყალნაკადი გაედინება მთავარ კალაპოტში; თუ ამასთან ერთად ხარჯების მრუდის ნაწილი, რომელიც არაა დასაბუთებული გაზომილი ხარჯებით არ აღემატება წყლის დონეთა იმპლიტულის 10%-ს, ხეობის განივკვეთი მდოვრედ ცვლილია და ხეელი პერიმეტრის გასწვრივ კალაპოტის ხორკლიანობა ერთგვაროვანია. ექსტრაპოლაციას ისრულებენ ხარჯების მრუდის უშუალოდ გაგრძელების ან ხარჯის ელემენტების გამოყენების გზით. პირველი მეთოდ მარტივია და იმაში მდგომარეობს, რომ $Q = f(H)$ მრუდის გაზომილი ხარჯებით დასაბუთებულ AB ნაწილს თვალთ აგრძელებენ იმავე მიმართულებით უდიდეს საანგარიშო დონემდე (ნახ. 16.2, ა). მეორე ხერხი მთავლისწინებს ცოცხალი კვეთებისა და საშუალო სიჩქარეების მრუდების გამოყენებას (ნახ. 16.2, ბ); საანგარიშო გასწორის განივი პროფილის საფუძველზე ანგარიშობენ ცოცხალი კვეთის ფართობებს მაღალი დონეებისათვის, რის საფუძველზეც აგრძელებენ $ა-f(H)$ მრუდს უდიდეს საანგარიშო დონემდე; საშუალო სიჩქარეების მრუდის ექსტრაპოლაციას ახდენენ თვალთ, მისი გაგრძელებით უდიდეს დონემდე; ამ დონის შესაბამისი ცოცხალი კვეთის ფართობისა და საშუალო სიჩქარის მნიშვნელობათა ნამრავლი წარმოადგენს ხარჯს უდიდეს საანგარიშო დონეზე. რომელსაც დაიტანენ $Q = f(H)$ გრაფიკზე და ახდენენ ამ მრუდის ექსტრაპოლაციას ხევიით

ხარჯების მრუდის ექსტრაპოლაცია ქვევით საჭიროა მაშინ, როდესაც არ გვაქვს წყლის დაბალი დონეების და მათ შორის მინიმალურის შესატყვისი ხარჯების გაზომვები. თუ ცნობილია H_0 დონე, რომლის დროსაც მდინარეში ხარჯი ნულის ტოლია ($Q=0$), მაშინ $Q = f(H)$ მრუდის გაზომილი ხარჯებით განპირობებულ AB ნაწილს ჩამოაგრძელებენ იმავე მიმართულებით ($0; H_0$) წერტილზე გავლით (ნახ. 16.2, ა). ხშირად ნულოვან დონის განსაზღვრა არ ხერხდება, მაშინ ხარჯების მრუდის ქვევით ექსტრაპოლაციას ასრულებენ ხარჯის ელემენტების ხერხით (ნახ. 16.2, ბ).

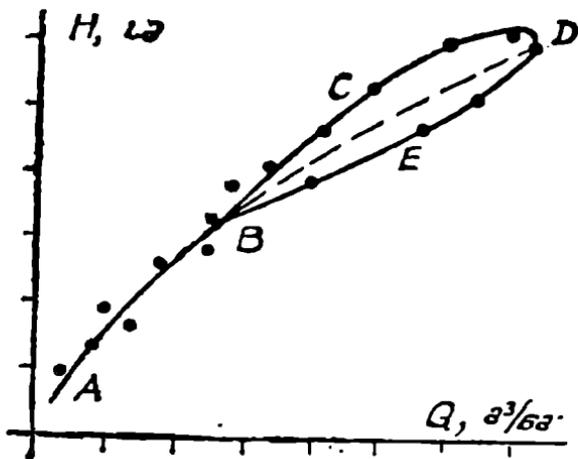
**§ 16. 2. ხარჯების მრუდის აკავა და წყლის ჩამონადენის განსაზღვრა
ლონებასა და ხარჯებს შორის არაცალსახა დამოკიდებულების შემთხვევაში**

ხშირად ჰიდრომეტრიული გასწორის საანგარიშო უბანზე არ სრულდება თანაბარი მოძრაობის (16.1) პირობა და მარტივი ცალსახა დამოკიდებულების ნაცვლად ხარჯის მრუდი იღებს რთულ ფორმას; სხვანაირად რომ ეთქვას, წყლის დონე დამოკიდებულია არა მარტო წყლის ხარჯზე, არამედ კიდევ რაღაც სხვა ფაქტორებზეც და დონეებსა და ხარჯებს შორის კავშირი გამოისახება არა ცალსახა დამოკიდებულებით. ცალსახა დამოკიდებულების არაცალსახად ტრანსფორმაციის მიზეზობრივი ფაქტორებია: წყლის დაუმყარებელი მოძრაობა, მდინარეში ყინულის მოვლენები, ცვალებადი შეტბორვა, მცენარეულობის ამოზრდა და კალაპოტის გადაჯოჯოხობა. ყველა მსგავს შემთხვევაში წყლის დონეებსა და ხარჯებს შორის აღინიშნება არაცალსახა დამოკიდებულება ანუ ერთ და იგივე დონეს შეესაბამება ხარჯის განსხვავებული მნიშვნელობები. არაცალსახა დამოკიდებულების გამომწვევი ფაქტორებია შეიძლება წარმოჩნდნენ ერთდროულად სხვადასხვა შეხამებით, რაც კიდევ უფრო აართულებს H -სა და Q -ს შორის კავშირს. ქვემოთ განვიხილავთ ყველაზე დამახასიათებელ შემთხვევებს.

16. 2. 1. წყლის დაუმყარებელი მოძრაობის შემთხვევა

მდინარეებში წყლის დაუმყარებელი მოძრაობა ყველაზე მკვეთრად შეიმჩნევა გაზაფხულის წყალდიდობისა და წვიმის წყალმოვარდნების პერიოდში. ჰიდრომეტრიულ გასწორში წყალმოვარდნის ტალღის გავლის დასაწყისში წყლის დონე მატულობს, შემდეგ კი კლებულობს. სითხის დაუმყარებელი მოძრაობის თეორიიდან ცნობილია, რომ წყლის ზედაპირის ქანობები წყალუხვობის ტალღის აწევის პერიოდში მტრია, ვიდრე ტალღის დაწევისას; ამის გამო, ერთი და იგივე დონეებისათვის ხარჯები წყლის აწევისას ყოველთვის აღემატება ხარჯებს დაწევისას და ხარჯების მრუდის წყალუხვობის პერიოდის BD უბანზე (ნახ. 16.3) ცხადად გამოიხატება BCD და BED შტოები. H სა და Q -ს შორის დამოკიდებულების ასეთ ფორმას წყალმოვარდნის მარყუქი ეწოდება. ხარჯების მრუდის დაუმყარებელი მოძრაობის ცალსახა დამოკიდებულების AB მონაკვეთს ექსტრაპოლაციის გზით (§ 16.2) გააგრძელებენ BD უბანზე დონის აწევისა და დაწევის შტოებს შორის.

იმ შემთხვევებში, როდესაც წყალმოვარდნის პერიოდი ხასიათდება დონეების აწევისა და დაწევის რამდენიმე მონაცვლეობით (პიკით), წყალმოვარდნის მარყუქს ექნება უფრო რთული მობაზულობა და მის ასაგებად საჭირო იქნება გაზოვილი ხარჯების საკმარის რაოდენობა, რაც ყოველთვის არაა შესაძლებელი.



ნახ. 16.3. ხარჯების შრული წყალნაქადის დღეუმიჯვხელი მოძრაობის შემოს:ვქაშა.

წყალმოვარდნის მარყუეი მკვეთრად გამოიხატება ვაკის მდინარეების უშენაკადო არადეფორმალ უბნებზე და შედარებით უმნიშვნელოა დიდი ქანობების (მაგ. მთის მდინარეების) პირობებში.

ჰიდრომეტრიულ კვეთში წყლის (16.2) ჩამონადენის განსაზღვრისას საშუალო დღეღამურ ხარჯებს აითვლიან წყალმოვარდნის მარყუეის იმ შტოს მიხედვით, რომელიც შეესაბამება ჩამონადენის საანგარიშო პერიოდს.

16. 2. 2. ყინულოვანი მოვლენების არსებობის შემთხვევა

ყინული მკვეთრად ართულებს და ცვლის მდინარის ჰიდრაულიკურ რეჟიმს: ნაკადი უღაწეო მდგომარეობიდან გადადის დაწნევიითში; ზოგჯერ წყალი მოძრაობს როგორც ყინულქვეშ, ისე მის ზემოთ; ყინულის საფარი და თოში ამცირებს ცოცხალი კვეთის ფართობს, ზრდის ჰიდრაულიკურ წინააღმდეგობებს; ყინული და თოშხერგილები წარმოქმნის ცვლად შეტბორვებს და სხვ. გარდა ამისა, ართულება, ზოგჯერ კი შეუძლებელიც ხდება ჰიდრომეტრიულ სამუშაოთა წარმოება და სიგარდნობლად მცირდება წყალნაქადის ელემენტების გაზომვის სიზუსტე. ამის შედეგად, ყინულოვანი რეჟიმის პირობებში ყოველთვის არ ხერხდება H -სა და Q -ს შორის მდგრადი დამოკიდებულების მიღება ანუ წყლის ხარჯების $Q = f(H)$ შრუდის აგება და საკიროა მოინახოს

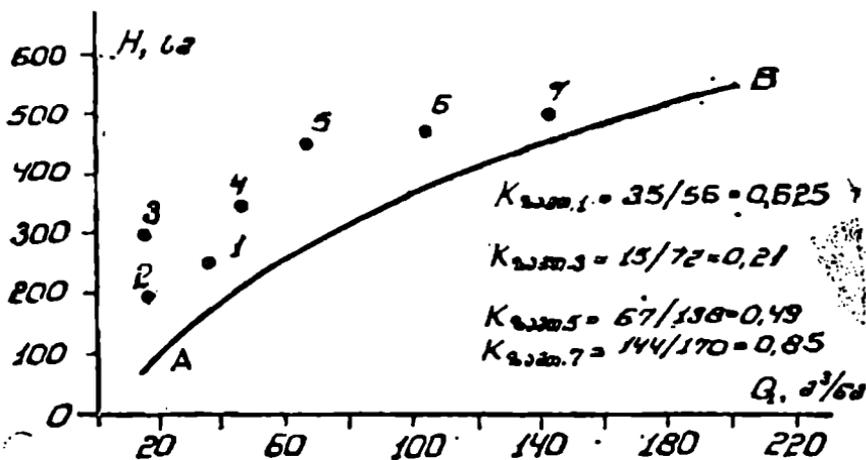
ზემოთ ნახსენები მეთოდებისაგან განსხვავებული ხერხები. პილომეტრიულ პრაქტიკაში ფართოდაა გავრცელებული ზამთრის გადაყვანა. ნიკოფეციენტების ქრონოლოგიური გრაფიკის აგების მეთოდი; გადაყვანი კოეფიციენტი გამოისახება ფარდობით

$$K_{\text{ზამთ}} = Q_{\text{ზამთ}} / Q, \quad (16.3)$$

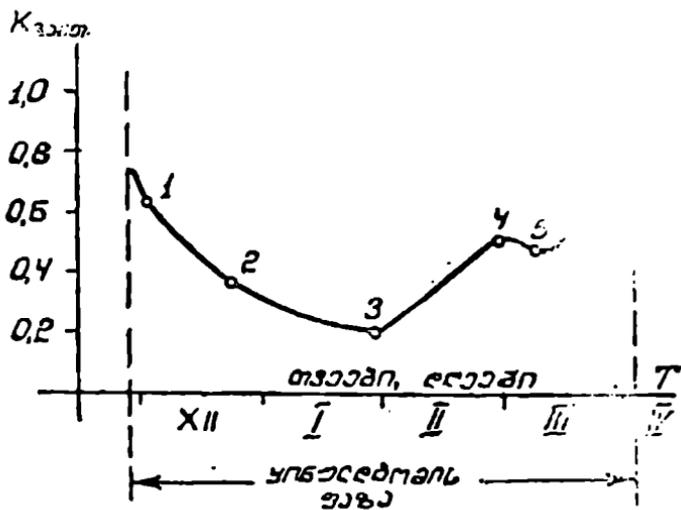
სადაც $Q_{\text{ზამთ}}$, Q არის წყლის ხარჯები ერთი და იმავე დონის დროს შესაბამისად მდინარეში ყინულოვანი (ზამთრის) რეჟიმისა და ყინულისაგან თავისუფალი მდინარის (ნახ. 16.1) პირობებში.

ზამთრის ხარჯის ($Q_{\text{ზამთ}}$) შესატყვის დონედ მიიჩნევენ წყლის დონეს ყინულის საფარის ხერვლში. ხარჯებს ყინულისაგან თავისუფალ მდინარეში, ზამთრის ხარჯების საპირისპიროდ, ზაფხულის ხარჯებსაც უწოდებენ.

გადაყვანი კოეფიციენტების მეთოდი დაფუძნებულია ნატურული დაკვირვებებით დადასტურებულ იმ ფაქტზე, რომ (16.3) ფარდობა ხასიათდება დროში შედარებით უფრო მცირე ცვალებადობით, ვიდრე წყლის ხარჯები. იმისათვის, რომ უკეთ გავერკვეთ ზამთრის გადაყვანი კოეფიციენტების მეთოდში, დავუშვათ, რომ საანგარიშო პილომეტრიული გასწორისათვის აგებულია თავისუფალი მდინარის (ზაფხულის) ხარჯის AB მრუდი (ნახ. 16.4) და ყინულის რეჟიმის პერიოდში გაზომილია რამდენიმე ხარჯი $Q_{1...7}$. თუ თავისუფალი მდინარის ხარჯის მრუდიდან დავადგენთ ზამთრის ამ ხარჯების გაზომვის დონეების შესაბამის ზაფხულის $Q_{1...7}$ ხარჯებს, მაშინ (16.3) ფარდობით განვსაზღვრავთ გადაყვანი კოეფიციენტების რიგ მნიშვნელობებს და მათ ბაზაზე ავა-



ნახ. 16.4. ზამთრის გადაყვანი კოეფიციენტების განსაზღვრა.



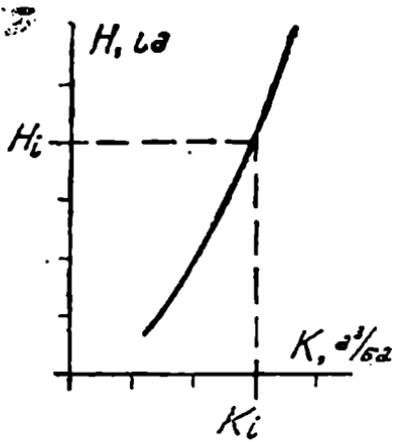
ნახ. 16.5. ზამთრის გადაყვანი კოეფიციენტის ქრონოლოგიური გრაფიკი.

გვბთ გადაყვანი კოეფიციენტის დროში ცვალბადობის ქრონოლოგიურ $K_{h,თი} = f(T)$ გრაფიკს (ნახ. 16.5). ზამთრის ხარჯების გაზომვების ჩატარება ძნელდება მდინარეშა ყინულსელის პერიოდებში, ამიტომ გადაყვანი კოეფიციენტის მრუდის განაპირა უბნებზე, რომლებიც შეესაბამება შემოდგომისა და გაზაფხულის ყინულსელის მონაკვეთებს, ხშირად იქლებული ვართ მიემართოთ მრუდის ექსტრაპოლაციას; ამასთან მიიღება, რომ შემოდგომის იშვიათი ყინულსელის ბოლო დღესა და გაზაფხულის იშვიათი ყინულსელის პირველ დღეს $K_{h,თი} \approx 1$ -ს. $K_{h,თი} = f(T)$ ქრონოლოგიური გრაფიკის საფუძველზე განისაზღვრება ყინულის რეჟიმის პერიოდის ნებისმიერი დღის ზამთრის გადაყვანი $K_{h,თი}$ კოეფიციენტი, ამ დღის შესაბამისი წყლის დონის მიხედვით დადგინდება ზაფხულის ხარჯი Q და ბოლოს (16.3) ფარდობიდან—საანგარიშო დღის ზამთრის ხარჯი

$$Q_{h,თი} = K_{h,თი} \cdot Q. \quad (16.4)$$

16. 2. 2. ცვალბადი შახტორვის არსებობის შავთხვავა

საანგარიშო ჰიდრომეტრიული გასწორი ზოგ შემთხვევაში ხვდება ქვემოდან მდინარის შეტბორვის ვაულენის ზონაში. შეტბორვა შეიძლება განვითარდეს ბუნებრივად (ქართო წყლის მოდენა, ჩქერების დალამვა) ან ჰიდროტექნიკური ნაგებობის მიზეზით. ყველა ამ შემთხვევაში ჰიდ-



ნახ. 16.6. ხარჯის კოეფიციენტის მრუდი.

რომეტირული გასწორი იმყოფება დროში ცვლადი შეტბორვის პირობებში, რაც გავლენას ახდენს წყლის დონესა და ხარჯს შორის დამოკიდებულების ხასიათზე.

იჩნებობს ცვლადი შეტბორვის პირობებში მდინარის ყოველდღიური ხარჯის განსაზღვრის რამდენიმე მეთოდი [4, გვ. 291; 19, გვ. 153; 34, გვ. 229; 55, გვ. 271]. თუ გვაქვს პილომეტრიულ გასწორში ცვლადი შეტბორვისას წყლის ზედაპირის I ქანობების გაზომვების საიმედო მონაცემები, მაშინ, შესაძლებელია ეგრეთწოდებულ

ხარჯის მახასიათებლის მრუდის მეთოდის გამოყენება. ის დაფუძნებულია ემპირიულად დადგენილ ფაქტზე ხარჯის მახასიათებლის $K = Q/\sqrt{I}$ ინვარიანტულობის შესახებ, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ წყლის მოცემული H დონის შესაბამისი ხარჯის K მახასიათებელი დაახლოებით მუდმივი რჩება წყლის ზედაპირის ქანობისა და ხარჯების ერთდროული შესაბამისი ცვლილების შემთხვევაში. პილომეტრიულ გასწორში გაზომილი ყოველი ხარჯის, მისი შესაბამისი წყლის დონის და წყლის ზედაპირის ქანობის მნიშვნელობების მიხედვით გაანგარიშდება ხარჯის კოეფიციენტები და აიგება ხარჯის კოეფიციენტის $K = f(H)$ მრუდი (ნახ. 16.6). ამ მრუდიდან წყლის ყოველდღიური H_i დონეების მიხედვით განისაზღვრება ხარჯის მახასიათებლების ყოველდღიური K_i მნიშვნელობები და ბოლოს წყლის ყოველდღიური ხარჯები

$$Q_i = K_i \sqrt{I_i} \quad (16.5)$$

სადაც I_i — წყლის ზედაპირის ქანობია საინგარიშო დღეს. ვიცით რა მდინარის ყოველდღიური Q_i ხარჯები, მათ საფუძველზე დავადგენთ წყლის ჩამონადენის მოცულობას დროის ნებისმიერ საინგარიშო შუალედში.

•XVII თაჰი

მდინარის მუხარი ჩამონადენის აღრიცხვა

შეწონილი და ფსკერული ნატანის მთავარ მახასიათებლებზე საუბარი გვექონდა IX-თაჷში. აქ განვიხილავთ ნატანის რაოდენობრივი აღრიცხვის პილომეტრიულ მეთოდებს.

წყალნაკადის სიზრქეზე შეწონილი ნატანის ჩაოდენობის ანუ სიმ-
ღვრივის შეფასება ხდება წყლის სინჯულის საფუძველზე

$$\rho = \rho_{\text{წყ}} \cdot 10^6 / V, \frac{\text{ბ}}{\text{კმ}^3} \quad (17.1)$$

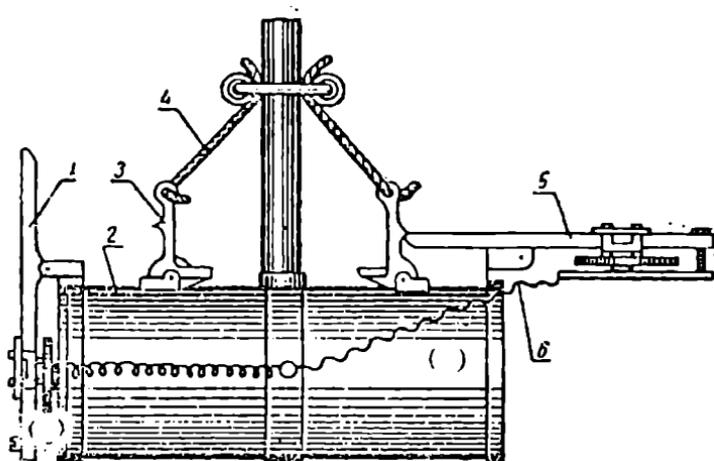
სადაც $\rho_{\text{წყ}}$ არის სინჯუში ნატანის ჩაოდენობა, გრამებში:

V — წყლის სინჯის მოცულობა, მილიმეტრებში.

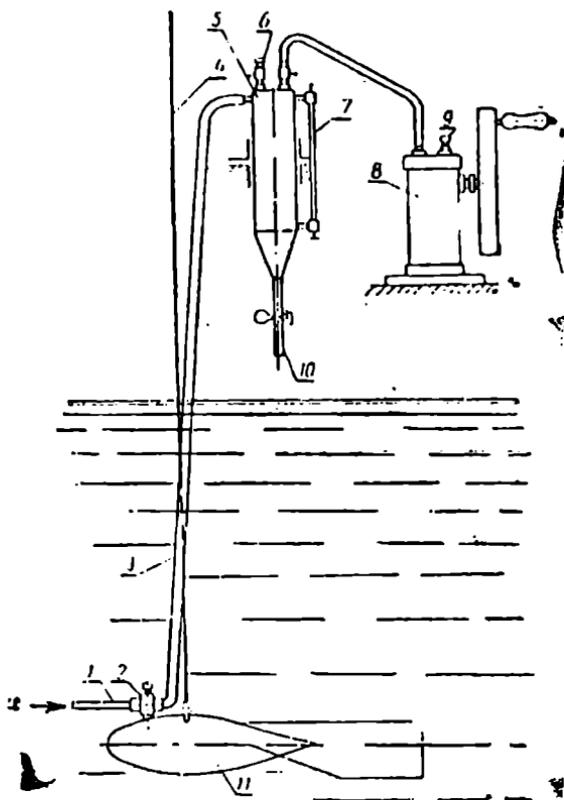
17. 1. 1. ხელსაწყოები მდინარის წყლის სინჯის ასაღებად

მდინარის წყლის სინჯებს იღებენ სპეციალური ხელსაწყო-
ებით — ბათომეტრებით. მოქმედების პრინციპის შესაბამისად განარჩე-
ვენ მყისიერი და ხანგრძლივი აესების ბათომეტრებს.

● მყისიერი აესების ბათომეტრებიდან ყველაზე ცნო-
ბილია ნ. ეუკოვსკის ბათომეტრი (ნახ. 17.1). ხელსაწყო შედგება ლითო-
ნის ღრუ ცილინდრისაგან, რომელზეც სახსრულია და მამგრებული ხუ-
ფები რეზინის ფენაოთ (მეტრი თვალსაჩინოებისათვის ნახაზზე ერთი ხუ-
ფი წარმოდგენილია დახურულ, მეორე კი ღია პოზიციაში); სახურავეები
იკეტება ზამბარების მეშვეობით; გამშვები მექანიზმი მოქმედებაში მოდის
ზონარით. სტანდარტული ბათომეტრების ტევადობაა 1, 2, 3 და 5 ლიტრი.
ბათომეტრი შეიძლება დამონტაჟდეს ჰიდრომეტრიულ ტრიალსთან ერ-



ნახ. 17.1. შ. ეუკოვსკის ბათომეტრი 1, 5—ხუფები; 2—ცილინდრი;
3—სახსრული მექანიზმი; 4—ზონარი; 6—ზამბარი.



ნახ. 17.3. ვაკუუმური ბათომეტრი. 1—წყალმიღების მილაკი; 2—ჰიდრომეტრიულ ტვირთზე (11) დასამაგრებელი; 3—რეზინის მილი; 4—გვარლი; 5—ვაკუუმური კამერა; 6—ქაერის შესაშვები ონკანი; 7—წყალსაზომი მილი; 8—ტუმბო; 9—ხერტე ქაერის გამოსასვლელი; 10—სინჯის ჩამოსასხმელი.

დევში მდგომარეობს: ტუმბოს მეშვეობით იქნება ვაკუუმი და წყალი წყალაშლემი მილაკითა და რეზინის შლანგით შეიწოვება კამერაში, რომლის ტევადობა შეიძლება იყოს 1,3 და 6 ლ. მილაკის ხერტში წყლის შედინების სიჩქარე დაახლოებით უნდა უდრიდეს აქვე წყალნაკადის დინების სიჩქარეს, რაც რეგულირდება ტუმბოთი და ვაკუუმმეტრით (ხელსაწყოს ახლავს ცხრილი, რომელშიც მითითებულია მილაკში წყლის შედინების სიჩქარეების შესატყვისი ვაკუუმის მნიშვნელობები). ვაკუუმური კამერის წყლის დონიდან მოთავსების სიმაღლე არ უნდა აღემატებოდეს 4 მ-ს. მას შემდეგ, რაც კამერა სათანადო სიმაღლეზე შეივსება წყლით, ხელსაწყოს გამორთავენ, მთლიანად გააღებენ ონკანს და ჩამოსხამენ

ერთად, რათა ერთდროულად მოხდეს დინების სიჩქარას გაზომვა და წყლის სინჯის აღება.

● ხანგრძლივი ავსების ბათომეტრს ათავსებენ წყალნაკადის საანგაოიშო წერტილში მანამ, სანამ ის არ შეივსება წყლით; ასე რომ, წყლის ბათომეტრისაგან განსხვავებით, იგი აღრიცხავს სინჯირების დროში გასაუფლებულ მნიშვნელობას. ამჟამად, ჰიდრომეტრიულ პრაქტიკაში ხმარობენ ბათომეტრ ბოთლს შტანგზე ან ტვირთში, ვაკუუმური ბათომეტრს, ჩვეულებრივ ბოთლებს [4, 19, 34, 55]. მათ შორის ყველაზე სრულყოფილია ვაკუუმური ბათომეტრები (ნახ. 17.2). ამ ხელსაწყოების მოქმედების პრინციპი შემ.

აღებულ სინჯს ლაბორატორიული გამოკვლევისათვის (გაფილტვრა, ნატანის მასის და წყლის მოცულობის განსაზღვრა).

ბათომეტრები უზრუნველყოფენ სიმღვრივის გაზომვის სითანადო სიზუსტეს. ამასთანავე აღსანიშნავია რიგი ნაკლოვანებებიც: მოუხერხებლობა ექსპლუატაციაში, არაპორტატულობა, დისტანციური მართვის შეუძლებლობა, სინჯების დაწეშაფების შრომატევადობა. ამჟამად არსებობს მეთოდები წყლის სიმღვრივის გასაზომად ახალი ფიზიკური პრინციპების გამოყენებით, რომლებიც ძირითადად გამოირცხვენ ბათომეტრებთან დაკავშირებულ სიძნელეებს. ერთ-ერთ პერსპექტიულ მიმართულებად მიიჩნევენ ფოტოჰეტრიულ მეთოდს, რომელიც დაფუძნებულია სიმღვრივის გავლენით სინათლის სხივის შესუსტების რეგისტრაციის პრინციპზე [4, გვ. 310].

17. 1. 2. უაფონილი ნატანის ხარჯის გამოთვლა

შეწონილი ნატანის $G_{\text{აფ}}$ ხარჯის გაზომვა, ჩვეულებრივ, წარმოებს წყლის Q ხარჯის გაზომვასთან ერთად (ქ 15.3). მდინარის დროლოგიური რეჟიმისა და შესწავლილობის დონის შესაბამისად ეწონილი ნატანის ხარჯის გაზომვების რიცხვმა შეიძლება წელიწადში შეადგინოს 10...60.

ნატანის ხარჯის გამოთვლა ბათომეტრებით გაზომილი სიმღვრივების საფუძველზე სრულდება. ნატანის ხარჯების შეფასების შედარებით უფრო მაღალ სიზუსტეს იძლევა ჰიდრომეტრიულ კვეთში სიმღვრიეების გაზომვის წერტილოვანი მეთოდი, რომელიც გულისხმობს წყლის სინჯების აღებას ჰიდრომეტრიული გასწორის სინქარით ვერტიკალის გარკვეულ წერტილებში. მდინარის თვისებრივი მდგომარეობის, საშუალო სიმღვრივის ($\rho_{\text{სა}}$) და გაზომვების შედეგის დასახული სიზუსტის შესაბამისად მიმართავენ ვერტიკალზე სინჯის აღების ხუთ, ორ და ერთწერტილოვან ხერხებს (ცხრ. 17.1); ხუთწერტილოვან ხერხს დეტალურსაც უწოდებენ.

ცხრილი 17.1

ხიჩართ ვერტიკალებზე წყლის ხინჯის აღებას წერტილებს მდებარეობა

ხუთწერტილოვანი (დეტალური) $\rho_{\text{სა}} > 100$ გ/მ ³	ორწერტილოვანი; დიდი და საშუალო მდინარეები; $\rho_{\text{სა}} = 50...100$ გ/მ ³		ერთწერტილოვანი; პატარა მდინარეები; $\rho_{\text{სა}} = 50...100$ გ/მ ³
	მდინარე თავისუფალი ყინულისა და მცენარეულობისაგან	მდინარე ყინულის საფარით ინ მცენარეულობით	
ზედაპირთან; 0,2· h ; 0,6· h ; 0,8· h ; ფხვართან	0,2· h ; 0,8· h .	0,15· h ; 0,85· h .	0,6 h

როგორც ვთქვით, წყლის სინჯებს სიჩქარით ვერტიკალზე იღებენ წყალნაკადის ძღვილობრივი სიჩქარეების გაზომვებთან ერთდროულად. თუ p და u სიჩქარითი ვერტიკალის ერთი და იგივე წერტილის შესაბამისი სიმღვრივე და სიჩქარეა, მაშინ მათი ნამრავლი $p \cdot u$ წარმოადგენს შეწონილი ნატანის ხარჯს სიჩქარითი ვერტიკალის წერტილებში ანუ შეწონილი ნატანის ერთეულოვან ხარჯს $g/(მ^3 \cdot წმ)$. შეწონილი ნატანის ხარჯის განსაზღვრის ამეამად ირსებული, როგორც გრაფიკული, ისევე ანალიზური მეთოდები დაკავშირებულია ნატანის ერთეულოვან ხარჯთან.

გრაფიკული მეთოდი გამოიყენება ვერტიკალზე სიმღვრივეების დეტალური (ხუთწერტილოვანი) გაზომვების შემთხვევაში და სრულდება წყლის ხარჯების გრაფიკულ მეთოდით გამოთვლის თანამიმდევრობით (§ 15.3.2).

ანალიზური მეთოდი გულისხმობს ყოველ ვერტიკალზე შეწონილი ნატანის ერთეულოვანი ხარჯების საშუალო მნიშვნელობების გამოთვლას. ვერტიკალზე ნატანის საშუალო ერთეულოვანი ხარჯები $(p \cdot u)_{\text{ავრ}}$ იმისდა შესაბამისად, თუ ვერტიკალის რამდენ წერტილშია შესრულებული გაზომვები (ცხრ. 17.1), გამოითვლება ვერტიკალზე საშუალო სიჩქარეების (15.7) ფორმულების ანალოგიურად

$$\left. \begin{aligned} (u \cdot p)_{\text{ავრ}} &= 0,1 [(p \cdot u)_{0,2} + 3(p \cdot u)_{0,2} + 3(p \cdot u)_{0,6} + \\ &\quad 2(p \cdot u)_{0,8} + (p \cdot u)_{0,8}], \\ (u \cdot p)_{\text{ავრ}} &= 0,5 [(p \cdot u)_{0,2} + (p \cdot u)_{0,8}], \\ (u \cdot p)_{\text{ავრ}} &= (u \cdot p)_{0,6} \end{aligned} \right\} (17.2)$$

მას შემდეგ, რაც პილრომეტრიული კვეთის ყველა სიჩქარითი ვერტიკალისათვის გამოთვლილია ნატანის საშუალო ერთეულოვანი (17.2) ხარჯები, შეწონილი ნატანის სრულ ხარჯს განსაზღვრავენ სტრუქტურული თვალსაზრისით (15.11) გამოსახულების ანალოგიური ფორმულით

$$G_{\text{ნატ}} = 0,001 [k(u \cdot p)_1 \cdot \omega_1 + \frac{(u \cdot p)_1 + (u \cdot p)_2}{2} \omega_2 + \dots + \frac{(u \cdot p)_{n-1} + (u \cdot p)_n}{2} \omega_n + k \cdot (u \cdot p)_n \cdot \omega_{n-1}], \text{ კგ/წმ}, \quad (17.3)$$

სადაც $(u \cdot p)_i$ არის შეწონილი ნატანის საშუალო ერთეულოვანი ხარჯი i სიჩქარით ვერტიკალზე;

0,001 — კოეფიციენტი იმ შემთხვევისათვის, როდესაც ფორმულაში მიღებულია სიდიდეთა შემდეგი განზომილებები:

$$p \left(\frac{\text{გ}}{\text{სმ}^2} \right), \quad u \left(\frac{\text{მ}}{\text{წმ}} \right), \quad \omega (\text{მ}^2);$$

k და ω_i სიდიდეებს აქვთ იგივე მნიშვნელობა, როგორც 15.11 ფორმულაში.

ცნობილია რა მდინარის საანგარიშო გასწორში შეწონილი ნატანისა ($G_{ან}$) და წყლის (Q) ხარჯები საშუალო სიმღვრივე კვეთში შეადგენს

$$p_{აა} = 1000 \cdot G_{ან} / Q, \frac{\text{მ}}{\text{ცმ}}. \quad (17.4)$$

17. 1. 3. შეწონილი ნატანის ჩამონადენის განსაზღვრა

როგორც ვთქვით, წლის განმავლობაში 10...60-ჯერ სრულდება შეწონილი ნატანისა და წყლის ხარჯების უშუალო ერთდროული გაზომვა; ამ ხარჯების მნიშვნელობათა შესაბამისად (17.4) ფარდობით გათანგარიშება მდინარის საშუალო $p_{აა}$ სიმღვრივე (ხარჯების გაზომვის დღეებში). რა თქმა უნდა, ეს ინფორმაცია მდინარის სიმღვრივის შესახებ არაა საკმარისი, ამიტომ ჰიდრომეტრიულ გასწორებში ყოველდღიურად, წყლის დონეზე დაკვირვების ვადებში, წარმოებს წყლის ერთეულოვანი სინჯების აღება მკაცრად დაჟიქსირებულ (მუდმივ) ვერტიკალზე მდინარის ღერძულ ნაწილში. ასე რომ, შეწონილი ნატანის რაოდენობრივი შეფასებისათვის არსებობს ყოველდღიური ერთეულოვანი სიმღვრივის ($p_{ელ}$) მონაცემებიც. იმ მიზნით, რომ საშუალება გვქონდეს ასევე ყოველდღიურად შევადგინოთ მდინარის საშუალო სიმღვრივეც ($p_{აა}$), ხარჯების გაზომვის დღეების შესაბამისი $p_{აა}$ და $p_{ელ}$ სიმღვრივეების მნიშვნელობათა საფუძველზე აგებენ $p_{აა} = f(p_{ელ})$ კავშირს; შეტწილად ემპირიული წერტილები ლაგდება ისეთნაირად, რომ მათზე შეიძლება კოორდინატთა სათავეში გამავალი წრფის გავლება

$$p_{აა} = K \cdot p_{ელ}. \quad (17.5)$$

რომლის პროპორციულობის K კოეფიციენტის განსაზღვრა ძნელი არ არის.

შეწონილი ნატანის ჩამონადენის გამოთვლის ძირითადი და ყველაზე გავრცელებული მეთოდი დაფუძნებულია სწორედ ყოველდღიური $p_{ელ}$ სიმღვრივეების მონაცემებისა და (17.5) დამოკიდებულების გამოყენებაზე. იმისათვის, რომ განესაზღვროთ შეწონილი ნატანის ჩამონადენი ($E_{ან}$) დროის გარკვეულ პერიოდში, საჭიროა ვიცოდეთ ნატანის ყოველდღიური საშუალო დღეღამური ხარჯები, რომლებიც (17.4) და (17.5) გამოსახულებების შესაბამისად ასე ჩაიწერება

$$G_{ან, i} = p_{აა, i} \cdot Q_i = K \cdot p_{ელ, i} \cdot Q_i, \quad (17.6)$$

სადაც Q_i ; არის წყლის საშუალო დღეღამური ხარჯები და გამოითვლება ცნობილი მეთოდებით (თავი XV).

შეწონილი ნატანის ჩამონადენი გარკვეული დროის განმავლობაში,

რომელიც შეიცავს n დღეობებს გამოისახება (16.2)-ის ანალოგიურად

$$E_{235} = \sum_1^n 86400 \cdot G_{235, t} = 86400 \cdot n \cdot K \cdot \frac{\sum_1^n Q_i \cdot P_{rel. i}}{n} \cdot 0,001, \text{ კგ.} \quad (17.7)$$

ჰიდროლოგიურ პრაქტიკაში მეტწილად ანგარიშობენ შეწონილი ნატანის დეკადურ ($n=10$) ჩამონადენს და მათი შეკრებით გამოითვლიან წლიურს.

§17.2 ფსკერული ნატანის აღრიცხვა

ფსკერული ნატანის რაოდენობის შეფასება წარმოებს სინჯების დამუშავების შედეგად გამოთვლილი ელემენტარული ხაჯების მიხედვით

$$g = 100 \cdot p_{235} / l \cdot l, \text{ გ/(მ. წმ)}. \quad (17.8)$$

სადაც p_{235} არის სინჯში ნატანის რაოდენობა, გ;

l — სინჯის აღების ხანგრძლივობა, წმ;

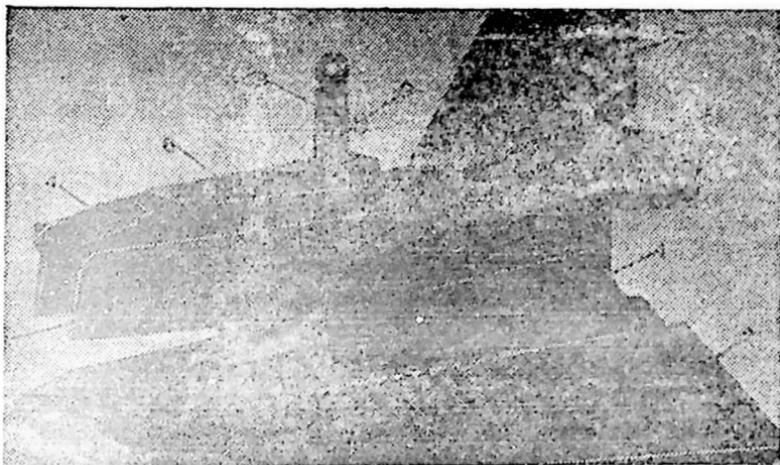
l — სინჯის ისაღები ხელსაწყოს შესასვლელი ხვრელის სიგანე, სმ.

17. 2. 1. ხელსაწყოები ფსკერული ნატანის სინჯის ასაღებად

ფსკერული ნატანის ჩამონადენის შესასწავლად იყენებენ სპეციალურ ხელსაწყო-ნატანდამკერებს, რომელთაც ფსკერულ ბათომეტრებს უწოდებენ. მათი მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში: ხელსაწყო თავსდება მდინარის ფსკერზე და გარკვეული დროის განმავლობაში მასში შედის (დაკავდება) ხელსაწყოს ხვრეტის l სიგანეზე გადაადგილებული ფსკერული ნატანი; ხელსაწყოს ამოღების შემდეგ ზომავენ სინჯის მოცულობასა და მასას, აგრეთვე ატარებენ მათ ანალიზს. ფსკერული ბათომეტრებით ნატანის დაქერის სიმარტივე მოჩვენებითაა რადგან გვხვდება ისეთი სიძნელეები, როგორცაა მდინარის ფსკერის უსწორმასწორობა, ნატანის მოძრაობის ფრონტის უთანაბრობა, მღვრიე წყალში ან დიდ სიღრმეებზე ხელსაწყოს მოთავსებისა თუ მუშაობის კონტროლის გართულება და სხვ.

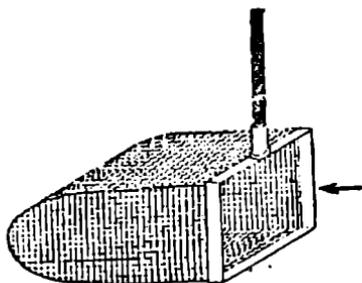
განარჩევენ ფსკერული ბათომეტრების ორ ძირითად ჯგუფს: ბათომეტრები წვრილმარცვლოვანი (ქვიშოვანი) და ბათომეტრები მსხვილმარცვლოვანი (ბრეშოვანი, კენჭოვანი) ნატანისათვის.

● პირველი ჯგუფის ხელსაწყობიდან ამჟამად ძირითადად გამოი-



ნახ. 17.3. ფსკერული ბათომეტრი „დონი“. 1—ბრტყელი ღარი, 2—ჩარჩო ელუზებიანი ტიხრებით; 3— გარსაცმი ყუთი; 4—კარი; 5—მილძაბრა; 6—თუჯის ტვირთი; 7—საქე; 8—საკიდელი; 9—შტიფტი.

ყენება ფსკერული ბათომეტრი „დონი“ (ნახ. 17.3), რომელშიც განზოგადებულია აღრიხდელი ბათომეტრების მარჯვე კონსტრუქციული გადაწყვეტები. ბათომეტრი „დონი“ შედგება ორი მთავარი ნაწილისაგან: საქერი და გარსაცმი. საქერი წარმოადგენს ბათომეტრის სახსნელ ფსკერს და შედგება ბრტყელი 70 სმ სიგრძის ღარისაგან, რომელშიც იდგმება ჩარჩო ელუზებიანი ტიხრებით. გარსაცმი ყუთი შესრულებულია წაყვეთილი სოლის ფორმით. მის წინა და უკანა ნაწილში გათვალისწინებულია შესასვლელი და გამოსასვლელი ხვრეტები, რომლებიც იხურება შესაბამისი კარებებით ბათომეტრის ამოღების მომენტში. ორევე კარი მოქმედებაში მოდის სპეციალური გვარლისა და ზამბარის მეშვეობით. გამოსასვლელი ხვრეტი, საიდანაც წყალი გამოედინება ბათომეტრიდან, ვადაღის მილძაბრას ფორმაში. გარსაცმის სახურავზე დაშვარებულია თუჯის ტვირთი და საქე; უკანასკნელი უზრუნველყოფს ბათომეტრის ორიენტაციას წყლის დინების მიმართულებით. ბათომეტრის შესასვლელი და გამოსასვლელი ხვრეტების ფართობი ერთი და იგივეა. ხელსაწყოში წყლის შედინების სიჩქარე დაახლოებით წყალნაკადის დინების სიჩქარის ტოლია, ბათომეტრის შიგნით კი სიჩქარე კლებულობს ხელსაწვოს განივკვეთის ზრდასთან ერთად, რაც ხელს უწყობს ნატანის საქერში დაღეჟვას.



ნახ. 17.4. ბათომეტრ-ბაღე.

ბათომეტრ „ლონის“ მასა შეადგენს დაახლოებით 3) კგ-ს. მას იყენებენ მდინარეებში 1,5 მ/წმ-მდე სიჩქარეებით და 20მ-მდე სიღრმეებით.

მეორე ჯგუფის ბათომეტრებიდან ანეაქად იხმარება სახელმწიფო ჰიდროლოგიური ინსტიტუტის ტიპის ფსკერული ბათომეტრ-ბაღე (ნახ. 17.4). ლითონის მავთულის ბადის უჯრედების ზომა შეიარჩევა ფსკერული ნატანის ყველაზე უმცირესი ნაწილაკების

დიამეტრის შესაბამისად. მდინარის ფსკერზე ხელსაწყოს უშვებენ შტანგის მეშვეობით. შესასვლელი ხვრეტის სიგანე შეადგენს 0,2...0 4 მ-ს. ბათომეტრ-ბადის შთაფარი ნაკლოვანება იმაშია, რომ ის არასრულად ზომავს ფსკერული ნატანის რაოდენობას: უჯრედების ზომაზე ნაკლები დიამეტრის ნაწილაკები ხელსაწყოში არ დაკავდება.

ფსკერული ბათომეტრების არასრულყოფის მიზეზით, ამჟამად, ფსკერული ნატანის ჩამონადენის აღრიცხვა დაბალი სიზუსტით წარმოებს; აღნიშნული მით უფრო ყურადღებას ღირს ზოგან-კენკოვანი (მთის) მდინარეების შემთხვევაში. ზოგიერთი მონაცემებით ფსკერული ნატანის ხარჯის განსაზღვრის ცდომილებამ შეიძლება შეადგინოს $\pm (100...200)\%$, ზოგჯერ — 400% იც კი.

17. 2. 2. შესარული ნატანის ხარჯის გამოთვლა

ფსკერული ნატანის ხარჯის ჰიდრომეტრიულ გაზომვათა რაოდენობა განისაზღვრება მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმის ვათვალისწინებით (არა ნაკლებ ათისა წლის განმავლობაში). ფსკერული ნატანის ხარჯების გამოთვლა წარმოებს წყლის ხარჯებისა და შეწონილი ნატანის გაზომვებთან ერთდროულად. სინჯები აიღება ჰიდრომეტრიული კვეთის ყველა სიჩქარით ვერტიკალზე; რეკომენდებულია ვერტიკალზე 3...5 სინჯის აღება ნატანის რაოდენობის ცვალებადობის გასაშუალების მიზნით.

ფსკერული ნატანის ხარჯი, ჩვეულებრივ, გამოითვლება ანალიზური მეთოდით. ჰიდრომეტრიული კვეთის სიჩქარით ვერტიკალზე ფსკერული ნატანის ელემენტარული g ხარჯები განისაზღვრება (17.8) ფორმულით. ვიცით რა ელემენტარული ხარჯები, ფსკერული ნატანის სრული ხარჯი შეადგენს

$$G_{\text{ფსკ}} = 0,001 [0,5 \cdot g_1 \cdot b_1 + 0,5 (g_1 + g_2) \cdot b_2 + \dots + 0,5 (g_{n-1} + g_n) \cdot b_n + 0,5 \cdot g_n \cdot b_{n+1}], \frac{\text{კგ}}{\text{წმ}}, \quad (17.9)$$

- სადაც g_i არის ფსკერული ნატანის ელემენტარული ხარჯი i სიჩქარით ვერტიკალზე, გ/(მ. წმ);
- b_1, b_{n+1} — მანძილი ნაპირთან შდებარე სიჩქარით ვერტიკალსა და წყლის კიდეს ან ნატანის ფრონტის კიდეს შორის, მ;
- b_2, \dots, b_n — მანძილები შეზობელ სიჩქარით ვერტიკალებს შორის, მ.

17. 2. 8. ფსკერული ნატანის ჩამონადენის განსაზღვრა

როგორც აღვნიშნეთ, ჰიდრომეტრიულ კეეტში ფსკერული ნატანის ხარჯებისა ($G_{ფსკ.}$) და წყლის ხარჯებს (Q) ზომავენ ერთდროულად. ამ მონაცემების მიხედვით აგებენ $G_{ფსკ.} = f(Q)$ დამოკიდებულების გრაფიკს: იმ შეუთხვევაში, როდესაც წერტილების განლაგება საკმაოდ მკიდროა, შესაძლებელი ხდება თვალით მდოვრე ხაზის გავლება, რომელიც, ჩვეულებრივ, ამოზნექილია ორდინატთა Q ლერძისაკენ; როდესაც წერტილები Q , $G_{ფსკ.}$ ლაგდება დიდი გაბნევით, მიშართავენ სხვადასხვა დამხმარე ხერხებს [4, გვ. 334].

ვიციოთ რა წლის განმეკობაში წყლის ყოველდღიური საშუალო დღელამური ხარჯები Q_i , $G_{ფსკ.} = f(Q_i)$ მრუდის მიხედვით გამოითვლება ფსკერული ნატანის ყოველდღიური საშუალო დღელამური ხარჯები ($G_{ფსკ.}$), რომელთა საფუძველზეც, საბოლოოდ, განისაზღვრება ფსკერული ნატანის ჩამონადენი დროის გარკვეულ პერიოდში, მაგალითად, წელიწადში (16.2)-ის ანალოგიურად.

ჰიდროტექნიკური ნაგებობებში

·XVIII ტ ა 30

საერთო ცნობები ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებზე

წინაშედებარე სახელმძღვანელოს შესავალ განყოფილებაში (§ 1.3) მოცემულია ჰიდროტექნიკის მეცნიერებისა და ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა განმარტება. რაც შეეხება ჰიდროტექნიკისა და ჰიდრონაგებობათა ძირითად ამოცანებს, ისინი შეიძლება ჩამოვყალიბოთ შემდეგი სახით: პირველი ამოცანა მდგომარეობს წყლის ობიექტების (ზღვები, ტბები, მდინარეები, მიწისქვეშა წყლები) არსებული ბუნებრივი რეჟიმის შეცვლა-გარდაქმნაში მიზანშეწონილი წყალსამეურნეო ღონისძიებების განხორციელების მიზნით; მეორე ამოცანა გულისხმობს ხელოვნური წყალნაქადებისა და წყალსატევების შექმნას იქ, სადაც წყლის ბუნებრივი რესურსები არასაკმარისია ან სრულებით არ არსებობს; მესამე ამოცანა სპეციალური ხასიათისა და ეხება რიგე წყალსამეურნეო დარგისათვის სპეციალური დანადგარებისა თუ ნაგებობების განხორციელებას (გემსავალი რაბები, ჰიდროელექტროსადგურის შენობები, თევზსავალები, სატუმბო სადგურები და ა. შ).

§ 18. 1. ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა სახეობანი

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა დანიშნულებისა და მშენებლობის პირობების მრავალფეროვნება განაპირობებს მათი ტიპებისა და კონსტრუქციების დიდ სიმრავლესა და მრავალსახეობას. ამიტომ ჰიდრონაგებობათა კლასიფიკაცია შესაძლებელია მხოლოდ შედარების ცალკეულ მახასიათებლის მიხედვით [10, 11, 12, 13, 14, 25, 39, 46].

● წყლის ბუნებრივი ობიექტის სახის შესაბამისად, რომელზედაც ის შენდება, ჰიდრონაგებობა შეიძლება იყოს სამდინარო, სატბო და საზღვაო (სახელმძღვანელოში განიხილება მხოლოდ სამდინარო ჰიდროტექნიკური ნაგებობები).

● წყალსამეურნეო დანიშნულების მიხედვით ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებს ჰყოფენ ორ ძირითად ჯგუფად: საერთო დანიშნულებისა და სპეციალურ ნაგებობებად [25].

საერთო დანიშნულების ჯგუფს წარმოადგენს ნაგებობები. რომლებიც შედის წყლის მეურნეობის სხვადასხვა დარგის ჰიდროკვანძების შემადგენლობაში. განარჩევენ საერთო დანიშნულების ჰიდრონაგებობების შემდეგ სახეებს: წყალშემტბორი, რომლებიც გადალობავენ რა მდინარის ნაკადს ქმნიან წყლის ღონეთა სხვაობას (კაშხლები, ჯებირები); წყალსატარი — მათი დანიშნულებაა მიაწოდონ წყალს ერთ პუნქტიდან მეორეში (არხები, ჰიდროტექნიკური გვირაბები, ლაზეო, მილსადენები); წყალმიღები — მათი მეშვეობით ხორციელდება მდინარიდან ან წყალსატევიდან წყლის მიღება და წყალსატარში მიწოდება; წყალსაგდები, რომელთა საშუალებითაც ხდება წყალსაცავებიდან, სადაწნეო აუზებიდან, არხებიდან ქვედა ბიეფში ზემოქვეთ წყლის გადაგდება და აგრეთვე წყლის სასარგებლო გაშვებები (წყალსაგდები ნაგებობები და ხერტები, სიღრმული წყალჩისაშვებები); სარეგულაციო და ნაპირსამაგრი — მათი მეშვეობით სრულდება მდინარის ნაკადისა და კალაპორტის ურთიერთქმედების გარკვეული მიზნით რეგულირება, მდინარეებისა და წყალსატევების ნაპირების დაცვა-გამაგრება (წყალმიმმართველი ჯებირები, ღეხები, ნაპირსამაგრი კონსტრუქციები).

სპეციალური დანიშნულების ჯგუფის ჰიდრონაგებობებს დარგობრივსაც უწოდებენ, რადგან ისინი ძირითადად ემსახურებიან წყლის მეურნეობის მხოლოდ ერთ რომელიმე დარგს. მაგალითად, ჰიდროენერგეტიკული დანიშნულების სპეციალური ჰიდროტექნიკური ნაგებობებია ჰიდროელექტროსადგურების შენობები, საწნეო აუზები, გათანაბრებელი კოშკები; წყალმოპარაგებისა და კანალიზაციის დარგის — კაბატაები, სატუმბო სადგურები, წყალსაწნევი კოშკები, გამწმენდი მოწყობილობები, წარმოების ნარჩენებისა და მრეწველობის ჩანადენების დამაგროვებლები; წყლის ტრანსპორტის — რაბები, გემთამწეები, გემთმისადგომები და ა. შ.

● ჰიდროკვანძში სამსახურის ხანგრძლივობის მიხედვით ჰიდროტექნიკური ნაგებობა შეიძლება იყოს მუდმივი ან დროებითი. მუდმივს მიეკუთვნება ნაგებობები, რომლებიც მოქმედებენ ჰიდროკვანძის ექსპლუატაციის მთელ პერიოდში, დროებითს კი ისინი, რომლებიც გამოიყენება მხოლოდ მუდმივი ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მშენებლობის ან რეშონტის პერიოდში (მაგალითად, სამშენებლო ზღუდარები, დროებითი წყალსაგდებები).

● მუდმივი ჰიდროტექნიკური ნაგებობები, ჰიდროკვანძში მათი დანიშნულების შესაბამისად, აყოფა ძირითად და მეორეხარისხოვან ნაგებობებად [39, გვ. 19, დან. 1]. ძირითად ნაგებობათა ჯგუფს შეაქვთ მუდმივი ჰიდროტექნიკური ნაგებობებს, რომელთა დანგრევას ან დაზიანებას შეიძლება მოჰყვეს ელექტროსადგურის ნორმალური მუშაობის

დარღვევა, წყალმომარაგებისა და მორწყვისათვის წყლის მიწოდების შეწყვეტა ან შემცირება, დასაშრობი ტერიტორიების შეტბოვა, დასაცავი ფართობების დატბორვა, ნაოსნობის შეწყვეტა ან შემცირება, გარემოს გაქუქუიანება და სხვ; ასეთი ნაგებობებია: კაშხლები, სადაწნეო ფრონტის შემადგენლობაში შემავალი ბურჯები და საყრდენი კედლები, შემოზენივის ჯებირები, ნაპირსამაგრი, სარეგულაციო და გადასაღობი ნაგებობები, წყალსაგდებები, წყალმიღებები და წყალმიღები ნაგებობები, სხვადასხვა წყალსამურნეო დანიშნულების არხები და ნაგებობები მათზე. გვირაბები, მილსადენები. მეორეხარისხოვნად მიჩნეულია ის ჰიდროტექნიკური ნაგებობები, რომელთა დანგრევას ან დაზიანებას არ მოსდევს მითითებული შედეგები: ყინულდამცავი კონსტრუქციები, გამყოფი კედლები, ბურჯები, თევზის დამცავი ნაგებობები და სხვ.

● იმის მიხედვით, თუ რა შედეგები შეიძლება მოჰყვეს ნაგებობების დანგრევას ან მათი ექსპლუატაციის დარღვევას, ყველა ჰიდროტექნიკურ ნაგებობას შიაკუთენებენ I, II, III ან IV კლასს [39, გვ. 19, დან. 2]. მუდმივი ძირითადი ჰიდროტექნიკური ნაგებობების კლასი განისაზღვრება მათი სიმაღლის, ფუძის გრუნტის ტიპის, დასაცავი ტერიტორიის ხასიათის და სოციალურ-ეკონომიკური პასუხისმგებლობის შესაბამისად; საანგარიშოდ მიიღება ამ პირობებით განსაზღვრული კლასების უდიდესი მნიშვნელობა. მუდმივი მეორეხარისხოვანი ნაგებობის კლასი შეადგენს მოცემული ჰიდროკვანძის ძირითად ნაგებობათა კლასს შემცირებულს ერთით (მაგრამ ათა უმაღლეს III კლასისა). დროებითი ნაგებობები, როგორც წესი, მიეკუთვნება IV კლასს, განსაკუთრებულ პირობებში კი — მესამეს.

წყალმომარაგების ჰიდროკვანძის ნაგებობების კლასი განისაზღვრება წყალმომარაგების ცენტრალიზებულ სისტემებში წყლის მიწოდების უზრუნველყოფის საიმედოობის კატეგორიის შესაბამისად [40, გვ. 10, 16].

ჰიდრონაგებობების კლასებად დაყოფას დიდი მნიშვნელობა აქვს იმისათვის, რომ სწორად იქნეს დადგენილი საძიებო სამუშაოების მოცულობა, ნაგებობათა საიმედოობის საზომი, წყლის ხარჯებისა და დონეების საანგარიშო უზრუნველყოფა და სხვ.

§ 18. 2. ჰიდროტექნიკური ნაგებობათა კლასიზაცია

ჰიდროტექნიკური ნაგებობები, რომლებიც გარკვეული შეთანწყობით გაერთიანებული არიან ერთობლივი მუშაობის პირობებისა და ტერიტორიული განლაგების საფუძველზე, წარმოადგენენ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა კვანძებს (ჰიდროკვანძებს). ძირითადი დანიშნულების შესაბამისად ჰიდროკვანძი შეიძლება იყოს: ჰიდროენერგე-

ტიკული (თუ ჰიდროკვანძის მთავარი დანიშნულებაა ჰიდროენერჯის მიღება), სატრანსპორტო (როდესაც ჰიდროკვანძი ძირითადად ემსახურება წყლის ტრანსპორტს), წყალმიმღები (თუ მთავარ მიზანს შეადგენს მდინარიდან წყლის მიღება და წყალსატარ ნაგებობაში მიწოდება ენერგეტიკის, წყალმომარაგების, ირიგაციისა თუ სხვა წყალსამეურნეო მიზნებისათვის), ჩამონადენის მარეგულირებელი. ანუ საწყალსაცავო (როდესაც ჰიდროკვანძს ძირითადად ეეისრება ქვემო ბიეფში მდინარის წყალდიდობისა და წყალმოვარდის ხარჯების გადანაწილება). თანამედროვე ჰიდროკვანძები ძირითად დანიშნულებასთან ერთად ითვალისწინებენ სხვა წყალსამეურნეო ამოცანებს და ატარებენ კომპლექსურ ხასიათს (§ 1.2).

ჰიდროკვანძების დიდი უმრავლესობის ნოქმედების ხასიათი გულისხმობს მათ შემადგენლობაში წყალშემტბორი ნაგებობის—კაშხლის არსებობას, ანუ მდინარეზე დაწნევის შექმნას. ჰიდროკვანძის მიერ შექმნილი დაწნევის მიხედვით განასხვავებენ დაბალწნევიან (დაწნევით 10 მ-მდე), საშუალო დაწნევიან (10...40 მ) და მაღალდაწნევიან (40 მ-ზე მეტი) ჰიდროკვანძებს [14, 25]. უკანასკნელ ხანს განხორციელდა უნიკალური სიმაღლის კაშხლები. ამასთან დაკავშირებით მაღალდაწნევიანი ჰიდროკვანძებიდან შეიძლება გამოიყოს ზემოაღალი ჰიდროკვანძები, რომელთა დაწნევა აღემატება 150...200 ზეტრს.

წყალმომარაგების დანიშნულებისათვის მეტწილად აშენებენ დაბალ და საშუალო დაწნევის ჰიდროკვანძებს, თუმცა არსებობს მაღალდაწნევიანის მაგალითებიც [14, გვ. 284].

საკიროა აღინიშნოს, რომ ჰიდროკვანძების დაწნევის მიხედვით აღნიშნულ კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს კაშხლების დაყოფა სიმაღლის მიხედვით, რაც შეიძლება არ იყოს სავსებით მისაღები იმ ჰიდროკვანძებისათვის, რომელთა დაწნევის სიმაღლის შექმნაში მონაწილეობს დერეფიაცია (მაგალითად, ჰიდროენერგეტიკული კვანძები).

§ 18. ზ. ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა თავისებურებანი და მუშაობის პირობანი

ჰიდროტექნიკური ნაგებობები და ჰიდროკვანძები ძირეულად განსხვავდებიან სხვა საინჟინრო ნაგებობებისაგან და ეს განსხვავება შეიძლება დაჯგუფდეს შემდეგი სახით: წყლის მუდმივი ზემოქმედება ჰიდრონაგებობებზე. საამშენებლო პირობები. ჰიდრონაგებობების გაელენა მოზიჯანე რაიონის ბუნებაზე, ჰიდრონაგებობათა პასუხისმგებლობა.

● ჰიდროტექნიკური ნაგებობები არსებობს მდგარ ან მოძრავ წყალთან მუდმივ კონტაქტში და ჭანიცდის მის მექანიკურ, ფიზიკურ-ქი-

მიურ და ბიოლოგიურ ზემოქმედებას. წყლის მექანიკური მოქმედება ჰიდრონაგებობებზე განპირობებულია ჰიდროსტატიკური და ჰიდროდინამიკური ძალების არსებობით; ასეთებია: ჰიდროსტატიკური წნევის ძალები, ჰიდროდინამიკური დატვირთვები ნაგებობათა დიდი სიჩქარით გარს შემოდენისას, ფლტრაციული წნევები, ტალღური მოვლენები, ჰიდრაულიკური დარტყვა, წყლის სეისმური წნევა, ინერციული ძალები. წყლის ფიზიკურ-ქიმიურ ზემოქმედებას ძირითადად განიცდის ჰიდრონაგებობის მასალა და ფუძის წყალშეღწევადი გრუნტები: ნაგებობის მასალის ცვეთა და კაეიტაცია, ლითონის ნაწილების კოროზია, ფლტრაციული წყლებით ბეტონის თანდათანობითი დაშლა, ფუძის გრუნტის ფლტრაციული (მექანიკური და ქიმიური) სუფობია და სხვ. წყლის ბიოლოგიური მოქმედება დაკავშირებულია წყალში სხვადასხვა მიკროორგანიზმების არსებობასთან: ხის კონსტრუქციების ლპობა, ქვის ნაკეთობათა დაშლა, მასალის ბაქტერიოლოგიური კოროზია.

● ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა დაგეგმარება და მშენებლობა წარმოუდგენელია მშენებლობის ადგილის ტოპოგრაფიული, საინჟინრო-გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობების საფუძვლიანი გათვალისწინების გარეშე; სწორედ სამშენებლო პირობები განსაზღვრავს ხშირად ჰიდრონაგებობათა ტიპს, ზომებს, ფორმებს, ჰიდროკვანძის შეთანწყობას და ღირებულებას. აქედან გამომდინარე, თითქმის ყოველი ჰიდროტექნიკური ნაგებობა ინდივიდუალურია, რადგან სამშენებლო პირობები ბუნებაში ფაქტობრივად არ მეორდება. ჰიდრონაგებობების გეგმარებისას ადგილი არა აქვს შაბლონს და ყოველ კონკრეტულ ადგილობრივ პირობებში ჰიდროტექნიკური ამოცანა წყდება თავისებურად. ამასთანავე საჭიროა იმ სამშენებლო სირთულეების მოხსენიება, რომლებიც დამახასიათებელია მხოლოდ ჰიდროტექნიკური მშენებლობისათვის; მდინარის წყალდიდობის ხარჯებისა და ყინულის გატარება მშენებლობის პერიოდში, მდინარეზე არსებული ნაოსნობისა თუ დატურების შეუფერხებლობის უზრუნველყოფა, სამშენებლო სამუშაოთა ძალიან დიდი მოცულობები, სამუშაოთა მექანიზაციის დიდი წილი, მშენებლობის ხანგრძლივობა.

● არც ერთი საინჟინრო ნაგებობა ისე არ გარდაქმნის გარემოს, როგორც ჰიდროტექნიკური: უწყლო სტეპები და უდაბნოები იქცევა აყვავებულ მხარედ, კიაობების ადგილას წარმოიქმნება საფარგული მიწები, წყალუბვი მდინარეების ჩაშონადენის გარკვეული ნაწილი მიხანშეწონილად გადაიგდება წყალმცირე მდინარეებში. განსაკუთრებით ყურადსაღებია დიდი წყალსაცავიანი ჰიდროკვანძების ბუნებაზე გავლენის ეფექტი: შეტბორვა ზემო ბიეფში ვრცელდება ასეულ

კილომეტრზე. იტბორება ათეული და ასეული ათასი ჰექტარი მიწა, იცვლება ბუნებრივი ჰიდროგეოლოგიური პირობები, ზოგ შემთხვევაში კი მშენებლობის რაიონის კლიმატიც. აღნიშნულის საფუძველზე ცხადი ხდება, რომ ყოველი ჰიდროკვანძის განხორციელებისას საინჟინრო-ეკონომიკურ დასაბუთებასთან ერთად აუცილებელია გარემოს საერთო ეკოლოგიურ სისტემაზე მისი მოსალოდნელი ზეგავლენის გათვალისწინება. მაგალითად, დიდი სიღრმის წყალსაცავების შევსებისას ხშირად აღინიშნება მიწისძვრები [6], რომლებიც შეიძლება იყოს საკმაოდ საგრძნობი (ინდოეთში კოინას გრავიტაციული კაშხლის წყალსაცავის შევსებისას (1954 წ.) წარმოშობილმა მიწისძვრამ დააზიანა ჰიდროელსადგური და 200 კაცი დაღუპვის მიზეზი გახდა).

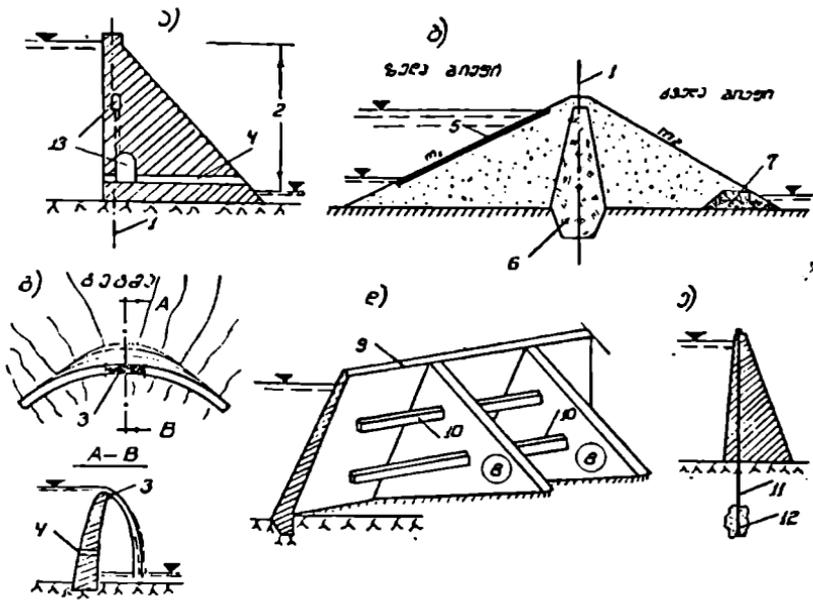
● ჰიდროტექნიკური ნაგებობები, ჩვეულებრივ, გამოირჩევა დიდი ზომებით, მასშტაბურობით, ჰიდროკვანძები მოცავს დიდ ტერატორიებს, მაღლივი კაშხალები აკაებენ წლის უდიდეს მასებს, რომელთა მუცულობა კუბიკური კილომეტრებით იზომება; აქედან გამომდინარე, განსაკუთრებით დიდია ის პასუხისმგებლობა, რომელიც წაყენებაზეა ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებსა და კვანძებს. მათი ავარიის დაკავშირებულია დიდ მატერიალურ ზარალთან და, რაც მთავარია, შეიძლება ათეულ ათასობით ადამიანის მსხვერპლის მიზეზი გახდეს [6, 59, 65, 70, 72]. სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით 1800—1983 წლების პერიოდში მსოფლიოში რეგისტრირებულა ჰიდრონაგებობათა ავარიის 105 შემთხვევა [72, გვ. 540, ცხრ. XIII]. აქედან—53 შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა ადამიანთა მსხვერპლს—დაიღუპა 16634 ადამიანი (საშუალოდ 286 მსხვერპლი ერთ ავარიასზე). გავიხსენოთ ბოლო ხანებში მომხდარი დიდი ავარიები [65]: 1959 წლის 2 დეკემბერს დაინგრა მალპასეს თალოვანი კაშხალი (საფრანგეთი); 1963 წლის 10 ოქტომბერს ვაიონტის ჰიდროკვანძზე (იტალია) წყალსაცავის მარცხენა ნაპირიდან დაახლოებით 250 მლნ მ³ მოცულობის შეწყვეტი წაშლი 25 მ სიჩქარით ჩამოწვა წყალსაცავში, წყლის გამოდევნილი მასის უდიდესი ნაწილი გადაეწვო ვაიონტის თალოვანი კაშხლის ქიმს და წალკა ყველაფერი ქვემო ბიეფში (დაიღუპა დაახლოებით 3000 კაცი); 1976 წლის 5 ივნისს, ტანში ფილტრაციის მიზეზით დაახლოებით საათსა და 45 წუთში დაინგრა ტიტონის (აშშ) ქვა-მიწის 94 მ-იანი კაშხალი. მოყვანილი მაგალითები ნათლად ზიუთითებენ ჰიდრონაგებობების გავრდილ პასუხისმგებლობაზე სამრეწველო, სატრანსპორტო თუ სხვა ნაგებობებთან შედარებით; ამიტომ ჰიდროკვანძების დაპროექტება, მშენებლობა და ექსპლუატაცია მოითხოვს განსაკუთრებულ ყურადღებას, ხარისხს და სამედიოობას.

კაშხალი არის ჰიდროტექნიკური ნაგებობა, რომელიც გადახედავს რა წყალნაკადის ბუნებრივ ან ხელოვნურ კალაპოტს, ქნის მასზე წყლის შეტბორვას (ნახ. 18.1). მდინარის ხეობის ან ხელოვნური კალაპოტის მხარეს, საითაც წყლის შეტბორილი ღონეა, ეწოდება ზედა ბიეფი, ხოლო მის მოპირდაპირე მხარეს—ქვედა ბიეფი. ზედა და ქვედა ბიეფების ღონეთა სხვაობას კაშხალზე დაწნევა ჰქვია. მდინარის (არხის) გასწორის საღებო კაშხალია აგებული, კაშხლის გასწორსაც ეწოდებენ.

კაშხალი ყველაზე რთული, მნიშვნელოვანი და საპასუხისმგებლო ჰიდროტექნიკური ნაგებობაა. იშვიათია ჰიდროკვანძი, რომლის შემადგენლობაშიც არ იყოს კაშხალი, ამიტომ ის ერთ-ერთ ყველაზე გავრცელებულ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობადაც შეიძლება ჩაითვალოს. შედარებით ახალი მონაცემების მიხედვით [66, გვ. 66; 72, გვ. 539] მსოფლიოში აგებულია დაახლოებით 14700 კაშხალი. გარდა რაოდენობრივი მაჩვენებლისა, კაშხლები გამოირჩევა გამოყენებული მასალის, კონსტრუქციის, აგების წესის და დანიშნულების დიდი მრავალსახეობით, ვინაიდან ყოველთვის განსხვავებულია კაშხლის მშენებლობის რაიონის ადგილობრივი ბუნებრივი, სამეურნეო და სამშენებლო პირობები. კაშხლის შესაფერისი ტიპის დასაბუთება ხდება სხვადასხვა საპროექტო ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების გზით.

● კაშხლები, მათ ტანში გამოყენებული ძირითადი საშენი მასალების მიხედვით შეიძლება იყოს [25]: მიწის, ქვაყრილი და მშრალდაწყობილი, ქვა-მიწის, ქვის, ხსნარზე წყობით, ბეტონის, რკინაბეტონის, ხის, ლითონის და კომბინირებული სხვადასხვა მასალისაგან

● კონსტრუქციული ნიშნების ანუ ძირითადი მუშაობის პრინციპის შესაბამისად განარჩევენ კაშხლების ოთხ მთავარ ჯგუფს (ნახ. 18.1): გრავიტაციული, რომელთაც გააჩნიათ მნიშვნელოვანი საკუთარი წონა და მათზე მოქმედ ძალებს წინაღუდებიან მათ ფუძეში განვითარებული ხახუნის ძალებით; თაღოვანი, გეგმაში მრუდწირული მოხაზულობის კაშხლები, რომლებიც ზედა ბიეფიდან მასზე განვითარებულ დატვირთვებს გადასცემენ მდინარის ხეობის კლდოვან ფერდობებს; კონტრფორსული, რომელთა კონსტრუქცია იქმნება გარკვეულ ტიპის გადახურვით (თაღები, ბრტყელი ფილები თუ სხვა) და კონტრფორსებით (უქანასკნელის მეშვეობით გადახურვისაგან მიღებული დატვირთვებზე გადაეცემა ნაგებობის ფუძეს); ჩაანკერებულები, რომლებშიც კაშხლის მდგრადობა და ძაბვების ხელსაყრელი განაწილება უმთავრესად უზრუნველყოფილია ფუძეში რაიმე კონსტრუქციის ჩაკეთებით ან ჩაანკერებით (უქანასკნელი ნორმატიული ლიტერატურის წესაბამისად



ნახ. 18. 1. კაშხლების კლასიფიკაცია კონსტრუქციული ნაშენების ანუ ძირითად მუშაობის პრინციპის მიხედვით. ა—ბეტონის გრავიტაციული კაშხალი; ბ—გრუნტის გრავიტაციული კაშხალი; გ—თაღოვანი კაშხალი; დ—კონტრაფორსული კაშხალი; ე—ჩაახკერებული კაშხალი; 1—კაშხალის გაწვრი; 2—კაშხალზე დაწნევა; 3—წყალსაშუები; 4—წყალჩასაშუები; 5—ფერდოს გამაგრება; 6—თბის გული; 7—სადრენაო პრიზმა; 8—კონტრაფორსი; 9—ხადაწნეო გადახურვა; 10—სისხტის კოჭები; 11—ანკერები; 12—ანკერების ჩამაგრება; 13—გაღერვა.

[43] ჩაახკერებულ კაშხლებს მიაკუთვნებენ გრავიტაციული კაშხლების ჯგუფს).

კაშხლების მთავარი კონსტრუქციული ჯგუფებისათვის დამახასიათებელი გადაწყვეტების მიზანშეწონილი შეთანწყობის შედეგია თანამედროვე კაშხლების დიდი კონსტრუქციული მრავალსახეობა: თაღოვან-გრავიტაციული, მრავალთაღოვანი, გარსული შემსუბუქებელი ტიპები და ა. შ.

● პიდროკვანძის მუშაობის ერთ-ერთი საპასუხისმგებლო ამოცანაა მდინარის წყალამოვარდნისა თუ წყალდიდობის მაქსიმალური ჩამონადენის ქვეშ ბიეფში უსაფრთხო გატარებისა და წყალსაცავის საპიროლონემდე დაკლის უზრუნველყოფა. ამ მიზნით პიდროკვანძის შემადგენლობაში ეწყობა წყალსაშუები ნაგებობები [12, 39]: წყალსაგდები (მდინარის მაქსიმალური ჩამონადენის ქვედა ბიეფში გასატარებლად), წყალჩასაშუები (წყალსაცავის ნაწილობრივი ახ სრული დ.კლისათვის) და

წყალგამომშვები—წყალმიმღები (წყალსაცავიდან წყლის სასარგებლო გამოყენებისათვის არხში, მილსადენში ან მდინარის კალაპოტში). კანხლებში, რომელთა ტანშიც არაა გათვალისწინებული რომელიმე წყალსაშვები ნაგებობა (ბერეტი) ყრუ კაშხლებად იწოდება; თუ კაშხლის ტანში ასეთი ნაგებობა არსებობს, კაშხალს წყალგამშვები ჰქვია. წყალგამშვებ კაშხლებს, რომელთა კონსტრუქცია ითვალისწინებს წყალსაგდებ ნაგებობებს (ბერეტებს) წყალსაგდებ კაშხლებსაც უწოდებენ (ნახ. 18.1, გ).

● კაშხლები კლასიფიცირდება აგრეთვე მისი ძირითადი დანიშნულების მიხედვით: თუ კაშხალს მხოლოდ წყლის დონის აწევის ფუნქცია ეკისრება, მას წყალსაწევ კაშხალს უწოდებენ, ხოლო თუ იგი ქმნის ტევად წყალსაცავს, მაშინ—საწყალსაცავოს. ეს დაყოფა, ცხადია, პირობითია, რადგან ყოველგვარი კაშხალი ამა თუ იმ ზომით წყალსაწევეა.

● კაშხლების ძირითადი მუშაობის პრინციპის მრავალფეროვნება არ ძლევს იმის საშუალებას, რომ სიმაღლის მიხედვით ერთიან კლასიფიკაციაში გავაერთიანოთ ყველა ტიპის კაშხლები. საერთოდ განარჩევენ დაბალ, საშუალო, მაღალ და ზემაღალ კაშხლებს, რომელთა რიცხვითი დიფაზონი განისაზღვრება კაშხლის ტიპის შესაბამისად.

XIX თავი

წყალსაცავები. ჩამონადენის რეგულირებისა და წყალსამეურნეო ბაზნარისთვის მძირითადი საკითხები

§ 19. 1. წყალსაცავები

წყალსაცავი ხელოვნური წყალსატევეა, რომელიც წარმოიქმნება მდინარის საწყალსაცავო კაშხლით შეტბორვის შედეგად. წყალსაცავის ძირითადი დანიშნულებაა ჩამონადენის რეგულირება სხვადასხვა წყალსამეურნეო მიზნებისათვის. თანამედროვე ქილოგანძების წყალსაცავები ზომებით დიდ ტბებს არ ჩამოუვარდება [2, 3, 11]. ამჟამად მსოფლიოში აღრიცხულია 30 ათასზე მეტი წყალსაცავი, რომლებიც მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისაგან მორფომეტრიული პარამეტრებით, რეგულირების რეჟიმით, წყალსამეურნეო დანიშნულებით თუ სხვ.

არსებობს წყალსაცავების ტიპიზაციის სხვადასხვა მეთოდი; ქილოტექნიკისა და გარემოზე წყალსაცავების ზემოქმედების თვალსაზრისით საინტერესოა წყალსაცავების კლასიფიკაცია მათი მოცულობის, სარკობ-

მოდობის უმოყრები წაღბადებე

№	წაღბადების დასაბუღბე	კაბეანი	მდინარე ტბე	შეკბეს პერიოდი	ძირითადი მ. ხაზითებლებე				სიგრძე, კმ
					წელს შეტბორვა კაბე ბალთან, მ	სრული მოტბორბე, კმ	სასაბკებლო ში. ტბობა, კმ	სარკობრივე შეღბორბის ფართობი, 1000 კმ ²	
1	კატორია (ოუნ. ფოღი)	უგანდო, ტანზანია, კენია	მდ. ნილოსი, ტბე ვიქტორია	1954	31	204,8	301,8	76,0	320
2	ბრატსკის კარიბა	სსრ კავშირი	ანგარი	186—67	106	159,9	49,2	6,47	565
3	ნახური	ზამბია, ზამბაბუვე	ზამბეზე	1958—63	100	160,9	46	4,45	800
4	ვოლტბე (აოსოშობი)	უგუატბე, სულანი	ნილოსი	1970	95	157	74	5,12	500
5	ღანეთლ-ჩონსონი (მანკუგანი—5)	კანალი	კოლტბე	1964—67	70	148	90	8,48	400
6	კრასნოიარსკის უდ—სასარი	სსრ კავშირი	მდ. დი ტბე შანკუგანი	1968—74	151	141,8	65,9	1,95	100
7	გორდონ—მ. შრამი (პორტოფ-მუნტინი)	ერაყი	ენსეი	1967	100	7,3	10,4	2,0	90
8	ზეს	კანალი	ტურკი	1965—76	—	72,8	43,5	2,0	100
9		სსრ კავშირი	ბის-რაფეკი	1968	165	70,1	37,0	1,65	360
10		სსრ კავშირი	ზეე	1974	99	66,4	92,1	2,42	225

რევი ზედაპირის ფართობისა და სიღრმის შესაბამისად [2, გვ. 23] (ცხრ. 19.1).

საქართველოში უდიდესია ენგურის ჰიდროელსადგურის წყალსაცავი [58]. ნორმალური შეტბორვის პორიზონტზე წყალსაცავი ვრცელდება 27 კმ-ზე, მისი სიგანე შერყეობს 100 მ-დან 1700 მ-მდე, სრული ტევადობა შეადგენს 1,11 კმ³-ს (სასარგებლო—0.68 კმ³-ს), სარკობრივი ზედაპირის ფართობია 13,31 კმ².

19. 1. 1. წყალსაცავის ძირითადი მაჩვენებლები და მახასიათებლები

წყლის დონე წყალსაცავში ცვალებადობს მდინარის ჩამონადენის რეჟიმისა და წყალსაცავის რეგულირების ხასიათის შესაბამისად. წყალსაცავის დონეებისა და მოცულობების, აგრეთვე წყალსაცავის ქვაბულის ტევადობის (ტოპოგრაფიული ბირობების) დახასიათება შესაძლებელია შემდეგი მაჩვენებლებისა და მახასიათებლების მეშვეობით [2, 11, 12, 14, 25, 46] (ნახ. 19.1):

ნორმალური შეტბორვის დონე (ნ შ დ), სადამდეც რეგულარულად ივსება წყალსაცავი და რომლის შესაბამისადაც გაიანგარიშება ჰიდროკვანძის ნაგებობები მუშაობის საიმედოობის ნორმალური მარაგის გათვალისწინებით;

საგახგებო წყალდიდობის ანუ ე. წ. ფორსირებულ შეტბორვის დონე (ფ შ დ)—წყალსაცავის მაქსიმალური საანგარიშო დონე, სადამდეც დაიშვება წყალსაცავის შევსება საანგარიშო ალბათობის მაქსიმალური ჩამონადენის გატარების დროს (§ 7.3); ფორსირებულმა დონემ შეიძლება 1...3 მ-ით გადააქარბოს ნორმალური შეტბორვის პორიზონტი;

მკვდარი მოცულობის დონე (მ შ დ)—უდაბლესი (მინიმალური) საანგარიშო დონე, სადამდეც დასაშვებია წყალსაცავის დაცლა;

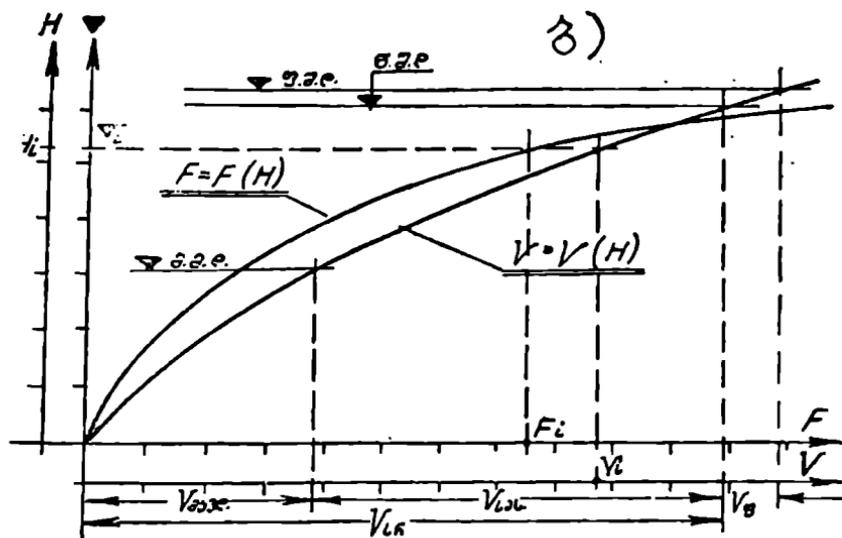
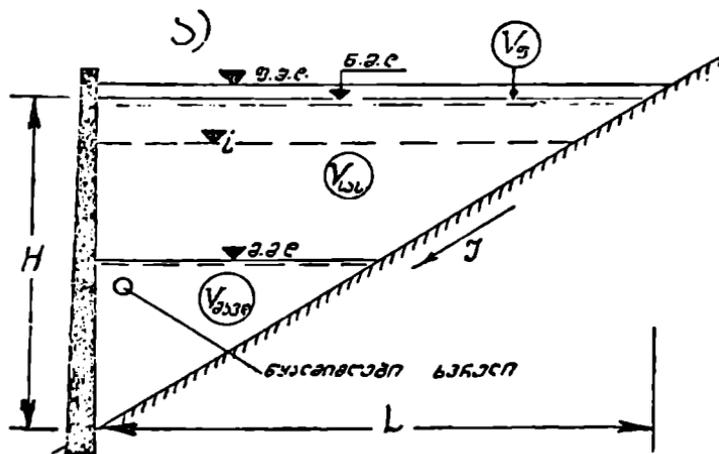
სასარგებლო მოცულობა (სარგებულაციო პარამეტრი), $V_{სარ}$ —მოცულობა მოთავსებული წყალსაცავის ნორმალური შეტბორვისა და მკვდარი მოცულობის დონეებს შორის, რომელიც გამოიყენება მდინარის ჩამონადენის წყალსამეურნეო მიზნით რეგულირებისათვის;

მკვდარი მოცულობა, $V_{მკვ}$ —მოცულობა მკვდარი მოცულობის დონესა და წყალსაცავის ფსკერს შორის, რომელიც ამ მონაწილეს მდინარის ჩამონადენის წყალსამეურნეო რეგულირებაში;

სრული მოცულობა, $V_{სრ}$ — მოცულობა მოთავსებული წყალსაცავის (ორწილური შეტბორვის დონესა და წყალსაცავის ფსკერს შორის), $V_{სრ} = V_{სარ} + V_{მკვ}$;

ფორსირების მოცულობა (ფორსირების პარამეტრი), $V_{ფ}$ —მო-

ცულობა ფორსირებული და ნორმალური შეტბორვის დონეებს შორის, რომელიც გამოიყენება წყალდიდობისა და წყალშოვარდნის ჩამონადენის გარკვეული ნაწილის აკუმულირებისათვის, ანუ მაქსიმალური ხარჯების „წასაყვებად“;



ნახ. 19.1. წყალსაცავის ძირითადი მაჩვენებლები და მახასიათებლები. ა—წყალსაცავის დამახასიათებელი დონეები და მოცულობები; ბ—წყალსაცავის საკომბო აჩვი ზედაპირების ფარობებისა და მოცულობების მრუდები.

წყალსაცავის ფარდობითი ტევადობა

$$\beta = V_{სს}/W_0 \quad (19.1).$$

სადაც W_0 არის მდინარის საშუალო მრავალწლიური ჩამონადენი;

სარკობრივი ზედაპირის ფართობების მრუდი—წყალსაცავის საკობრივი ზედაპირის F_i ფართობებსა და წყლის H_i დონეთა შორის დამოკიდებულების მრუდი (აიგება წყალსაცავის ქვაბულის ტოპოგრაფიული რუკის საფუძველზე);

მოცულობების მრუდი—წყალსაცავის V_i მოცულობასა და წყლის H_i დონეს შორის დამოკიდებულების მრუდი;

საშუალო სიღრმე—წყალსაცავის სიღრმის პირობითი მახასიათებელი წარმოდგენილი წყალსაცავის მოცულობის ფარდობით სარკობრივი ზედაპირის ფართობთან.

19. 1. 2. ზედა ბიეზის შორიერიზა და ჰიდროლოგიური რეჟიმი

წყალსაცავის შექმნასა და მდინარის ჩამონადენის რეგულირებას ყოველთვის თან სდევს მშენებლობის რაიონის მრავალი ბუნებრივი პირობის, პროცესისა და რეჟიმის სახეცვლილება.

● წყალსაცავის წყლებით იტბორება მდინარის ხეობის მნიშვნელოვანი ტერიტორიები, შეიტბორება მომიჯნავე მიწები, გადაამუშავდება წყალსაცავის ნაპირები. კახშხლით შექმნილი შეტბორვის სიგრძე (L) მიახლოებით შეიძლება შეფასდეს ფორმულით (ნახ. 19.1)

$$L = k \cdot H/I, \quad (19.2).$$

სადაც H არის წყლის სიღრმე კახხალთან ნორმალური შეტბორვის დონის დროს;

I — მდინარის საშუალო ქანობი წყალსაცავის შექმნამდე;

k — კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს კახხლის კონსტრუქციას; საკეტებიანი და დასაშლელი ტიპის კახხლებითათვის $k=1,5...2,2$; ყრუ კახხლების შემთხვევაში— $4...5,7$.

წყალსაცავიანი ჰიდროკვანძების განხორციელება ყოველთვის დაკავშირებულია ტერიტორიების დატბორვა სთან; ამ დროს, ცხადია უნდა ვიხელმძღვანელოთ შესაძლო მინიშალური დატბორილი ფართობით რაც შეიძლება დიდი მოცულობის მიღების პრინციპით. მიწებზე დატბორვის პრობლემა მით უფრო საყურადღებოა მცირემიწიანი ქვეყნებისათვის, სადაც მიწის ყოველ გოჯს დიდი გაფრთხილება სჭირდება.

მეზხედავად იმისა, რომ მსხვილი წყალსაცავების შექმნა დაკავშირებულია მნიშვნელოვანი ზედიზედ ფართობის დატბორვასთან, წყლის მარაგის ერთეულზე მიწის „ღანახარჯის“ ფარდობითი მაჩვენებლით ($\alpha =$

— $\Omega_{\text{ფა}}/V_{\text{ს}}$) ისინი ბევრად მომგებიანია ნაკლები ტევადობის წყალსაცავებთან შედარებით; წყალსაცავების სრული $V_{\text{ს}}$ მოცულობის ზრდასთან ერთად α მაჩვენებლის კლების ეს ტენდენცია კარგად ჩანს 19.2 ცხრილში.

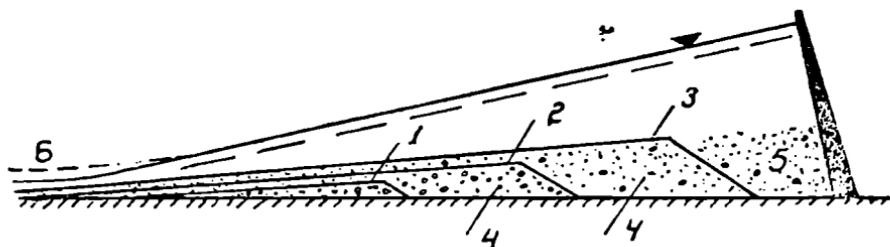
ც ხ რ ი ლ ი 19.2

ქვეყანა	$\alpha = \Omega_{\text{ფა}}/V_{\text{ს}}$ (კა/მლნ მ ³) წყალსაცავებისათვის სრული მოცულობით, მლნ მ ³							
	<10	10...50	50...100	100...1000	1000...2400	2400...5000	>5000	
1 სსრ კავშირი	35	—	—	12,9	19,3	1,6	7,7	4,6
2 აშშ	—	—	—	16,2	10,4	2,4	3,4	—
3 პოლონეთი	54,8	27,8	18,1	12,8	—	—	—	—

წყალსაცავის მახასიათებელი პორიზონტების შესაბამისად განარჩევენ ტერიტორიების დატბორვის სამ ნაირსახეობას: მუდმივი დატბორვის (შვედარი მოცულობის პორიზონტის ფარგლებში), ხანგრძლივი დატბორვის (ნორმალური შეტბორვის დონის შესაბამისი) და ხანმოკლე დატბორვის (ფორსირებული შეტბორვის პორიზონტის შესაბამისი).

● წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავება ხდება წყალსაცავებისათვის დამახასიათებელი დინამიკური მოვლენების ზემოქმედებით (§ 10.1) და განსხვავებულად მინდინარეობს ვაკის და მთის წყალსაცავებისათვის. წყალსაცავის სანაპირო ზოლის გადაზღვრება ანუ, რაც იგივეა, წყალსაცავის გარშემო დამრეცი ნაპირების—„პლაჟების“ ფორმირება ძირითადად ხდება აბრაზიულ-აქუმულაციური პროცესების გავლენით (§ 10.1.7). აქვე საჭიროა შევინიშნოთ, რომ ტბებთან შედარებით წყალსაცავების ნაპირების გადაფორმირებაში უფრო მნიშვნელოვანია შეწყერების, ჩამოქცევებისა და ჩამონაშლების გავლენა.

● ზედა ბიეფის ზონაში წყლის შეტბორვის შედეგად მკვეთრად მცირდება მდინარის ბუნებრივი სიჩქარეები ანუ წყალნაკადის ტრანსპორტუნარიანობა და იწყება მდინარის მყარი ნატანის დალექვის ანუ წყალსაცავების დალაშქვის პროცესი (ნახ. 19.2). საშუალოდ წყალსაცავებში ილექება მდინარის მყარი ჩამონადენის 90...95%. მყარი ნატანის დალექვის გამო წყალსაცავში წყლის სასარგებლო ტევადობა თანდათან მცირდება. კიდროკვანძების ზედა ბიეფების ფორმირება, რომელიც უმთავრესად წყალსაცავების დალაშქვის პროცესით გამოიხატება, მიმდინარეობს ისეთი ფაქტორების ურთიერთმოქმედების საფუძველზე, როგორცაა [16, 55, 56]: წყალსაცავის ტევადობა, მისი რეგულირების რეჟიმი, მდინარის წყლიანობა, მყარი ნატანის ოდენობა, მისი ფრაქციული შემადგენლობა, შეწონილი და ფსკერული ნატანის თანაფარობა და სხვ. მაგალითად, ვაკის მდინარეებში ფსკერული ნა-



ნახ. 19.2. წყალსაცავის დალამების მიხედვითი სქემა. 1, 2, 3—ფსკერზე ნატანის დალექვის პროცესი; 4—ფსკერული და მსხვილი შეწონილი ნატანი (ხრეში, ქეიშა, ქეიშნარო, თიხა-ლაშოვანი ნაწილაკები); 5—უწვრილესი შეწონილი ნატანი; 6—წყალსაცავის კელა ნაწილი.

ტანი შეადგენს მცირე პროცენტს და ზედა ბიეფის ფორმირება მიმდინარეობს ძირითადად შეწონილი ნატანის ხარჯზე; მთის ჰიდროკვანძების ზედა ბიეფები კი მეტწილად ფორმირდება ფსკერული ნატანით.

წყალსაცავის დალამების პროცესი ზოგადად ასე შეიძლება დავახასიათოთ: ფსკერული ნატანის დალექვა იწყება წყალსაცავის ბოლო—კულა ნაწილში (ნახ. 19.2); შეწონილი ნატანი ილექება წყალსაცავის მთელ სიგრძეზე; დალექილი ნატანის პრიზმა ერთდროულად იზრდება სიმალლეში, წარმოებს ნატანის ერთგვარი დაბარისხება სისხოს კლებადი მიმდევრობით; ამ ძირითად კანონზომიერებაში მკვეთრი კორექტივები შეაქვს ზედა ბიეფის ჰიდრაულიკური რეჟიმის ცვალებადობას წყალსაცავის ექსპლუატაციასთან დაკავშირებით (დონეების რეგულირება, ქვემო ბიეფში ხარჯების გატარების სხვადასხვა სქემა, ნატანის დალამების საწინააღმდეგო ღონისძიებები).

● გარდა მდინარის მყარი ნატანისა, წყალსაცავების ტრავადობის შემცირება და ზედა ბიეფების ფორმირება მიმდინარეობს ისეთი მოვლენების გავლენით, როგორცაა ნაპირების გადამუშავება, მეწყერები, ზეაფები, ჩამოქცევები, ჩამონაშლები, ქარისმიერი ეროზიის პროდუქტები.

თუ დავუშვებთ, რომ მდინარის მთელი მყარი ჩამონადენი რჩება წყალსაცავის ფარგლებში, მაშინ წყალსაცავის რაღაც საანგარიშო V მოცულობა, რომელიც T წლის შემდეგ შეივსება მყარი ნატანით განისაზღვრება ფორმულით

$$V = \left[\rho \cdot \frac{W_0}{\gamma_1} \cdot \left(1 + \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \cdot \beta \right) + V_{\text{ნა}} \right] \cdot T, \quad (19.3)$$

სადაც ρ არის მდინარის საშუალო წლიური სიმღვრივე;

γ_1, γ_2 — შესაბამისად შეწონილი და ფსკერული ნატანის მოცულობითი წონა;

- β — ფსკერული და შეწონილი ნატანის მოცულობათა ფარდობა;
- W_0 — მდინარის საშუალო წლიური ჩამონადენი;
- $V_{\text{გა}}$ — ნაპირების გადაშეშავების პროდუქტის ის საშუალო მოცულობა, რომელიც დაილეკება წყალსაცავში წლის განმავლობაში.

ამ გამოსახულების გამოყენება შესაძლებელია საკითხის სხვადასხვა სახით დასმის შემთხვევაში.

თუ წყალსაცავის ექსპლუატაცია გათვალისწინებულია მის სრულ დაღამემდე, მაშინ $V=V_{\text{სა}}$ პირობიდან განისაზღვრება წყალსაცავის მთელი მოცულობის დაღამვის T ხანგრძლივობა; ვაკის წყალსაცავების დაღამვის ვადები საკმაოდ ხანგრძლივია (50...100 წელი და მეტი), მთის წყალსაცავები კი ნატანის მნიშვნელოვანი ჩაოდნობის გამო შედარებით სწრაფად იღამება (მაგალითად, ზემო ავქალის პიროველსადგურის ზედა ბიეფის მოცულობის 75% დაიღამა 9 წლის განმავლობაში).

ამ ფორმულით შესაძლებელია აგრეთვე წყალსაცავის მკვდარი მოცულობის გაანგარიშება: წყალსაცავის მკვდარი მოცულობა ($V_{\text{მკვ}}$) მეტი ან ტოლი უნდა იყოს იმ მოცულობისა, რომელიც გამოიღვლება (19.3) ფორმულით წყალსაცავის ექსპლუატაციის T წლისათვის.

წყალსაცავების დაღამვის წინააღმდეგ კაშხლის ტანში აწყობენ ფსკერულ გამრეცხ ხერცებს, წყალსაცავს წმენდენ მექანიკური წესით, მდინარის ზემო წელში აგებენ ნატანის შემკაებებელ სპეციალურ ზღურბლებს: მაგრამ აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა ეს მეთოდი ნაკლებად შედეგაბანია ან ძვირად ღირებული. ამიტომ ყველაზე ეფექტურად ჩიითვლება მდინარის სისტემაში ნატანის მოდენის პირველწყაროებთან, წყლისმიერ და ქარისმიერ ეროზიასთან ბრძოლის ხერცები, მათ შორის კი წყალშემკრები ტერიტორიის გამწვანება-განაშენიანების გონივრული ღონისძიებები.

● წყალსაცავების თერმული და უინულოვანი რეჟიმის ძირითად საკითხებს და თავისებურებებს შევხებით წყალსაცავების პიროლოგიური თვისებების განხილვისას. (§ 10.1.5); ამ თავისებურებების მთავარი მიზეზია წყალსაცავებში (ტბებთან შედარებით) გადიდებული წყალცვლა და წყალშერევა რაც წყალსაცავის დონის რეგულირების, სხვადასხვა სიღრმის წყალჩასაშვები ხერცებთან წყლის გაშვებები, მდინარის შემონადენის და სხვათა შედეგია.

● წყალსაცავის ბიოლოგიური რეჟიმში მკვეთრად განსხვავდება მდინარის ამ რეჟიმისაგან. მიწების დატბორვის შედეგად წყალსაცავში თავს იყრის მინერალური ნივთიერებების უდიდესი მარაგი, რაც ხელს უწყობს უმკირესი ორგანიზმების განვითარებას, იქმნება გაცილებით უკეთესი პირობები თევზების ცხოველმკმელებისათვის. ამასთან, ხაზგასასქელია უარყოფითი ბიოლოგიური ეფექტი: მნიშვნელოვანი

სიჩქარეების წყალნაკადს შეგუებული თევზების ჯიში აკლდება ტბის თევზებით, წყალშემტბორი ნაგებობა პრაქტიკულად გამორიცხავს თევზების მიგრაციას მდინარეში და სხვ.

წყალსაცავების ფლორა უფრო მრავალფეროვანია ტბებსა და მდინარეებთან შედარებით. წყალსაცავში დონის სარგვულაციო ცვალებადობა განაპირობებს სანიპირო ზოლში ჰაერ წყლის ტიპის მცენარეულობის სიქარბეს; ზოგ შემთხვევაში, არალრმა და წყალმარჩხო წყალსაცავები დალამფასთან ერთად მთლიანად იბარდება წყალმცენარეებით. შათი კვლამისა და შემდგომი გახრწნის შედეგად წყალსაცავებში ბიოლოგიურად ბინძურდება, რაც წყლის სამრეწველო გაქუქყიანების შესაძარისია.

● წყალსაცავების მინერალიზაცია ხასიათდება წყალსაცავის გახრდილი მარილიანობით შემდინარე წყალთან შედარებით, რაც წყლის ზედაპირიდან აორთქლების ჰვეთრი ზრდისა და წყალსაცავში ყინულის წარმოქმნის შედეგია. მარილების კონცენტრაცია და წყალსაცავში მიმდინარე ქიმიურ ბიოლოგიური პროცესები, ცხადია, უარყოფით გავლენას ახდენს წყლის ხარისხზე. ამიტომაც წყალმომარაგებისა და ირიგაციული დანიშნულების წყალსაცავებზე საჭიროა სათანაუო გამოკვლევების ჩატარება წყლის ხარისხის მოსალოდნელი ცვლილების პროგნოზის მიზნით.

● წყალსაცავში ჩადენილი წყლის მოცულობის გარკვეული ნაწილი გამოუყენებლად იკარგება აორთქლებაზე, ფილტრაციასა და ყინულწარმოქმნაზე, რაც გათვალისწინებული უნდა იქნეს წყალსამეურნეო გაანგარიშებისას.

წყლის დანაკარგი აორთქლებაზე იმ ცვლილების შედეგია, რომელიც წყალსაცავს შეაქვს დატბორილი ტერიტორიის წყლის ბალანსში [8, გვ. 123; 13, გვ. 478; 46, გვ. 447; 55, გვ. 336; 56, გვ. 207]. წყალსამეურნეო გაანგარიშებისათვის უპირატესად საჭიროა წყალსაცავიდან აორთქლებაზე დანაკარგების ყოველთვიური (Z) მნიშვნელობის ცოდნა. იმ შემთხვევაში, როდესაც არ არსებობს აორთქლებაზე დაკვირვებათა სისტემატური მონაცემები სარგებლობენ აორთქლების საშუალო მრავალწლიური სიდიდით (Z) და აორთქლებაზე საშუალო თვიურ დანაკარგებს გამოთვლიან Z -დან ჰაერის ტემპერატურისა და ტენიანობის დეფიციტის საშუალო თვიური მნიშვნელობების პროპორციულად. საბჭოთა კავშირის უმეტესი ნაწილისათვის შეიძლება მივიღოთ, რომ ივნის-სექტემბრის პერიოდის ყოველ თვეზე მოდის აორთქლებაზე წლიური დანაკარგის 20%, მაისზე და ოქტომბერზე კი—10%.

ვიციო რა აორთქლებზე საშუალო თვიური დანაკარგების ფენის Z_i სიმაღლე, აორთქლებზე დაკარგული წყლის მოცულობა შეადგენს

$$W_{a,i} = Z_i \cdot F_i \cdot 1000, \text{ მ}^3. \quad (19.4)$$

აქ F_i არის საშუალო თვიური ჰორიზონტის შესაბამისი წყალსაცავის სარკობრივი ზედაპირის ფართობი, კმ².

აორთქლებზე დანაკარგის საშუალო თვიური ხარჯი გამოითვლება ტოლობით

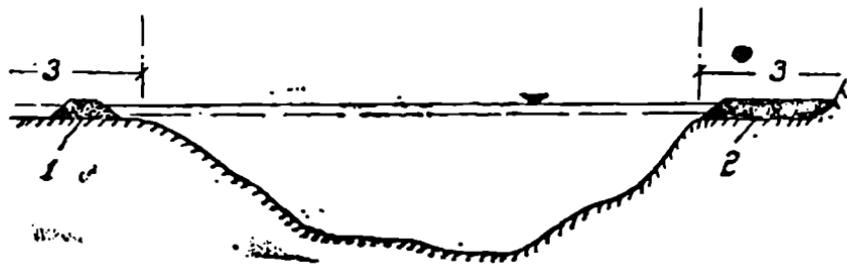
$$Q_{a,i} = W_{a,i} / t_i = Z_i \cdot F_i \cdot 1000 / t_i, \quad (19.5)$$

სადაც t_i — ამების რაოდენობა თვეში.

წყალსაცავებიდან აორთქლებზე დანაკარგების შესამცირებლად მათ ირგვლივ შეიძლება მოეწყოს 20...30 მ სიგანის ქარსაცავი ზოლები; კარგ ეფექტს იძლევა აგრეთვე წყალმარჩხი უბნების შემოზენივა (ნახ. 19.3).

წყალსაცავიდან წყლის ფილტრაცია შესაძლებელია კაშხლის ტანში, მის ფუძეში და შემოვლით, წყალსაშვები ხვრეტებისა და ტურბინების საკეტების შემჭიდროებებში, წყალსაცავის ქვაბულის ფსკერიდან და გვერდებიდან. წყლის დანაკარგები კაშხლიდან ფილტრაციაზე და შემჭიდროებიდან განისაზღვრება სპეციალური გაანგარიშებებისა და გამოკვლევების საფუძველზე [8, გვ. 124; 56, გვ. 208]. იმის გამო, რომ წყალსაცავის ფსკერიდან და გვერდებიდან ფილტრაციის საკითხი ფრიად რთული და ნაკლებად შესწავლილია, მიმართავენ არსებულ წყალსაცავ—ანალოგებს ან ნორმატიულ (ემპირიულ) მასალას (ცხრ. 19.3) [14, გვ. 237].

ფილტრაციაზე წყლის დანაკარგები უდიდესია წყალსაცავის მუშაობის დასაწყის პერიოდში, შემდგომში კი ის 2...3-ჯერ და შეტადაკლებულობს ქვაბულის ბუნებრივი კოლმატაციის შედეგად. არსებობს ქვაბულიდან ფილტრაციასთან ბრძოლის რიგი მეთოდები: მცირე წყალ-



ნახ. 19.3. წყალსაცავის წყალმარჩხი უბნების (3) შემოზენივა.

.1—ქვიჩი; 2—მიწაყრილი.

სადაც ρ არის ყინულის ფარდობითი სიმკვრივე ($\sim 0,92$);

$h_{\text{ყინ}}$ — ყინულის საშუალო სისქე ზამთარში წყალსაცავის დამუშავების (ამოქმედების) პერიოდში ან საანგარიშო თვეში;

F_1, F_2 — წყალსაცავის ფართობი შესაბამისად საანგარიშო პერიოდის დასაწყისსა და ბოლოსი.

$$W_{\text{ყინ}} = \rho \cdot h_{\text{ყინ}} \cdot (F_1 - F_2), \quad (19.6)$$

ცხრილი 19.3.

წყალსაცავიდან ფილტრაციაზე დანაკარგების ნორმა (ი პლენკოვის მიხედვით)

ხიდროგეოლოგიური პირობები	წელიწადში ფილტრაციაზე დანაკარგების ფენა, სმ	დანაკარგის ნორმა წყალსაცავის საშუალო მოცულობიდან, %	
		წელიწადში	თვეში
კარგი — წყალსაცავის ქვაბული აგებულია პრაქტიკულად წყალშეუღწევადი ქანებით (თიხები, მკვრივი დანალექი და მასიური კრისტალური ქანები ბზარების გარეშე); გრუნტის წყლების განლაგების დონე აღემატება ნორმალური შეტბორვის პორიზონტს.	0 50	5...10	0,5...1
საშუალო — ქვაბული აგებულია ნაკლებად წყალშეუღწევადი ქანებით; გრუნტის წყლები განლაგებულია მკვდარი მოცულობის დონეზე.	50...100	10...20	1...1,5
ცუდი — ქვაბული შედგება წყალშეუღწევადი ქანებისაგან (დაბზარული ქვიშაქვები, კირქვები, ფიქალები, კარსტული ქანები); გრუნტის წყლები განლაგებულია მკვდარი მოცულობის პორიზონტის ქვემოთ	100...200	20...40	1,5...3

ყინულწარმოქმნაზე წყლის დანაკარგის საშუალო ხარჯი საანგარიშო პერიოდში (მაგალითად, თვეში) გამოითვლება (19.5)-ის ანალოგიურად.

დიდი წყალსაცავების ორგანიზაცია მოითხოვს შრომისა და კაპიტალდამანდების მნიშვნელოვან დანახარჯებს. საბჭოთა კავშირში ეს დანახარჯები აღწევს ჰიდროკვანძის საერთო ღირებულების 20...40%-ს. აქედან გამოპდინარე. წყალსაცავის ადგილმდებარეობის არჩევისას ყველმზრიე უნდა ვეცადოთ, რომ მინიმალურად დაიტბოროს და ზეიტბოროს მსხვილი დასახლებები, სამრეწველო ცენტრები, საინჟინრო ნაგებობები, რკინიგზები, საავტომობილო გზები, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები, სასარგებლო ნამარჩები, ისტორიული ძეგლები და ა. შ.; ფრიალ საყუარდლებოა ის მორალური, კულტურული და სოციალურ-ეკონომიკური ფაქტორები, რომლებიც დაკავშირებულია დატბორვის ზონიდან მოსახლეობის გადასახლებასთან. ხშირად დატბორვის ზონაში ხედება კაცობრიობის ცივილიზაციის უმნიშვნელოვანესი ძეგლები, რომელთა დაცვა-შენარჩუნება დიდ საინჟინრო-ეკონომიკურ პრობლემებთანაა დაკავშირებული (მაგალითად, ეგვიპტეში წინასწარ დახერხეს, დაანაწევრეს, გადმოიტანეს და ახალ ადგილას თავიდან ააწყვეს აბუ-სიმბელის ცნობილი ტაძარი, რომელიც მოხვდა ნასერის წყალსაცავის ზონაში).

წყალსაცავების შემდგომი წარმტებითი ექსპლუატაციისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს წყალსაცავის კვაბულის სათანადოდ შომზადებას. იგე უპირველესად გულისხმობს ისეთი სამუშაოების ჩატარებას, როგორცაა სასაქონლო თუ არასასაქონლო ტყისა და ბუჩქნარის გაკაფვა-გამოტანა, ადამიანების და საქონლის სამარჩების გატანა, საწარმოთა ნარჩენებიდან კვაბულის გაწმენდა, სპეციალური სანჰიგიენური დამუშავება, მალარიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების ჩატარება.

წყალსაცავების შევსებასთან დაკავშირებულია აგრეთვე ზოგადსაკაცობრიო და ბუნების დაცვის სხვა ღონისძიებებს გატარების აუცილებლობა: დატბორამდე წყალსაცავის ტერიტორია ყურადღებით უნდა იქნეს შესწავლილი მეცნიერული და არქეოლოგიური თვალსაზრისით, დროულად უნდა გაიხიზნოს ძვირფასი და იშვიათი ცხოველები და სხვ. მაგალითად, მდ ანგარაზე უსტილიმსკის წყალსაცავის ფერდობების შესწავლისას აღმოაჩინეს კლდეზე ნახატების უნიკალური, 3 კმ სიგრძის ექსპოზიცია შესრულებული ჩვენ წელთაღრიცხვამდე 15 ათასწლეულის წინათ; დროულმა აღმოჩენამ შესაძლებელი გახადა მისი გეცნიერული შესწავლა, ასლების გადაღება და შემონახვა მოძიებლი თაობებსათვის. საქართველოში არსებობს არქეოლოგიური კვლევის დამოუკიდებელი ცენტრი, რომლის უმთავრესი ამოცანაა მოაწყოს არქეოლოგიური გათბ

რები ხულონისა (მღ. ენგური) და ნამახვანის (მღ: რიონი) ჰიდროკვანძების მშენებლობაზე.

გარემოს დაცვისა და სათანადო სანიტარულ-ჰიგიენური ღონისძიებების შესრულების შემთხვევაში წყალსაცავები და მისი მომიჯნავე ტერიტორიები გადაიქცევა ჯანმრთელობისა და დასვენების მნიშვნელოვან ქერებად.

19. 1. 4. მკვლე ბიფის ფორმირება და ჰიდროლოგიური რეჟიმი

კაშხლის აგების შედეგად იცვლება აგრეთვე ქვედა ბიფის ჰიდროლოგიური რეჟიმიც და იწყება მდინარის კალაპოტის გადაფორმირება. ეს პროცესები მის უფრო მასშტაბურ ხასიათს ატარებს დიდი წყალსაცავიანი ჰიდროკვანძების შემთხვევაში. წყალსაცავით მდინარის ჩამონადენის დარეგულირების, კაშხლიდან გადაგდებული წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) ხარჯების შემცირებისა და წყალსაცავში მდინარის მყარი ჩამონადენის დალაშქვის შედეგად ქვედა ბიფში აღინიშნება მნიშვნელოვანი ცვლილებები

● მდინარის კალა კალაპოტი, რომელიც ბუნებრივ პირობებში რეგულარულად იტბორება, უკვე აღარ ილაშქრება მდინარის ნოყიერი შეწონილი ნატანით, რაც იწვევს ნაყოფიერი კალურო მდელოების ხარისხობრივ გაუარესებას.

● კალა კალაპოტში ტენის მარაგი მცირდება, ქვემოთ იწვევს გრუნტის წყლების დონე და წარმოიჩინდება მასთან დაკავშირებული მოვლენები: მიწების გამოშრობა, ქებიდან წყალმომარაგების გაუარესება, ადგილობრივი ფლორის გაღარიბება.

● ქვემოთ წყალდიდობის დონეების დაწევის გამო აქტიურდება კალაპოტური პროცესები მდინარის შენაკადების შესართავ უბნებზე: მზრდება ქანობები, სიჩქარეები, ინტენსიური ხდება კალაპოტისა და ნაპირების ეროზია.

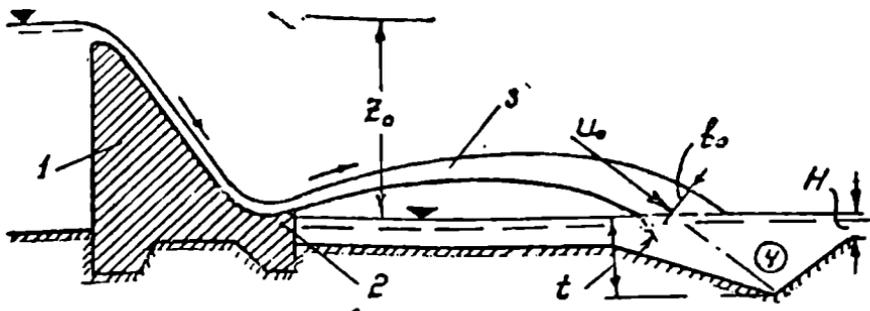
● ზამთარში, უშუალოდ ჰიდროკვანძის წყალსაცავების უკან, ზედაპირული ყინული არ წარმოიქმნება და რჩება მდინარის გაუყინავი უბანი—ყინულურუ; მისი არსებობის მთავარი მიზეზია წყალსაცავიდან ქვემო ბიფში გადენილი წყლების დიდი სიჩქარეები და შედარებით მაღალი ტემპერატურა. ყინულურუს არსებობა ქმნის თოშის წარმოშობის შესაძლებლობას, რომელმაც შეიძლება გამოიწვიოს საექსპლუატაციო გართულებანი ქვედა ბიფში.

● წყალსაცავიდან გადაღვრილი წყალი თითქმის თვისუფალი მყარი ნატანისაგან და, ამიტომ, მას „მშვერ“ წყალნაკადსაც უწოდებენ. კალაპოტის ეროზიაზე წინააღმდეგობის, წყალნაკადის ტრანსპორტუნა-

რიანობისა და ნატანშეკველობის ბუნებრივი ურთიერთკავშირის დარღვევის მიზეზით წყება ქვედა ბიეფის კალაპოტის წარეცხვა (ეოზოი). ეს პროცესი განსაკუთრებით ინტენსიურად წარმოებს კაშხლის მახლობლად და წყვეს კალაპოტის ფსკერის თანდათანობით დაწევის მნიშვნელოვან მანძილზე. ამ პროცესს კალაპოტის საერთო წარეცხვას უწოდებენ და იგი გრძელდება მანამდე, სანამ არ განახლდება ნატანის ტრანზიტი ზედა ბიეფიდან, ე. ი. სანამ წყალსაცავი მთლიანად არ დაილაშება ნატანიით; ვარაუდობენ, რომ ამ მომენტიდან თანდათან ისევე უნდა აღდგეს მდინარის პირვანდელი ქანობი. ქვედა ბიეფში კალაპოტის ფსკერისა და წყლის დონეების მოსალოდნელი დაწევა უნდა იქნეს წმენდულობაში შილებული მდინარის ამ უბანზე არსებულ ნაგებობათა მდგრადობის გადამოწმებისას (მაგალითად, უნდა შედგომდეს ხიდების ბურჯების ჩაღრმავების საკმარისობა).

● გარდა ფსკერის საერთო წარეცხვისა, კაშხლის წყალსაგდები ნაგებობების ქვემოთ ხდება გრუნტის ადგილობრივი წარეცხვა. წარეცხვის ორმოს ზომებმა კლდოვანი გრუნტების შემთხვევაშიც კი შეიძლება მიაღწიოს ათეულ მეტრს და საფრთხე შეუქმნას კაშხლისა თუ წყალსაგდების მდგრადობას. ამიტომ, წყალსაგდები ნაგებობებს ქვემო ბიეფის მხრიდან ხშირად ანხორციელებენ ტრამპლინის სახით (ნახ. 19.4), რომელიც უზრუნველყოფს წყალდიდობის წყლების ქვედა ბიეფში რაც შეიძლება შორს გატყორცნასა და კინეტიკური ენერჯიის ნაწილობრივ ჩაქოვას.

ქვედა ბიეფის გრუნტების წარეცხვისადმი წინააღმდეგობისა და წარეცხვის ორმოს პარამეტრების პროგნოზის საკითხები ყველაზე ფართოდ განხილულია ე. მირცხულაეას შრომებში [27, 28]; ტრამპლინიდან



ნახ. 19.4. ქვედა ბიეფში ფსკერის ადგილობრივი წარეცხვის სქემა.
 1—წყალსაგდები კაშხალი; 2—ტრამპლინი; 3—გატყორცნილი ქვედა;
 4—წარეცხვის ორმო.

გატყორცნილი ჰველით გამოარეცხილი ორმოს მ.ქსიმალური t სიღრმე შეიძლება განისაზღვროს ფორმულებით:

ქვემო ბიეფში შეუკვრიელი გრუნტების შემთხვევაში

$$t = (3 \cdot \eta \cdot u_0 \cdot b_0 / \omega - 7,5 \cdot b_0) \cdot \sin \beta / (1 - 0,175 \cdot ct \cdot g) - 0,25 \cdot H; \quad (19.7)$$

ქვემო ბიეფში შეკრული თიხოვანი და კლდოვანი გრუნტების შემთხვევაში

$$t = (8,3 \cdot u_0 \cdot b_0 / v_0 - 7,5 \cdot b_0) \cdot \sin \beta / (1 - 0,175 \cdot ct \cdot g) - 0,25 \cdot H. \quad (19.8)$$

ამ ფორმულებში მიღებულია შემდეგი აღნიშვნები:

η არის კოეფიციენტი, რომელიც ახასიათებს ტურბულენტური სიჩქარეების პულსაციურ ხასიათს ($\eta = 1,5 \dots 2$);

u_0 — ჰვლის ღერძული სიჩქარე ქვედა ბიეფის დონეში შესვლის კვეთში (ნახ. 19.4)

$$u_0 = \varphi \sqrt{2g \cdot Z_0}; \quad (19.9)$$

φ — სიჩქარის კოეფიციენტი წყალსაგდებზე;

Z_0 — ბიეფების დონეებს შორის სხვაობა;

b_0 — ჰველის სიგანე შესვლის კვეთში

$$b_0 = 0,8 \cdot q_1 / u_0; \quad (19.10)$$

q_1 — გატყორცნილი ჰველის ხედრითი ხარჯი წყალსაგდებზე;

ω — შეუკვრიელი გრუნტის ნაწილაკების ჰიდრაულიკური სისხო [27, გვ. 151];

β — ჰველის ღერძის პორიზონტთან დახრის კუთხე ქვედა ბიეფში შესვლის კვეთში;

H — წყლის სიღრმე ქვედა ბიეფში;

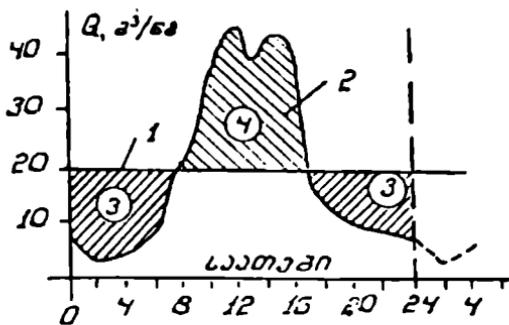
v_0 — წარეცხვის სტაბილიზირებული ორმოს ფსკერზე გრუნტის წარეცხვისადმი დასაშვები სიჩქარე [12, გვ. 137; 27; 28].

კლდოვან გრუნტებში წარეცხვის პარამეტრების დადგენა შესაძლებელია აგრეთვე ნორმატიული რეკომენდაციის საფუძველზე [13, გვ. 94; 35, გვ. 15].

§ 19. 2. ჩამონადენის რეგულირების ამოცანები და ძირითადი საკითხები

მდინარის ბუნებრივი ჰიდროლოგიური რეჟიმი ხასიათდება ჩამონადენის დროში უთანაბრო განაწილებით: წყალდიდობისა და წყალმოვარდნის ხარჯები რამდენიმეჯერ აღემატება წყლის წყალმცირობის ხარჯს. ასევე, წყალუხვი წყლების ჩამონადენის მოცულობა მნიშვნელოვნად ჰკარბობს წყალმცირე წლების ჩამონადენს. უმეტეს შემთხვევაში, ჩამონადენის ბუნებრივი განაწილება არ პასუხობს ადამიანის მიერ დასახულ ამ ათუ იმ წყალსამეურნეო მიზანს და საჭირო ხდება მისი დროში

ხელოვნური გადანაწილება. მდინარის ბუნებრივი ჩამონადენის დროში გადანაწილებას სახალხო მეურნეობის მოთხოვნებიდან გამოსავალი მდინარის ჩამონადენის რეგულირება კქეა. იგი ხორციელდება წყალსაცავების მეშვეობით და მოიცავს ორ ძირითად ამოცანას: მდინარის



ნახ. 19.5. ჩამონადენის დღეღამური რეგულირების სქემა. 1—წყალსაცავში შემოღინებული (მდინარის) ხარჯები; 2—წყალსაცავიდან გადინებული (მოთხოვნის) ხარჯები; 3—წყალსაცავში დაგროვილი წყლის მოცულობა; 4—წყლის მოცულობა გასული წყალსაცავის სისარგებლო ტველობიდან.

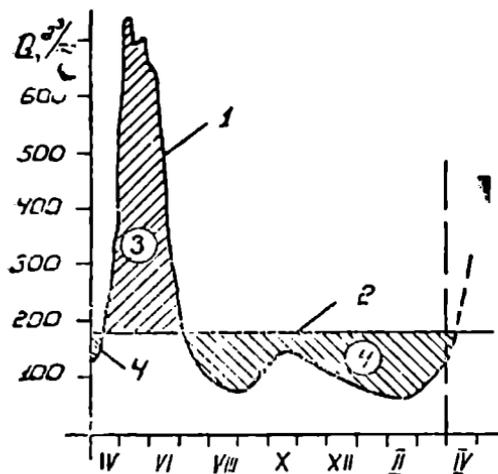
დაბალი ხარჯების გაზრდა წყალშოსარგებლეთა (წყალმომხმარებელთა) საიმედო უზრუნველყოფის მიზნით; წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) მაქსიმალური ხარჯების „წაკვეთა“ ჩამონადენის ნაწილის წყალსაცავში აკუმულირების გზით (რის შედეგადაც უმჯობესდება ქვედა ბიეფში წყალდიდობის წყლების გატარების პირობები).

ჩამონადენის გადანაწილების პერიოდის ხანგრძლივობის მიხედვით არჩევენ დღეღამურ, კვირულ, წლიურ (სეზონურ) და მრავალწლიურ რეგულირებას. რაც უფრო დიდია რეგულირების პერიოდი, მით უფრო დიდი მოცულობის წყალსაცავია საჭირო; აქედან გამომდინარე, მრავალწლიური რეგულირების წყალსაცავები, საჭიროების შემთხვევაში, გამოიყენება წლიური, კვირული და დღეღამური რეგულირებისათვის, ხოლო წლიური რეგულირების—კვირული და დღეღამური რეგულირებისათვის.

დღეღამური რეგულირება გულისხმობს წყალსაცავში დღეღამის განმავლობაში, ჩვეულებრივ, თანაბარი შემონადენის გადანაწილებას წყალზე მოთხოვნის გრაფიკის შესაბამისად. მაგალთისათვის 19.5 ნახაზზე ნაჩვენებია ასეთი რეგულირების გრაფიკი წყალმომარაგების საჭიროებისათვის: წყლის მცირე მოხმარების საათებში (0—7, 17—24 სთ) წყალი გროვდება წყალსაცავში და იხარჯება გადიდებული მოთხოვნის საათებში (7—17 სთ).

დღეღამური რეგულირების მიზანია კვირის განმავლობაში წყლის არათანაბარი მოხმარების უზრუნველყოფა, რაც გამოწვეულია დაწესებულებებში ორი უქმე დღის არსებობით: არსამუშაო დღეებში წყლის მოხმარების შემცირების შედეგად დაგროვილი წყალი საწინააღმდეგობას იძლევა გავზარდოთ წყლის მიღება სამუშაო დღეებში.

კვირული რეგულირების მიზანია კვირის განმავლობაში წყლის არათანაბარი მოხმარების უზრუნველყოფა, რაც გამოწვეულია დაწესებულებებში ორი უქმე დღის არსებობით: არსამუშაო დღეებში წყლის მოხმარების შემცირების შედეგად დაგროვილი წყალი საწინააღმდეგობას იძლევა გავზარდოთ წყლის მიღება სამუშაო დღეებში.



ნახ. 19.6. ჩამონადენის წლიური (სეზონური) რეგულირების სქემა. 1—წყალსაცავში შემოდინებული ხარჯები; 2—წყალსაცავიდან გადინებული ხარჯები; 3—წყალსაცავში დაგროვილი წყლის მოცულობა; 4—წყლის მოცულობა დატვირთული წყალსაცავის სისარგებლო ტევადობიდან;

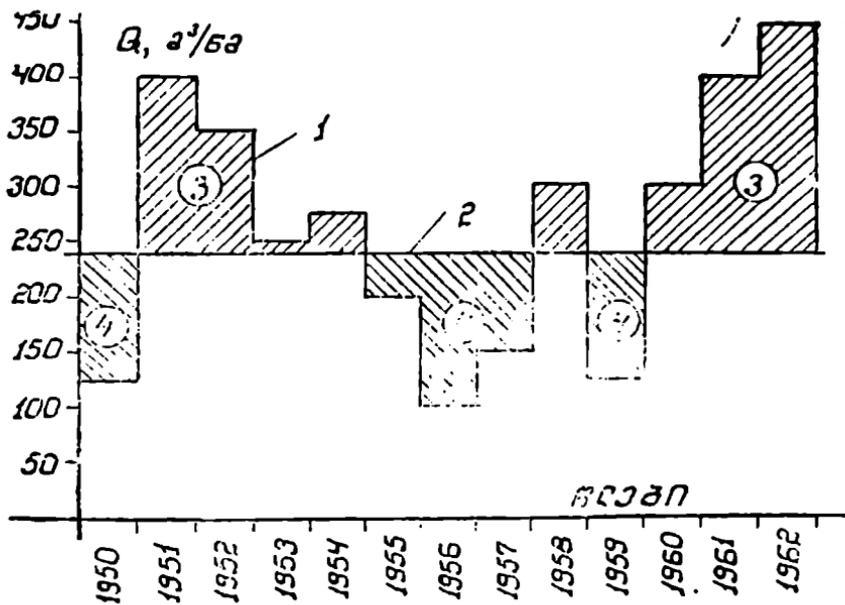
გალითი, იმ უმარტივესი შემთხვევისათვის, როდესაც წყლის მოხმარების ხარჯი წლის განმავლობაში მუდმივია, მოცემულია 19.6 ნახაზზე: წალდილობის IV—VI თვეებში წყალსაცავი ივსება; ამ პერიოდში დაგროვილი წყალი იცლება წყალმცირობის VII—III თვეებში. წლიური რეგულირებისათვის საჭირო წყალსაცავის მოცულობის სიდიდე განისაზღვრება სწორედ ჩამონადენის VII—III თვეების დეფიციტით.

მრავალწლიური რეგულირება მიზნად ისახავს წყალმცირე წლების ჩამონადენის შევსებას წყალზევი წლებს ხარჯზე (ნახ. 19.7).

მოხმარების (დარეგულირებული) ხარჯების, ანუ, რაც იგივეა, წყალსაცავის გატემის დროში ცვალებადობის ხასიათი განპირობებულია მდინარის ჩამონადენის რეჟიმით, წყალშისარგებლეთა (წყალმომხმარებელთა) კონკრეტული ამოცანებით და სხვ. მოხმარების მკაცრი გრაფიკის შემთხვევაში მოხმარების ხარჯები (მოხმარების გრაფიკის ორდინატები) ზუსტად ფიქსირებულია საანგარიშო პერიოდის კალენდარული თარიღებსათვის; მოხმარების მკაცრი გრაფიკი მუდმივი ხარჯით წარმოადგენს წყალსაცავის წყალსამეურნეო გამოყენების ყველაზე მარტივ ფორმას, შესაბამისი წყალსამეურნეო გაანგარიშებანი კი, — ჩამონადენის რეგულირების უმარტივეს ამოცანას. ჩამონადენის მუდმივი გატემით რეგულირებას ხშირად მიმართავენ, მაგალითად, წყალმომარაგების ჰიდროკვანძებზე

წლიური (სეზონური) რეგულირება ითვალისწინებს ჩამონადენის გადანაწილებას ეოთი საანგარიშო წლის განმავლობაში: წყალდილობის (წყალმოვარდნის) დროს წყალსაცავში დაგროვილი კარბი წყალი თანდათან იხარჯება წელიწადის წალმცირე პერიოდებში; ამასთან, საანგარიშო წელს წყალზე მოთხოვნა კმაყოფილდება იმავე წლის ჩამონადენით წლიური რეგულირების წყალსაცავების მოცულობა სეკმაოდ დიდია და აღწევს მდინარის წლიური ჩამონადენის 20...30 %-ს.

წლიური რეგულირების მა-



ნახ. 19.7. ჩამონადენის მრავალწლიური რეგულირების სქემა. 1—წყალსაცავში შემოდინებული ხარჯები; 2—წყალსაცავიდან გადინებული ხარჯები; 3—წყლისაცავში დაგროვილ წყლის მოცულობა; 4—წყლის მოცულობა გაუმული წყლისაცავის სისარგებლო ტევობიდან.

რეგულირებასთან დაკავშირებული გაანგარიშებანი ითვალისწინებს შემდეგი ორი საწყისი პოზიციის განსაზღვრას: მოითხოვება თუ არა საერთოდ, არსებულ პირობებში, რეგულირება და როგორი უნდა იყოს რეგულირების მასშტაბი [5, გვ. 174].

რეგულირების აუცილებლობის გარკვევა შესაძლებელია მოზმარების (დარეგულირებელი) ხარჯის (Q) და მდინარის მინიმალური საშუალო დღეღამური ხარჯის ($Q_{\text{მინ}}$) სიდიდეების შედარების საფუძველზე: თუ $Q > Q_{\text{მინ}}$ რეგულირება აუცილებელია.

რეგულირების მასშტაბის გასარკვევად ერთმანეთს ადარებენ წლის წლიურ W მოზმარებას (დარეგულირებულ ჩამონადენს) და მდინარის საანგარიშო უზრუნველყოფის მცირეწლიანი წლის (ξ 19.3) ჩამონადენს ($W_{\text{მინ}}$): იმ შემთხვევაში, როდესაც $W \leq W_{\text{მინ}}$, საჭირო იქნება წლიური (სეზონური) რეგულირება; პირობა $W > W_{\text{მინ}}$ მიუთითებს მრავალწლიური რეგულირების საჭიროებაზე.

წყალსამეურნეო გაანგარიშება წარმოადგენს სპეციალურ გაანგარიშებათა და საპროექტო გადაწყვეტების კომპლექსს და გულისხმობს შემდეგ ძირითად ამოცანებს [5, 14, 46]: ასათვისებელი წყლის ობიექტის რესურსების და რეჟიმის გამოვლენა; წყალზე და რეგულირების რეჟიმზე წყალმოსარგებლეთა მოთხოვნების გამორკვევა და მათი ურთიერთშეთანხმება; წყალსაცავის სასარგებლო მოცულობის განსაზღვრა; საუკეთესო წყალსამეურნეო ეფექტიანობის რეგულირების ოქეიმის შემუშავება; იმ ძირითადი წყალსამეურნეო პარამეტრების გაანგარიშება-შერჩევა, რომლებიც განსაზღვრავენ ჰიდროკვანძის ნაგებობათა და წყალსაცავის მთავარ ზომებს (ბეტბორვის სიშალე, წყალდიდობის ჩამონადენის რეგულირებისათვის საჭირო წყალსაცავის მოცულობები); წყალსაცავების ექსპლუატაციის წესების შედგენა; წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენება და დაცვა.

მთითული აქ აღნიშნული ამოცანის დიდი სირთულის გამო წინამდებარე სახელმძღვანელოში განვიხილავთ წყალსამეურნეო გაანგარიშებათა მხოლოდ იმ საკითხებს, რომლებიც დაკავშირებულია წყალსაცავის ძირითადი პარამეტრების—მოცულობებისა და დონეების დადგენასთან.

როგორც ვთქვამთ, წყალსაცავის რეგულირების ამოცანაა მდინარის ჩამონადენის დროში უთანაბრო განაწილების პირობებში წყლის იმ ხარჯის ($Q_{გა}$) უზრუნველყოფა, რომელიც გარანტირებული იქნება ჰიდროკვანძის ექსპლუატაციის მომავალი პერიოდის უმეტეს მონაკვეთზე. ექსპლუატაციის პერიოდის დანაზღვრის მცირე ნაწილის განმავლობაში წყალსაცავიდან წყლის გაცემა გარანტირებულ ხარჯზე ნაკლებია. ალბათობა იმისა, რომ მომხმარებლებისათვის გარანტირებული ხარჯი არ იქნება შემცირებული (ანუ იქნება უზრუნველყოფილი) წყალსაცავის (ჰიდროკვანძის) მუშაობის საიმედოობის ერთ-ერთი მახასიათებელი ($p\%$) და მას წყალსაცავის გაცემის საანგარიშო უზრუნველყოფას უწოდებენ. რიცხობრივად იგი ორნაირად შეიძლება გამოისახოს [5, გვ. 102]: წყალსაცავის გარანტირებული რეჟიმით (ხარჯით) შეუფერხებელი მუშაობის საერთო ხანგრძლივობის ფარდობით მისი მუშაობის მთელ პერიოდთან ან გარანტირებული რეჟიმით შეუფერხებელი მუშაობის წლების რიცხვის ფარდობით მუშაობის წლების საერთო რაოდენობასთან. უზრუნველყოფას მუშაობის შეუფერხებელი წლების მიხედვით მიიჩნევენ ძირითადად და მას მიიღებენ საანგარიშოდ წლიური (სეზონური) და მრავალწლიური რეგულირების დროს.

წყალსამეურნეო ობიექტის გარანტირებული რეჟიმით მუშაობის საიმედოობის ანუ წყალსაცავის გაცემის საანგარიშო $p\%$ უზრუნველ-

ყოფის განსაზღვრა უნდა ხდებოდეს ტექნიკურ-ეკონომიკურ განაგარი-შემათა საფუძველზე. იმასთან დაკავშირებით, რომ ყოველთვის ასეთ განაგარიშებათა ჩატარება ფრიად ძნელია, პიღროტექნიკურ პრაქტიკა-ში გარანტირებული გაცემის საანგარიშო უზრუნველყოფა ინიშნება ნორმატიული სახით [5, 14, 23, 46] (ცხრილი 19.4).

ცხრილი 19.4

წყობსაყვის გაციმის ხანგარიშო უზრუნველყოფა

№ №	წყლის მეურნეობის დარგი	პ %
1	წყალმომარაგება: ა) მსხვილი სამრწყელო ცენტრები და ცალკეული საწარმოები, მათ შორის თბოელექტროსადგურები	97
	ბ) მცირე ქალაქები და სასოფლო-სამეურნეო დასახლებები, წერილი მრეწველობა	95
2	ჰიდროენერგეტიკა; ენერჯის მომხმარებლები: ა) მსხვილი მრეწველობა, ელექტროფიცირებული სარკინიგზო ტრანსპორტი, მსხვილი ქალაქები (საერთო ენერჯისისტემაში ჰიდროენერგეტიკის წილის შესაბამისად) ბ) წერილი საწარმოები, პატარა ქალაქებისა და სოფლების კომუნალური მეურნეობები (საერთო ენერჯისისტემაში ჰიდროენერგეტიკის წილის შესაბამისად)	85...95 75...85
3	ჰიდრომელიორაცია (წყლით უზრუნველყოფის პირობების შესაბამისად)	75 ..95
4	წყლის ტრანსპორტი (წყლის მაგისტრალის მნიშვნელობისა და კლასის შესაბამისად)	90...99
5	თევზის მეურნეობა (მდინარის თევზსამრეწველო მნიშვნელობის შესაბამისად)	75...95

როგორც ცხრილიდან ჩანს, რაკ უფრო დიდია ჰიდროკვანძის საზალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა. მით უფრო მეტი უნდა იყოს წყალსაცავის გაცემის საანგარიშო p % უზრუნველყოფა; გარდა ამისა, საანგარიშო უზრუნველყოფა მით უფრო მაღალია, რაკ უფრო მეტია ჩამონადენის რეგულირების ხარისხი (p % მრავალწლიური რეგულირების შემთხვევაში, ჩვეულებრივ, აღემატება ასეთს წლიური რეგულირების დროს).

§ 19. 4. წყალსამეურნეო გაანგარიშებათა ძირითადი მეთოდები

წყალსაცავის პარამეტრებსა და მუშაობის რეჟიმს განსაზღვრავენ მდინარის ბუნებრივი ჩამონადენის ანალიზისა და წყლის გეგმიურ მოზმარებასთან შედარების საფუძველზე .

● მდინარის ჩამონადენის რეგულირების არსებულ თეორიაში გამოყოფენ წყალსამეურნეო გაანგარიშებათა მეთოდების ორ ჯგუფს [8, გვ. 131; 13, გვ. 479; 14, გვ. 242; 23, გვ. 322; 46, გვ. 458]: პირველი—გაანგარიშება კალენდარული ჰიდროლოგიური რიგების მიხედვით (ცხრილური ფორმით ან ჩამონადენისა და წყლის გაცემის ინტეგრალური მრულების მიხედვით); მეორე—გაანგარიშება ალბათობის თეორიის საფუძველზე არსებული განზოგადებული მეთოდებით.

პირველი ჯგუფის მეთოდების გამოყენების დროს წყალსამეურნეო გაანგარიშების ჰიდროგეოლოგიურ საფუძველად იღებენ მდინარის ჩამონადენზე არსებულ დაკვირვებათა კალენდარულ რიგს და მას მიიჩნევენ მდინარის ჩამონადენის მახასიათებლად მომავალში. ამ მეთოდის უპირატესობაა გაანგარიშებათა თვალსაჩინოება და მისი გამოყენების შესაძლებლობა რეგულირების ნებისმიერი სახის შენობებში. მეთოდის ნაკლოვანი მხარეებიდან აღსანიშნავია მომავალში საანგარიშოდ მიღებული ჰიდროლოგიური მონაცემების უზრუნველყოფის გაურკვევლობა და ამ მეთოდის გამოყენების შეუძლებლობა იმ შემთხვევაში, როდესაც მდინარის ჩამონადენზე არ არსებობს ხანგრძლივი დაკვირვება.

მეორე ჯგუფის მეთოდები გულისხმობს მდინარის ჩამონადენის ალბათურ განპერტკას (პროგნოზს) წყალსაცავის ექსპლუატაციის მომავალი პერიოდისათვის. მდინარეზე არსებული დაკვირვებათა კალენდარული რიგის განზოგადებული სტატისტიკური პარამეტრების მიხედვით და ალბათობის თეორიის მათემატიკური აპარატის გამოყენებით შესაძლებელი ხდება უკეთ შევაჯასოთ ჩამონადენის ელემენტების შეზამების ირაკალფეროვნება და გამოვირიცხოთ ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა მასალაში შემთხვევითი თავისებურების გავლენა. ამ ჯგუფის მეთოდების ნაკლია წყალსამეურნეო გაანგარიშებათა ნაკლები თვალსაჩინოება და მათემატიკური სიძნელეები წყალსაცავის რთული (კომპლექსური) გამოყენების დროს.

ამა თუ იმ ჯგუფისა და მეთოდის შერჩევა ხდება წყალსამეურნეო ამოცანის პირობების, დაკვირვებათა კალენდარული რიგის ხანგრძლივობისა და ჩამონადენის დარეგულირების ხარისხის შესაბამისად.

⊕ წყალსაცავის რეგულირების ხასიათის, ჰიდროკვანძის წყალსამეურნეო დანიშნულების, წყალსაცავის ტევადობისა თუ პროექტირების სტადიის შესატყვისად წყალსამეურნეო გაანგარიშებას ასრულებენ მოცემული კალენდარული რიგის ცალკეული, დამახასიათებელი წელიწადის წლების ან კალენდარული პერიოდის ხარჯების მიხედვით (კალენდარული პერიოდი მონაცავს მთელ არსებულ კალენდარულ რიგს ან, ამ უკანასკნელის დიდი ხანგრძლივობის შემთხვევაში, იქიდან შერჩეულ საანგარიშო პერიოდს).

წყალსაცავის წლიური (სეზონური) რეგულირების შემთხვევაში

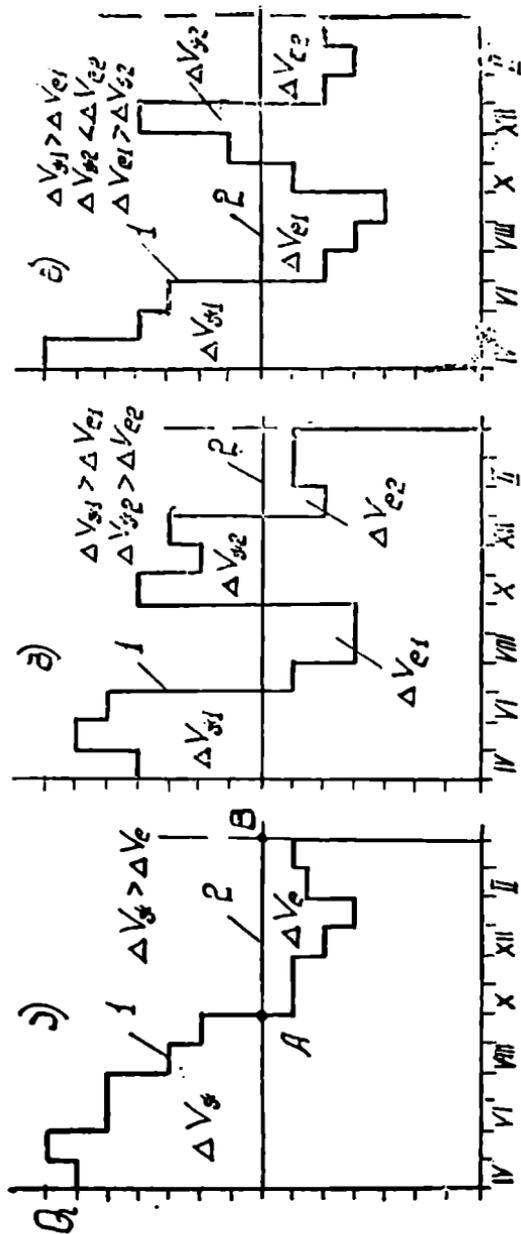
პროექტირების წინასწარ სტადიაზე დასაშვებია წყალსამეურნეო გაანგარიშებათა ჩატარება ცალკეული, დამახასიათებელი წელიწადის წლის მიხედვით [5, გვ. 198; 13, გვ. 479; 23, გვ. 322; 46, გვ. 457; 56, გვ. 204]; თუ წყალსაცავის მუშაობის მთავარი ამოცანაა ხარჯების დარეგულირება (აწევა) გარკვეულ გარანტირებულ სიდიდემდე (მაგალითად, წყალმომარაგებისათვის), მაშინ წყალსამეურნეო გაანგარიშებას აწარმოებენ წყალსაცავის გარანტირებული ვაცემის მოცემული საანგარიშო $p\%$ უზრუნველყოფის (ცხრილი 19.4) შესაბამისი წყალმცირე წლის ჩაჰონადენის საკუთრებაზე; ჰიდროენერგეტიკული დანიშნულების წყალსაცავების შემთხვევაში მანიპულირებენ სამი დაიხასიათებელი წლით—გარდა აღნიშნული წყალმცირე წლისა, იღებენ საშუალო მრავალწლიურთან ახლო საშუალო წლისა და წყალუბი წლის ჩაჰონადენს (უზრუნველყოფით $p' = 1 - p$). ასე რომ, წყალსამეურნეო გაანგარიშების საწყისი ამოცანაა მოცემული კალენდარული რიგიდან იმ რეალური (საანგარიშო) წლების შერჩევა, რომელთა ჩაჰონადენიც მ ძლებისანებრ პასუხობს საანგარიშო უსრუნველყოფას ($p\%$; $p'\%$).

მრავალწლიური რეგულირების დროს (პროექტირების ყველა სტადიაზე) საანგარიშოდ იღებენ მთელ მოცემულ კალენდარულ რიგს ან იქედან შერჩეულ კალენდარულ პერიოდს. მოხმარების ხარჯების მუდმივ გარანტირებულ სიდიდემდე აწევი წყალსაცავებისათვის კალენდარული რიგიდან შეარჩევენ საანგარიშო უსრუნველყოფის წყალმცირე პერიოდის წლებს (ხარჯებს).

● წყალსამეურნეო გაანგარიშება მდინარეზე არსებულ დაკვირვებათა საფუძველზე შესაძლებელია გრაფიკული და ცხრილური ფორმით; ორივე ხერხი გულისხმობს საანგარიშო პერიოდში წყალსაცავში შემოდინებისა და წყალსაცავიდან გადინების ჰიდროგრაფების შეპირისპირებას.

წყალსამეურნეო გაანგარიშებათა თანამიმდევრობა მიზანშეწონილია შესრულდეს წყალსამეურნეო წლის შესაბამისად. წყალსამეურნეო წლის დასაწყისად მიიჩნევენ მდინარეში გაზაფხულის წყალდიდობის ფაზის დასაწყისს; იმასთან დაკავშირებით, რომ წყალსამეურნეო გაანგარიშებას უფრო ხშირად აწარმოებენ საშუალო თვიური ხარჯების მიხედვით, წყალსამეურნეო წლის საწყისი საზღვარი ემთხვევა წყალდიდობის პირველი თვის დასაწყისს. მაგალითად, საბჭოთა კავშირის ევროპული ტერიტორიის მდინარეებისათვის ეს აპრილ-მაისის თვეებია.

● მდინარის საანგარიშო ჩაჰონადენისა (წყალსაცავში შემოდინების) და წყალსაცავის ვაცემის (გადინების) ჰიდროგრაფების შედარება საშუალებას გვაძლევს გამოვყოთ პერიოდები, რომლის დროსაც მდინარის ჩაჰონადენი სჭარბობს ვაცემას (ჩაჰონადენის სიჭარბე) და პერიოდები,



ნახ. 19.8 წყალსაცავში შემოდინების (1) და წყალსაცავის ვაკუუმის (2) შეთანხმებული კორორგაფები. ა—წყალსაცავის მუშაობის ერთტაქტიანი რეჟიმი; ბ—ორტაქტიანი რეჟიმი დამოუკიდებელი ტაქტით; ვ—ორტაქტიანი რეჟიმი დამოკიდებული ტაქტით.

როდესაც გაცემა აღემატება ჩამონადენს (ჩამონადენის დეფიციტი); ასეთი შედარება ილუსტრირებულია წლიური რეგულირების მაგალითზე (ნახ. 19.8). ჩამონადენის სიკვარბისა და დეფიციტის სიდიდეების, თანამიმდევრობისა და თანაფარდობის შესაბამისად განარჩევენ წყალსაცავის მუშაობის ერთტაქტიან, ორტაქტიან და მრავალტაქტიან რეჟიმებს [14, 18, 55, 56].

იმ შემთხვევაში, როდესაც საანგარიში პერიოდში (ჩვენს მაგალითში, წყალსამეურნეო წელიწადში) აღინიშნება ჩამონადენის სიკვარბისა და დეფიციტის თითო ქვეპერიოდი (ნახ. 19.8, ა), მაშინ წყალსაცავის მუშაობის რეჟიმი ერთტაქტიანია: წყალსაცავი ერთჯერ ივსება და ერთჯერ იცლება წყალსამეურნეო წლის განმავლობაში. ამ დროს, თუ კარბი ჩამონადენის საერთო მოცულობა (ΔV_3) აღემატება დეფიციტის საერთო მოცულობას (ΔV_2), წყალსაცავის საჭირო სასარგებლო მოცულობა ჩამონადენის დეფიციტის მოცულობით განისაზღვრება

$$V_{სს} = \Delta V_2. \quad (19.11)$$

იმ მომენტისათვის, რომელიც შეესაბამება დეფიციტის დასაწყისს (წერტილი A) წყალსაცავი ავსებული იქნება ნორმალური შეტბორვის დონემდე (ნ შ დ). დეფიციტის ქვეპერიოდის ბოლო მომენტში (წერტილი B) სასარგებლო მოცულობა მთლიანად დაიხარჯება და წყალსაცავში დონე დამუშავდება მკვდარ მოცულობამდე.

ზღინარის ჩამონადენის შედარებით რთული კიდროგრაფის შემთხვევაში (მაგალითად, ერთდროულად ხაფხულისა და შემოდგომის წყალდილობების არსებობისას), წყალსამეურნეო წლის განმავლობაში შეიძლება გამოიკვეთოს ჩამონადენის სიკვარბისა და დეფიციტის ორი-ორი ან უფრო მეტი ქვეპერიოდი. ასეთი სქემები შეესაბამება წყალსაცავის მუშაობის ორტაქტიან ან მრავალტაქტიან რეჟიმებს; ამასთან შესაძლებელია სიკვარბისა და დეფიციტის თანაფარდობის სხვადასხვა ვარიანტები.

იმ შემთხვევაში, როდესაც სიკვარბის ყოველი ქვეპერიოდის მოცულობა აღემატება მისი მომდევნო დეფიციტის მოცულობას და საანგარიშო პერიოდი იყოფა ორ ურთიერთდამოუკიდებელ ციკლად, ადგილი აქვს წყალსაცავის ორტაქტიან მუშაობას დამოუკიდებელი ციკლით (ნახ. 19.8, ბ); წყალსაცავის სასარგებლო მოცულობა ეტოლება უდიდეს დეფიციტს

$$V_{სს} = \Delta V_2^{max}; \quad (19.12)$$

უდიდეს დეფიციტის დასაწყისისათვის წყალსაცავი ავსებული იქნება ნ შ დ-მდე, ხოლო ამ ქვეპერიოდის ბოლოს დამუშავდება მკვდარი მოცულობის დონემდე.

თუ მეორე დეფიციტი აღემატება მის წინამორბედ სიკვარბს

ნახ. 19,8,გ), მაშინ მოცულობის ეს დანაკლისი უნდა მომარაგდეს პირველი (უდიდესი) სიკვარძიდან. ეს პირობა შეესაბამება წყალსაცავის მუშაობის ორტაქტიან რეჟიმს დამოკიდებული ციკლით; ასეთი თანაფარდობისას

$$P_{სს} = \Delta V_{e1} + \Delta V_{e2} - \Delta V_{e3}. \quad (19.13)$$

წყალსაცავი ივსება ნ შ დ-მდე პირველი დეფიციტის დასაწყისში. ნაწილობრივ მუშავდება პირველი დეფიციტის ბოლოს, ხოლო შემდგომ იცლება მკვდარ მოცულობამდე მეორე დეფიციტის დასასრულს.

შესაძლებელია აგრეთვე წყალსაცავის მუშაობის ორტაქტიანი თუ მრავალტაქტიანი რეჟიმის უფრო რთული ფორმები [14, 18].

● ჩამონადენის რეგულირების გაანგარიშებისას განასხვავებენ პირდაპირ და შებრუნებულ ამოცანებს. პირდაპირი ამოცანა გულსხმობს წყალსაცავის სასარგებლო მოცულობის განსაზღვრას, როდესაც ცნობილია მოხმარების (დარეგულირებული) ხარჯები და წყალსაცავის ნუშაობის რეჟიმი; შებრუნებულ ამოცანის დროს ანგარიშობენ წყალსაცავის გაცემას, როცა წინასწარ განსაზღვრულია წყალსაცავის სასარგებლო მოცულობა და მუშაობის რეჟიმი.

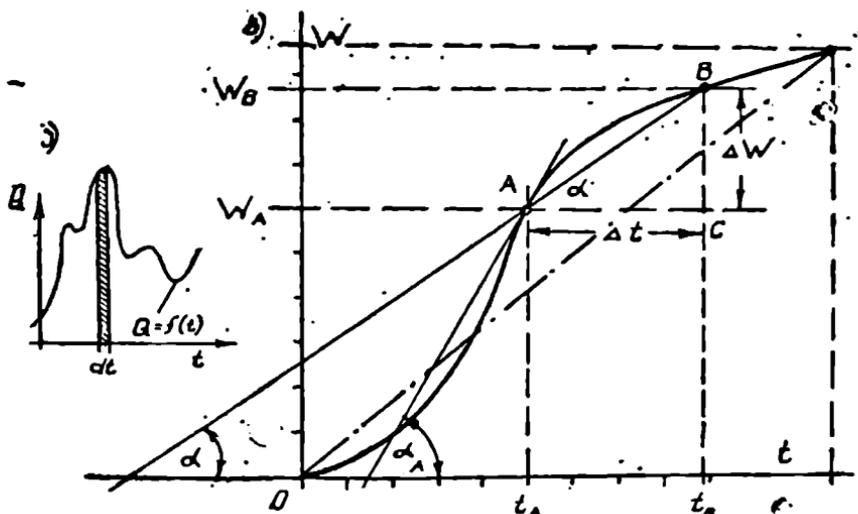
19. 4. 2. წყალსამუხრანო განაბარიშვების ზრდიკული მეთოდი

წყალსაცავში წყლის შემონადენისა და წყალსაცავიდან წყლის მოხმარების შეპირისპირების თვალსაჩინოებისათვის აგებენ შემონადენისა (მდინარის ჩამონადენისა) და მოხმარების ინტეგრალურ მრუდებს, რომელთაც წყალსამუხრანო ამოცანების აშკაშინდელი მკვეთრი ვართულების პირობებშიც კი არ დაუკარგავთ თავიანთი აქტუალობა.

● სანამ უშუალოდ წყალსამუხრანო გაანგარიშებაზე გადავიდოდეთ, ავხსნათ ინტეგრალური მრუდის ეთავარი თვისებები. ჩამონადენის პიდროგრაფზე გამოვყოთ ელემენტარული ზოლი dt ფუძით (ნახ. 19 9, ა); ფართობი $Q \cdot dt$ განსაზღვრავს ჩამონადენის dW მოცულობას დროის dt ინტერვალში $dW = Q \cdot dt$; მთელი პიდროგრაფის ფართობით კი გამოისახება ჩამონადენის საერთო მოცულობა W პერიოდში

$$W = \int_0^t Q dt. \quad (19.14)$$

თუ ჩამონადენის t პერიოდის განმავლობაში აღვნიშნავთ t_1, t_2, \dots მომენტებს, თანამიმდევრულად გამოვთვლით $O-t_1, O-t_2, \dots$ ინტერვლების შესაბამის ჩამონადენის მოცულობებს (W_1, W_2, \dots) და გადავზომავთ მათ ორდინატთა ღერძზე, მივიღებთ მრუდს, რომელიც ახასიათებს წყლის ჯამური ჩამონადენის ცვალებადობას t დროის განმავლობაში და



ნახ. 19.9. ჩამონადენის ინტეგრალური მრუდი (OABD)

მას ჩამონადენის (წყალსაცავში შემონადენის) ინტეგრალურ მრუდს უწოდებენ (ნახ. 19.9, ბ).

ინტეგრალური მრუდის ასაგები ორდინატების უშუალოდ (19.14) ანალიზური გამოსახულებიდან განსაზღვრა დაკავშირებულია $Q = f(t)$ ჰიდროგრაფის განტოლების ჰერჩევის უპრობლემოდ სამუშაოსთან და პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტისას არცაა საჭირო; საეცებით საქმარისია ამ მიზნით სასრულო სხვაობების მეთოდის გამოყენება: დროის Δt ინტერვალში ჩამონადენის მოცულობა იქნება $\Delta W = Q \cdot \Delta t$, ხოლო ჯამური ჩამონადენი გამოისახება ტოლობით

$$W = \sum_0^t Q \cdot \Delta t. \quad (19.15)$$

აღნიშნულის გამო ინტეგრალურ მრუდს ზოგჯერ ჩამონადენის ჯამურ მრუდსაც უწოდებენ. ჩამონადენის ინტეგრალური (ჯამური) მრუდის აგების მეთოდი საშუალებას გვაძლევს ჩამოვყალიბოთ მისი მთავარი თვისებები:

— ინტეგრალური მრუდის ორდინატა ნებისმიერი მომენტისათვის იძლევა ჯამური ჩამონადენის რეზერვულობას აგების დასაწყისიდან ამ მომენტამდე;

— ორი ნებისმიერი ორდინატის სხვაობა არის ჯამური ჩამონადენი ამ ორდინატთა შესაბამის დროის შუალედში;

— A და B წერტილებში ინტეგრალური მრუდის მკვეთის აბსცისათა ღერძთან დაბრის კუთხის ტანგენსი გამოსახავს ამ წერტილებს შორის დროის ინტერვალში ჩამონადენის საშუალო ხარჯს

$$tg \alpha = BC/AC = \Delta W/\Delta t = Q_{\text{სა.}} \quad (19.16)$$

—თუ ინტეგრალური მრუდის O სათავესა და D ბოლოს სწორი ხაზით შევავრთებთ, მაშინ ეს უკანასკნელი დაახასიათებს მთელი პერიოდისათვის იმ შედმეგ საშუალო ხარჯს, რომლის დროსაც ჩამოდენილი წყლის საერთო მოცულობა ისეთივე იქნება, როგორც ხარჯების რეალური (არათანაბარი) განაწილებას დროს;

— B წერტილის A -სთან მიანლობისას ზღვარში AB მკვეთი გადაიქცევა მხებად და მისი აბსცისათა ღერძთან დაბრის კუთხის ტანგენსი გამოსახავს ჩამონადენის ხარჯს A წერტილში (t_A მომენტში)

$$tg \alpha_A = dW/dt = Q_A \quad (19.17)$$

შენიშნათ, რომ (19.16) და (19.17) გამოსახულებები მართებულა მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ინტეგრალური მრუდი აგებულია რიცხობრივად ერთ და იგივე მასშტაბში (მაგალითად, 1 მილიმეტრიან მონაკვეთს ორდინატთა ღერძზე შეესაბამება 1 მ³, აბსცისთა ღერძზე კი 1 წამი). თუ ჩამონადენის მოცულობების მასშტაბია m_W , დროის მასშტაბი კი— m_t , მაშინ (19.17)-ის ნაცვლად გვექნება

$$Q_A = tg \alpha_A \cdot \frac{m_W}{m_t} \quad (19.18)$$

პრაქტიკულად ინტეგრალური მრუდიდან წყლის ხარჯები აითვლება სპეციალურად ამ მიზნით აგებული სხეული მასშტაბის მეშვეობით [5, გვ. 168; 8, გვ. 133; 14, გვ. 249; 23, გვ. 328; 46, გვ. 461].

როდესაც ინტეგრალური მრუდის აგება გვიხდება ხანგრძლივი (მაგალითად, მრავალწლიანი) პერიოდისათვის; მაშინ მართკუთხას ნაცვლად იყენებენ ირიბკუთხა კოორდინატებს, რათა მიიღონ სიმალლეში მოსახერხებელი ზომის ნახაზი [5, გვ. 170; 8, გვ. 135; 23, გვ. 329; 46, გვ. 461].

● ინტეგრალური მრუდის თვისებები საშუალებას იძლევა წყლის ჩამონადენისა და წყლის მოხმარების საანგარიშო ინტეგრალური მრუდების საფუძველზე დავადგინოთ წყალსაცავის სასარგებლო (სარეგულაციო) მოცულობა ($V_{\text{სა.}}$). წყალსამეურნეო გაანგარიშებათა ამ ხერხს ძირითადში მიმართავენ იზოლირებული წყალსაცავებისათვის წყლის მკაცრი გრაფიკით. გრაფიკული მეთოდებით წყალსაცავის მოცულობის დადგენისას, როგორც წესი, მხედველობაში არ იღებენ წყალსაცავიდან

ბას, ხოლო $B'A'$ — იმავე პერიოდში მოხმარებისათვის წყალსაცავიდან გადინებულ მოცულობას; აქედან, ცხადია, რომ $B'B = B'A' - BA'$ დეფიციტის დასაფარავად წყალსაცავს საჭიროა ჰქონდეს სასარგებლო (სარეგულაციო) მოცულობა

$$V_{სს} = B'B. \quad (19.19)$$

ასე რომ, წყალსაცავის სასარგებლო მოცულობა (წყალსაცავიდან დანაკარგების გაუთვალისწინებლად) იმ უდიდესი ორდინატის ტოლია, რომელიც მოთავსებულია ჩამონადენის ინტეგრალური ზოუდის ზედა და ქვედა პარალელურ ნიხებს შორის.

19. 4. 3. წყალსამეურნეო გაანგარიშების ცხრილური მეთოდი

გრაფიკული მეთოდისგან განსხვავებით, წყალსამეურნეო გაანგარიშებების ცხრილური ბალანსური მეთოდი გამოიყენება პრაქტიკულად შეუზღუდავად; მისი უპირატესობაა აგრეთვე ელექტრონულ-გამომთვლელი მანქანების ფართო გამოყენებას შესაძლებლობა.

გაანგარიშებათა ცხრილური მეთოდი დაიყვანება წყალსაცავის წყლის ბალანსის განტოლებამდე დროის გარკვეული ინტერვალებისათვის; ასეთ ინტერვალზე, ჩვეულებრივ, იღებენ თვეებს, ხოლო წყალდიდობისა თუ წყალმოვარდნის სეზონებში — უფრო ხანმოკლე პერიოდებს: დეკადებს, ხუთდღიურებს და, ზოგ შემთხვევაში, დღელაშეებს.

წყალსამეურნეო გაანგარიშებებს წლიური რეგულირების შემთხვევაში აწარმოებენ წყალსამეურნეო წლის თანამიმდევრობით: წლიური წყალსამეურნეო ციკლის დასაწყისი და დასასრული, ჩვეულებრივ, შეფარდება წყალდიდობის სეზონის დასაწყისს (წყალშეცობის სეზონის დასასრულს), ანუ იმ მომენტს, როცა წყალსაცავი დაკლილია მკვდარი მოცულობის დონემდე. ცხრილის სამუშაო ფორმა სპეციალურად არაა განსაზღვრული; ის ერთმანეთსგან განსხვავდება უმთავრესად იმისდა მიხედვით, თუ როგორია გაანგარიშებათა თანამიმდევრობა და წყალსაცავიდან წყლის დანაკარგების აღრიცხვის მეთოდია [14, გვ. 260]. წყალსამეურნეო გაანგარიშების ცხრილური მეთოდი წლიური რეგულირების წყალსაცავისათვის გაცემის მუდმივი ხარჯით განვიხილოთ რიცხვითი მაგალითის სახით.

ვთქვათ დასაგეგმარებელი ჰიდროკვანძის მთავარი დანიშნულებაა მსხვილი საქრეწველო ცენტრის წყალმომარაგება; 19.4 ცხრილის შესაბამისად წყალსაცავის გაცემის საანგარიშო უზრუნველყოფამ უნდა შეადგინოს 97%. მდინარეზე არსებული ჰიდროლოგიურ დაკვირვებათა რიგიდან შევარჩიეთ ამ უზრუნველყოფის წყალშეცირე წელი და ამ წლის ხარჯები (ცარ. 19.5) მივიღეთ საანგარიშოდ.

თვეები	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	საშუალო წლიური
ხარჯი, გ/წმ	17,4	14,9	15,9	36,9	86,5	43,9	13,8	10,6	39,0	31,3	18,3	13,3	29,5

წყალსაცავიდან წყლის მოხმარების (დარეგულირებული) ხარჯი (ჰობს) განსაზღვრულია წყალმომარაგების ნორმებით და შეადგენს 20 გ/წმ. საბიუჯეტო რეგულირების აუცილებლობა, რადგან I, II, III, VII, VIII, XI და XII თვეების ხარჯები 20 გ/წმ-ზე ნაკლებია. ვინაიდან მდინარის საანგარიშო 97% უზრუნველყოფის წყალმცირე წლის ჩამონადენია 28,5·T სკარბობს წყლის წლიური მოხმარების მოცულობას 20·T, ამიტომ წყალსაცავის რეგულირების მასშტაბი განისაზღვრება წლიური რეგულირებით (აქ $T=31536000$ წამების რაოდენობაა წელიწადში).

მდინარის ჩამონადენის საანგარიშო ჰიდროგრაფი (ცხრილი 19.5) ცხადყოფს, რომ წყალსამეურნეო წლის დასაწყისი ემთხვევა აპრილის თვეს (ამ თვიდან იწყება გაზაფხულის წყალციდობის ფაზა).

წყალსამეურნეო გაანგარიშების მსვლელობა მოცემულია 19.6 ცხრილში. წყალსაცავიდან წყლის დანაკარგები აორთქლებაზე, ფილტრაციასა და ყინულწარმოქმნაზე (§ 19.1.2) გამოთვლილია მიახლოებით და თავმოყრილია მე-3...6 სვეტებში. აღსანიშნავია ის დეტალი, რომ XI...III თვეებში წყლის დანაკარგი ყინულის წარმოქმნაზე (0,1+0,3+0,3+0,5+0,2=1,4 გ/წმ) მეოთხე თვეში (ყინულის დნობის დროს) წარმოგვიდგება წყლის ბალანსის დადებით შესაკრებად. დროის საანგარიშო ინტერვალებში (თვეებში) წყალსაცავში შემოდინებული ხარჯებისა (სვეტი 2) და ჯამური დანაკარგების (სვეტი 6) სხვაობა წარმოადგენს მდინარის ანუ წყალსაცავში შემოდინებულ ნეტო ხარჯებს (სვეტი 7). წყალსაცავის ნეტო ხარჯებისა და მოხმარების ჰიდროგრაფები მოცემულია 19.11 ნახაზზე. ნახაზიდან ჩანს, რომ XI...III თვეებში მდინარის ხარჯები მოხმარების (დარეგულირებულ) ხარჯზე ნაკლებია და ამ პერიოდში წყალმოსარგებლეთა უზრუნველყოფა კობდება წყალსაცავის სასარგებლო მოცულობის ხარჯზე; ამიტომ III თვის ბოლოსათვის ანუ წყალსამეურნეო წლის დასაწყისისათვის წყალსაცავი უნდა დაიცალოს სარეგულაციო პრიზმის მინიმალურ მკვდარი მოცულობის ($V_{აკვ}$) დონემდე. ამ მოცულობას ვადგენთ სათანადო (წინასწარ) გაანგარიშებათა შედეგად (§ 19.1.2): ვთქვათ, $V_{აკვ}=100$ მლნ მ³; საანგარიშო წყალსაცავის მოცულობებისა და სარკობრივი ზედაპირების ფართობების არსებული მრუდების საფუძველზე ვსაზღვრავთ მკვდარი მოცულობის დონეს (450 მ) და ამ დონეზე სარკობრივ ზედაპირის ფართობს—20 კმ². აღნიშნული სიდიდეები წარმოადგენენ წყალსაცავის საწყის პარამეტრებს.

ბის ორტაქტიან დამოუკიდებელ ციკლს (ნახ. 19.8, ბ), რომლის დროსაც წყალსაცავის სასარგებლო მოცულობა გამოითვლება (19.12) ფორმულით

$$V_{სს} = \Delta V_{ცოქ} = 58,9 \text{ მლნ მ}^3.$$

წყალსაცავის სრული მოცულობა კი შეადგენს

$$V_{სს} = V_{გვ} + V_{სს} = 100 + 58,9 = 158,9 \text{ მლნ მ}^3.$$

წყალსაცავის არსებული მრუდებიდან ვადგენთ წყალსაცავის ამ სრულ მოცულობის შესაბამის ნორმალური შეტბორვის (ნ შ დ) დონეს—470,5 მ და სარკობრივი ზედაპირის ფართობს—80 კმ².

წყალსამეურნეო წლის დასაწყისში ანუ I აპრილისათვის წყალსაცავის სასარგებლო მოცულობა მთლიანად დამუშავებულია მკვდარ მოცულობამდე (V450). აპრილის ქარბი შემონადენი (+43,4 მლნ მ³) და მაისის ქარბი შემონადენის (+174,9 მლნ მ³) ნაწილი 15,5 მლნ მ³ ხმარდება წყალსაცავის შევსებას სრულ მოცულობამდე (100+43,4+15,5=158,9 მლნ მ³) ანუ ნორმალური შეტბორვის დონემდე (470,5 მ). მაისის ჩამონადენის ნაწილი (174,9—15,5=159,4 მლნ მ³), ივნისის თვის მთლიანი ჩამონადენი (-158,3 მლნ მ³) და ოქტომბრის ჩამონადენის ნაწილი (28,4—3,4=-25 მლნ მ³) წყალსაგდები ნაგებობებით გადაიღვრება ქვემო ბეფში; ასე რომ, V, VI და X თვეების ბოლოსათვის წყალსაცავი მთლიანად საგსეა. ივლისის დასაწყისიდან აღინიშნება წყლის დანაკლისი და აგვისტოს ბოლოსათვის წყალსაცავი დამუშავდება 103,1 მლნ მ³-მდე (V452,2მ) სექტემბერ-ოქტომბრის წყალმოვარდნის ბოჯზე ოქტომბრის თვის ბოლოს წყალსაცავი ისევ შეივსება ნ შ დ-მდე. XI—III თვეებში წყლის მოხმარება სკარბობს შემოღინებას და წყალსამეურნეო წლის ბოლოს წყალსაცავი დამუშავდება მინიმალურ—მკვდარი მოცულობის დონემდე (450 მ). ამ მომენტიდან დაიწყება წყალსაცავის რეგულირების ახალი წყალსამეურნეო ციკლი. წყალსაცავში წყლის დონე და სარკობრივი ზედაპირების ფართობი ყოველი თვის ბოლოს (მე-15, 17 სექტები) განისაზღვრება წყალსაცავის არსებული მრუდების მიხედვით, მე-16 და მე-18 სექტებში მოყვანილია მათი თვეში საშუალო მნიშვნელობები.

საბოლოოდ შეეჯამოთ წყალსამეურნეო გაანგარიშების შედეგები: $V_{გვ} = 100$ მლნ მ³, $V_{სს} = 58,9$ მლნ მ³, $V_{სს} = 158,9$ მლნ მ³, მკვდარი მოცულობის დონე—450 მ, ნ შ დ—470,5 მ, წყალსაცავის ამოკმედების (სარეგულაციო პრიზმის) სიმაღლე 470,5—450=20,5 მ; წლიური რეგულირება სრულდება წყალსაცავის მუშაობის ორტაქტიანი რეჟიმის დამოუკიდებელი ციკლით.

10. 4. 4. წყალსამუშაოთა განხორციელება ალბათობის თეორიის
განზოგადებული მეთოდით

წყალსაცავების მრავალწლიური რეგულირების შემთხვევაში მი-
შართვიან წყალსამუშაოთა განხორციელებათა ყველა არსებულ ხერხს, უმ-
თიერესად კი ალბათობის თეორიის განზოგადებულ მეთოდებს [5, გვ.
201; 8 გვ. 138; 23, გვ. 334; 46, გვ. 463; 55, გვ. 364]. წყალსაცავების
რეგულირების ამოცანებში სტატისტიკური მეთოდების გამოყენების
მიზანშეწონილობა აიხსნება იმ გარემოებით, რომ მდინარის ჩამონადე-
ნი წარმოადგენს შემთხვევით სიდიდეს და ემორჩილება ალბათური ცვა-
ლებადობის კანონს. მოხმარების (წყალსაცავის ვაქცემის) შკაცრი გრაფი-
კის დროს მიმართვიან ს. კრისკისა და მ. მენკელის, ა სავარენსკის,
გ. ივანოვის და სხვათა მეთოდებს; წლებში ცვალებადი მოხმარების
გრაფიკის შემთხვევაში ეფექტური ხდება ჩამონადენის დამოღეღირებუ-
ლი რიგების გამოყენება (მონტე-კარლოს ანუ სტატისტიკური გამოცდის
მეთოდი), რაც საშუალებას გვაძლევს გამოვიყვილიოთ წყალსაცავის მუ-
შაობის რეჟიმი მდინარის ჩამონადენის შესაძლო რეალიზაციის დიდი
რაოდენობისათვის.

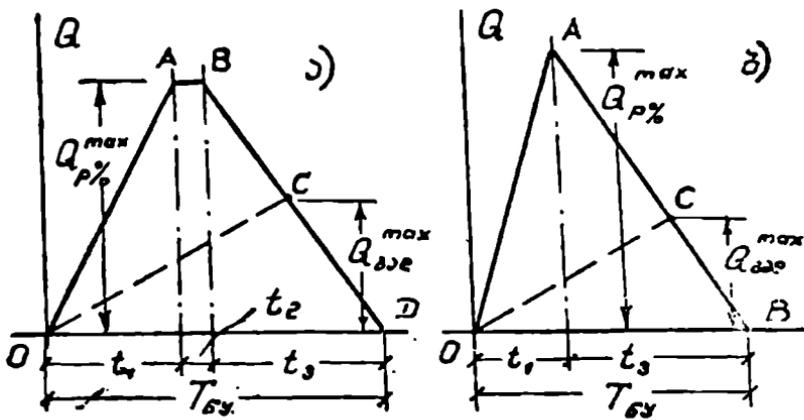
§ 10. 5. წყალსაცავით წყალდიდობის (წყალმოვარდნის)
მეასიმაღური ჩამონადენის რეგულირება

როდესაც წყალსაცავის სასარგებლო ტევადობა მდინარის წყალ-
უბვი პერიოდის ჩამონადენის მნიშვნელოვან ნაწილს შეადგენს, შესაძ-
ლებელი ხდება წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) ჰიდროგრაფის გარკვე-
ული მოცულობის მასში დაგროვება და მისი შემდგომი გამოყენება
მდინარეში დაბალი ხარჯების პერიოდში; როგორც ვიცით, სწორედ
იმაში მდგომარეობს წყალსაცავებით ჩამონადენის რეგულირების მთავა-
რი პრინციპი.

როცა ლაპარაკია წყალსაცავებით წყალდიდობის (წყალმოვარდნის)
შეკისმაღური ჩამონადენის რეგულირებაზე, განიხილვიან უფრო შკაცრი
საწყის პირობებს: წყალსაცავი შეესებუღია ნორმაღური შეტბორვის
დონემღდ და საანგარიშო უზრუნვეღყოფის შეკისმაღური ჩამონადენის
რეგულირება უნდა მოხდეს ფორსირების ($V_{\text{ფ}}$) მოცულობის ხარჯზე. რე-
გულირების პრინციპი ამ შემთხვევაშიც იგივეა—საანგარიშო უზრუნვეღ-
ყოფის $Q_{\text{შ}}^{\text{მა}}$ ხარჯის რაღაც ნაწიღი „წაიკვეთება“ ფორსირებულ მო-
ცუღობაში დროებით დაგროვების გზით. ამ ამოცანის წარმეტრებით გა-
ღაწყვეტას დიდი მნიშვნეღობა აქვს იმიტომ, რომ გადასაღლები ხარჯე-
ბის შემციარების შეღევად შესაძლებელი ხდება წყალსაღლები ნაკებობე-

ბისა თუ ხერტების ზომების შემცირება, უმჯობესდება ქველბიეფში წყალდიდობის წყლების გატარების პირობები, მცირდება ზარალი.

წყლის კორიზონტის ნორმალურ დონის ზემოთ აწევა დაკავშირებულია მრავალ სირთულეებთან: წყალშემტორი ნაგებობების სიმაღლის გაზრდა, დაშატებითი ტერიტორიების დატბორვა, შეტბორვა და სხვ; ამიტომ ფორსირებულ მოცულობის ოპტიმალური მნიშვნელობა უნდა დადგინდეს ტექნიკურ-ეკონომიკურ გაანგარიშებათა საფუძველზე. რაც შეეხება გაზაფხულის წყალდიდობის (წვიშების წყალმოვარდნის) საანგარიშო პირობებს, რომელიც, რა თქმა უნდა, წარმოადგენს უმთავრეს საწყის მონაცემს, ის განისაზღვრება ცნობილი მეთოდებით (§ 7.5). წყალსამეურნეო გაანგარიშებათა პრაქტიკაში ხშირად მიმართავენ გამარტივებულ ხერხს: წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) საანგარიშო პირობებს წარმოადგენენ სქემატიზებული სახით (ნახ. 19.12). ეს მეთოდი ცნობილია დ. კოჩერინის სახელწოდებით და გულისხმობს იმ დაშვებებს, რომ საანგარიშო წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) $T_{ფ}$ პერიოდის განმავლობაში წყლის t_1 აწევის და t_2 დაწევის ფაზებში ხარჯები იცვლება წრფივი კანონით. სქემატიზებული პირობებები ითვლება საანგარიშო $Q_{ფ}^{max}$ ხარჯის საფუძველზე შემდეგი რეკომენდაციების გათვალისწინებით: ტრაპეციული ფორმის საანგარიშო პირობების შექმნევაში (მდინარეებისათვის წყალშეჰქრებით 300...500 კმ² ფარგლებში) $t_1 \approx$



ნახ. 19.12. წყალსაცავით წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) მაქსიმალური ჩამონადენის რეგულაციების საანგარიშო სქემები. ა—ტრაპეციული ფორმის წყალდიდობის პირობები; ბ—საშუალო ფორმის წყალდიდობის პირობები.

$\approx t_2 = 0,45 T_{\Sigma}$, $t_2 = 0,1 \cdot T_{\Sigma}$; სამკუთხა ფორმის შემთხვევაში $t_1/t_2 = 1/2 \dots 1/2,5$ — პატარა მდინარეებისათვის, $t_1/t_2 = 1/2,5 \dots 1/3$ — საშუალო და დიდი მდინარეებისათვის.

დავუშვათ, რომ წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) საინგარიზო $OABD$ და OAB ჰიდროგრაფების საწყისი O მომენტისათვის წყალსაცავი შეესებულება ნორმალურ შეტბორვის დონემდე და იგი წარმოადგენს წყალსაგდების წყალსაშვები ზღურბლის ნიშნულს. მაშინ წყალდიდობის დაწყებისთანავე ერთდრულად ადგილი ექნება წყალსაცავში დონის აწევას და ქვედა ბიეფში წყლის გადაღვრას; ეტქვათ, გადაგდებული ხარჯების გრაფიკი OC წირის შესატყვისია.

● წყალუხვობის T_{Σ} პერიოდში წყალსაცავში შემოდინებულ წყლის მოცულობა ანუ წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) მოცულობა (W_{Σ}) ტრაპეციული ჰიდროგრაფის შემთხვევაში ტოლი იქნება $OABD$ ფიგურის ფართობის (ნახ. 19.12, ა)

$$W_{\Sigma} = 0,5 \cdot Q_{p\%}^{max} (T_{\Sigma} + t_2). \quad (19.20)$$

გადაგდებული წყლის მოცულობა ამავე პერიოდში შეადგენს OCD სამკუთხედის ფართობს

$$W_{\delta} = 0,5 \cdot Q_{\delta}^{max} \cdot T_{\Sigma}. \quad (19.21)$$

მაშინ, მოცულობა წყალსაცავში ნორმალური შეტბორვის დონის ზემოთ ანუ ფორსირების მოცულობა V_{Σ} გამოისახება $OABD$ და OCD ფიგურების სხვაობით ანუ $OABC$ ფიგურის ფართობით

$$\begin{aligned} V_{\Sigma} &= W_{\Sigma} - W_{\delta} = W_{\Sigma} \left(1 - \frac{W_{\delta}}{W_{\Sigma}} \right) = \\ &= W_{\Sigma} \cdot \left(1 - \frac{Q_{\delta}^{max}}{Q_{p\%}^{max}} \cdot \frac{T_{\Sigma}}{T_{\Sigma} + t_2} \right). \end{aligned} \quad (19.22)$$

თუ ამ ტოლობას ამოვხსნით გადასაგდები მაქსიმალური ხარჯის მიმართ გვექნება

$$Q_{\delta}^{max} = Q_{p\%}^{max} \cdot (1 + t_2/T_{\Sigma}) \cdot (1 - V_{\Sigma}/W_{\Sigma}). \quad (19.23)$$

● შედარებთ უფრო მარტივი სამკუთხა ჰიდროგრაფის შემთხვევაში (ნახ. 19.12, ბ), $t_2 = 0$ და ფორმულები მიიღებენ შემდეგ სახეს:

$$V_{\Sigma} = W_{\Sigma} \cdot (1 - Q_{\delta}^{max}/Q_{p\%}^{max}), \quad (19.24)$$

$$Q_{\delta}^{max} = Q_{p\%}^{max} \cdot (1 - V_{\Sigma}/W_{\Sigma}). \quad (19.25)$$

დ. კოჩერინის მეთოდი მნიშვნელოვნად აიოლებს წყალდიდობის (წყალშოვარდნის) ტრანსფორმაციის გაანგარიშებებს, ამასთანავე, ცლო-მილება არ აღემატება 5...10%-ს.

● იმ შემთხვევაში, როდესაც წყალდიდობის (წყალშოვარდნის) და-საწყისში წყალსაცავში ნორმალურზე დაბალი დონეებია, ექმნება დამა-ტებითი შოკულობა და უკეთესი პირობები წყალუხვობის ჩამონადენის რეგულირებისათვის. ასე რომ, წყალსაცავის რაღაც დონემდე დაკლა წყალდიდობის წინ, ერთის მხრივ, ხელსაყრელია; მაგრამ, ასეთი გადაწ-ყვეტიას გადიდებული მოთხოვნა უნდა წაეყენოს პიდროლოგიური პროგნოზის საიმედოობას, რათა გამოირიცხოს წყალსაცავის სასარგებ-ლო მოცულობის არშეესების შესაძლებლობა.

XX თავი

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობაზე მოქმედი დატვირთვაბი. ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა განგებარეშების ძირითადი საკითხები

ჰიდროტექნიკური ნაგებობები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან სხვა-საინჟინრო ნაგებობებისაგან შათე წოსული დატვირთვებისა და ზემოქ-შედებების სიმრავლითა და მრავალსახეობით; გახსაკუთრებულია აგრე-თვე დატვირთვებისა და ზემოქმედებების შეხამების მრავალფეროვნება.

§ 20. 1. ჰიდროტექნიკურ ნაგებობაზე მოქმედი დატვირთვების კლასიფიკაცია

სამშენებლო ნორმებისა და წესების თანახმად განასხვავებენ ჰიდ-რონაგებობებზე მოსული დატვირთვებისა და ზემოქმედებების მუდმივ, დროებით (ხანგრძლივ, ხანმოკლე) და განსაკუთრებულ ჯგუფებს: [39, გვ. 24, დან. 4]. მუდმივ და დროებით (ხანგრძლივ, ხანმოკლე) და-ტვირთვებსა და ზემოქმედებებს მიეკუთვნება: ნაგებობის საკუთარი წო-ნა, მუდმივი მოწყობილობების წონა (საკეტები, ტურბოაგრეგატები, ტრანსფორმატორები), წყლის წნეები, ფილტრაციული წყლების ძალუ-რი ზემოქმედება (ფილტრაციისსაწინაღო და სადრენაჟო მოწყობილობე-ბის ნორმალური მუშაობის პირობებში), გრუნტის წონა და მისი გვერ-დითი დაწნევა, დაღეილი ნატინის დატვირთვა, წყალნაჯერ გრუნტებ-ში ფორული წნევა, ტემპერატურული ზემოქმედებები, ტალის, ყინუ-ლის წნევა და სხვ. განსაკუთრებული დატვირთვები და ზემოქმე-

დებები შესაბამება ნაგებობის მეშაობის განსაკუთრებულ (გართულ-
ბულ) პირობებს: ზელა ბიეუში ფორსირებულ შეტბორვის ღონე,
ფილტრაციისაწინალო და სადრენაეო მოწყობილობების ნორმალური
მუშაობის დარღვევა, პაერის საშუალო თვიური ტემპერატურის ცვაღ-
ბადობის უღიღესი აშკლიტულა; ამ კატეგორიას ძიეკუთენება იგრეთვე
სეისმური ზემოქმედებები, აფეთქების დინამიკური დატვირთვები.

პიდროტექნიკურ ნაგებობათა გაანგაოიშება საქირაო შესრულდეს
დატვირთვებისა და ზემოქმედებების ძიიიითადი და განსაკუთრებული
შეხამებით [39, გვ. 4]; ძიიითადი შეხამება შეიცავს მუღმიგ და
ღროებით (ხანგრძლივ, ხანმოკლე) დატვირთვებსა და ზემოქმედებებს,
განსაკუთრებული შეხამება—წუღმიგ, ღოებით და ერთ-ერთ
განსაკუთრებულ დატვირთვას (ზემოქმედებას). გაანგარიშებისას შეი-
ჩევა ძიღების ყვეღაზე არახელსაყრელი, მაგრამ რეღურად მოსაღღენ-
ღი შეხამება.

§ 20. 2. ჰიდროტაქნიკურ ნაგებობაზე მოქმედი დატვირთვები

პიდრონაგებობებზე მოსული დატვირთვებისა და ზემოქმედებების
გარკვეული რაოდენობა შეისწავლება სათანადო კურსებში; დანარჩენი
მოკლედ განხიღულია ქვემოთ.

20. 2. 1. ნაგებობების საკუთარი წონა

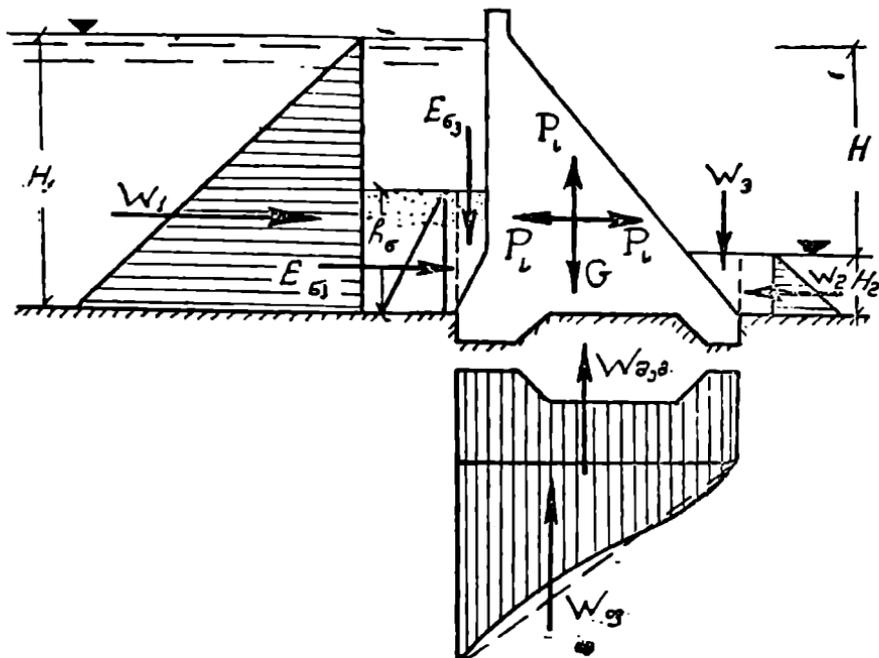
თითოეული ნაგებობისა თუ ნაგებობათა გარკვეული ნაწიღის
წონა (G) გაიანგარიშება მათი მოკუღობის გაღმრავლებით ნაგებობის
მასაღის მოკუღობით წონაზე. წონის ძაღა შოღებულია ნაგებობის
(მისი საანგარიშო ნაწიღის) სიძიიის ცენტრში და მოგეზულია ვერ-
ტიკაღურად ქვემოთ (ნახ. 20.1).

20. 2. 2. წყღის ჰიდროსტატიკური, ჰიდროდინამიკური და ფიღტრაციული წნეღები

წყღის პიდროსტატიკური და პიდროდინამიკური
წნეღის ძაღები განისაზღვრება პიდრაღღიკის ცნობიღი ფორმუღებით
[33, 51]; წყღის მოკუღობითი წონაა 9810 ნ/მ^3 (1000 კგ/მ^3), ხოღო
სიძვერღეე— 1000 კგ/მ^3 .

წყღის დიღი სიჩქარეღების ღროს განსაკუთრებულად მნიშენღოვი-
ნაა წყღის პიდროდინამიკური ძაღების პულსაციური შემღღენე-
ბი, კაფიტაციისა და აერაციის მოვღენები [11, ნაწ. I, გვ. 26].

პიდროტექნიკურ ნაგებობათა ფუძეებისა და ფერღბების გრუნტე-



ნახ. 20.1. ჰიდრონაგებობაზე მოქმედ ძირითად დატვირთვათა სქემა.

ბი სოტად თუ ბევრად წყალშეღწევალია, ამიტომ ნაგებობის მიერ შექმნილი დაწნევის შედეგად წყალი მოძრაობს ფორებიტა და ბზარებით ზედა ბიეფიდან ქვედასაკენ; აღნიშნულ მოვლენას წყლის ფილტრაცია ეწოდება. განასხვავებენ ფილტრაციას ნაგებობათა ფუძეში ანუ დაწნევით ფილტრაციას და ფილტრაციას ნაგებობათა შემოვლით ნაპირებში—უდაწნეო ფილტრაციას.

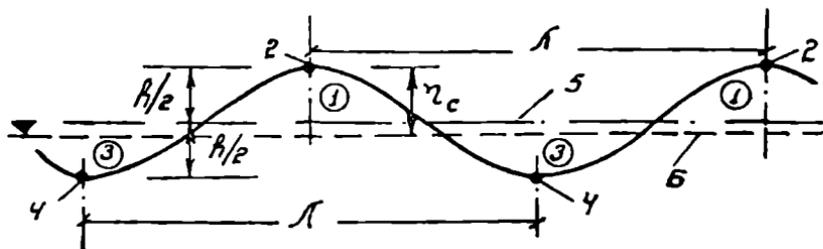
ფილტრაციული ამოცანების ძირითადი საკითხები განხილულია ქვემოთ (§ 20.5); აქ შემოვიფარგლებით მხოლოდ ფილტრაციულ წნეების (ძალების) განსაზღვრებებით.

ერთმანეთისაგან განასხვავებენ ჰიდრონაგებობაზე მოქმედი ფილტრაციული წნევის ორ სახეობას (ნახ. 20.1): შემატივტივებელ ჰიდროსტატეკურს და ფილტრაციულ ჰიდროდინამიკურს. შემატივტივებელ ჰიდროსტატეკური წნევის ეპიურის აგება რთული არ არის: წნევა ნაგებობის ძირის ნებისმიერ წერტილში შეადგენს ქვედა ბიეფის დონიდან განსახილველი წერტილის ჩაღრმავების ტოლი სიმაღლის წყლის სვეტის წონას. ფილტრაციული ჰიდროდინამიკური წნევა წყალშეშებობის ნაგებობის მიერ შექმნილი დაწნევის შედეგია.

ჰიდრონავიგაციის ძირზე ფილტრაციული ჰიდროდინამიკური წნევის ეპიურის აგება საკმაოდ რთულია (§ 20.5.2). ორივე სახის ფილტრაციული წნევის ძალა ($W_{ჰა}, W_{გ}$; ნახ. 20.1) განისაზღვრება შესაბამისი ეპიურის ფართობის მიხედვით და გაივლის მის სიძიძის ცენტრში ნავიგაციის ძირის მართობულად. ფილტრაციული და შემატეპტივებელი წნევების ეპიურების შეჯამება გვაძლევს ფილტრაციული უკუწნევის სრულ ეპიურას.

20. 2. 2. წყლის ტალღების წნევა

ღელვის დროს წყალსაცავებში წარმოქმნილი ტალღები იწვევენ წყლის ქარბ წნევას ჰიდრონავიგაციაზე და მას ტალღურ წნევას უწოდებენ. მისი სიდიდე დამოკიდებულია ტალღის ელემენტებზე, რომელთა ახსნა-განმარტებისათვის განვიხილოთ რამდენიმე თანამიმდევრული ტალღის გრძივი პროფილი (ნახ. 20.2). საშუალო ტალღური (პორიზანტალური) ხაზი ქვევით ტალღურ პროფილს ისე, რომ ჯამური ფართობები მის ზემოთ და ქვემოთ დაახლოებით თანატოლია. ტალღის თხემი ტალღის ის ნაწილია, რომელიც ტალღური ხაზის ზემოთ მდებარეობს; მის უმაღლეს წერტილს ტალღის წვერი ჰქვია. ტალღის იმ ნაწილს, რომელიც ტალღური ხაზის ქვემოთ მდებარეობს ტალღის ღრმულს უწოდებენ, მის უდაბლეს წერტილს კი—ტალღის ძირს. ტალღის წვეროს შემადგენელ მოსაზღვრე ძირის მიმართ ტალღის სიმაღლე (h) ჰქვია, ხოლო მუხობგლ წვეროებს (ძირებს) შორის პორიზანტალურ მანძილს—ტალღის სიგრძე (λ). ტალღის სიგრძის ფარდობას მის სიმაღლესთან λ/h ტალღის დამრეცობა ეწოდება. ტალღის თხემის გადაადგილების სიჩქარეს ტალღის გავრცელების სიჩქარეს უწოდებენ. ქართი მოცული წყლის ზედაპირის განფენილობა, რომლის ფარგლებშიც წარმოიქმნება, ვითარდება და ვრცელდება ტალღები, ცნობილია ქარისმიერი ტალღების გაქანების სახელწოდებით.



ნახ. 20 2 ტალღის გრძივი პროფილი. 1—ტალღის თხემი; 2—წვერი; 3—ღრმე; 4—ძირი; 5—საშუალო ტალღური ხაზი; 6—საანგარიშო (სტატეური) ღრე.

წყალსაცავში წყლის საანგარიშო დონეებს და ქარის მახასიათებლებს საზღვარიდან დაკვირვებათა პრაქტიკულიანი (არა ნაკლები 25 წლი-სა) მონაცემების სტატისტიკური დამუშავების შედეგად. დონეებისა და სიჩქარის საანგარიშო უზრუნველყოფა აიღება სითანადო ნორმების შესაბამისად [41, გვ. 31].

● ერთი და იმავე მიმართულებით ქარის ხანგრძლივი ქროლის შემთხვევაში აღგილი აქვს წყლის ჰორიზონტის აწევას (მოღენა) ქარის მიმართულებით და დონის დაწევას (გაღენა) საპირისპირო მხარეს (ნახ. 10.3). ამ ეფექტის მიზეზით წყალსაცავში წყლის საანგარიშო დონის Δh სიდიდით აწევა მხედველობაში მიიღება ფორმულით

$$\Delta h = k_0 \frac{v_0^2 \cdot L}{g \cdot d} \cdot \cos \alpha_0, \quad (20.1)$$

სადაც α_0 არის კუთხე წყალსაცავის გრძივ ღერძსა და ქარის მიმართულებას შორის, გრადუსი;

v_0 — ქარის საანგარიშო სიჩქარე წყალსაცავის ზედაპირიდან 10 მ სიმაღლეზე, მ/წმ,

$$v_0 = k_1 \cdot k_2 \cdot v_1; \quad (20.2)$$

v_1 — ქარის სიჩქარე ზედაპირიდან 10 მ სიმაღლეზე, რომლის უზრუნველყოფა I და II კლასის ნაგებობისათვის შეადგენს 2⁰/₁₀₀-ს, III და IV კლასისათვის — 4⁰/₁₀₀-ს;

k_1, k_2 — ემპირიული კოეფიციენტები [41, გვ. 31];

L — გაქანება, მ,

$$L = 5 \cdot 10^{11} \cdot v / v_0; \quad (20.3)$$

v — ჰერის სიბლანტის კინემატიკური კოეფიციენტი (10^{-5} მ²/წმ);

d — წყლის საანგარიშო სიღრმე წყალსაცავში;

k_0 — კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება ქარის v_0 სიჩქარის შესაბამისად

$v_0, \frac{m}{წმ}$	20	30	40	50
$k_0 \cdot 10^0$	2,1	3	3,9	4,8

ქარის მოღენის Δh სიმაღლემ შეიძლება მიიღწიოს რამდენიმე მეტრს. სწორედ ამ მოვლენის შედეგია ქ. ლენინგრადის პერიოდულ-დატბორებები, რომლის საწინააღმდეგოდ ამჟამად ქალაქის გარშემო შენდება დამცველი ჰიდროტექნიკური სისტემა.

● ქარის ტალღების საშუალო სიმაღლე (\bar{h}) და საშუალო სიგრძე ($\bar{\lambda}$) განისაზღვრება ნორმატიული გრაფიკების მიხედვით [11, ნაწ. I, გვ. 34; 41, გვ. 32]. ტალღების სიმაღლის საანგარიშო $p\%$ უზრუნველყოფა დგინდება ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა სახისა და კლასის შესაბამისად [41, გვ. 30]. ამ უზრუნველყოფის ტალღის სიმაღლე ($h_{p\%}$) გამოითვლება ტალღის საშუალო \bar{h} სიმაღლის მიხედვით

$$h_{p\%} = k \cdot \bar{h}, \quad (20.4)$$

სადაც k არის კოეფიციენტი [41, გვ. 33].

მიახლოებითი გაანგარიშებების შემთხვევაში ტალღის პარამეტრების დასადგენად შეიძლება გამოიყენოთ ნ. ლაბზოვსკის ფორმულები [12, გვ. 163; 25, ნაწ. I, გვ. 64].

● წყალსაცავში წლის დონისა და ტალღის ელემენტების საანგარიშო მნიშვნელობების დადგენის შემდეგ განისაზღვრება ტალღური წნევის ელემენტები: ტალღური ზედაპირის შემადგენელი წყლის საანგარიშო დონიდან, ტალღური წნევის ეპიურა, ტალღური წნევის ძალა და მისი მომენტი. ტალღებით გამოწვეული დატვირთვების ნორმატიული მნიშვნელობები გამოითვლება სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად [41]. დაპროექტების პირველ სტადიაზე ნაგებობათა გაანგარიშება ტალღურ წნევაზე შეიძლება შესრულდეს მიახლოებითი მეთოდებით [11, ნაწ. I, გვ. 35; 25, ნაწ. I, გვ. 63].

20. 2. 4. ყინულის წნევა

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა გეგმარების დროს ითვალისწინებენ მოძრავი ყინულის ველის ზემოქმედებას, ყინულის შთლდანი საფარის სტატიკურ წნევას ყინულის თერმული გაფართოების დროს, ნაგებობაზე მიყინული საფარის ზემოქმედებას წყალსაცავში წყლის დონის რყევის შემთხვევაში და სხვ [41].

მაგალითად, თავისუფლად მტურავი ცალკეული ყინულის ველის დარტყმითი ზემოქმედების ძალა (F_c) ჰიდრონაგებობის ვერტიკალურ სადაწნეო წახნაგზე განისაზღვრება ფორმულით

$$F_c = 0,07 \cdot v \cdot h_A \cdot \sqrt{A} \cdot R_c, \quad (20.5)$$

სადაც v არის ყინულის ველის მოძრაობის სიჩქარე, მ/წმ;

h_A — ყინულის საანგარიშო სისქე, მ;

A — ყინულის ველის ფართობი, მ²;

R_c — ყინულის ხორმატიული წინაღობა კუმშვაზე, მპა, რომლის მნიშვნელობა განისაზღვრება ყინულის მარილიანობისა და ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურის მიხედვით [41, გვ. 25].

წყალსაცევი დალაშული ნატანი გარკვეული წნევით მოქმედებს კაშხალზე (ნახ. 20.1). წყალსაცევის ფსკერთან განვითარებულ ნატანის წნევის პორიზონტალური შემდგენი განისაზღვრება ფორმულით

$$p = \gamma_1 \cdot h_1 \cdot \xi_1, \quad (20.6)$$

სადა γ არის კაშხლის წინ დალექილი ნატანის კუთრი წონა შეწონილ მდგომარეობაში, კნ/მ³,

$$\gamma = (\gamma_1 - \gamma) \cdot (1 - n); \quad (20.7)$$

γ_1 — დალექილი ნატანის კუთრი წონა მშრალ მდგომარეობაში;

γ — წყლის კუთრი წონა;

n — დალექილი ნატანის ფორიანობა;

h_1 — დალექილი ნატანის ფენის სისქე, მ;

ξ_1 — დალექილი ნატანის გვერდითი წნევის კოეფიციენტი.

გვერდითი წნევის კოეფიციენტის მნიშვნელობა დაშოკიდებულია დალექილი გრუნტების თვისებებზე და დეტვირთვის ქვეშ ნაგებობის ძვრადობის ხარისხზე.

● თუ დალექილი ნატანი შედგება ქვიშოვანი, ქვიშა-ბრეშოვანი და საერთოდ მახვილმარცვლოვანი მასალებისაგან, მაშინ უძვრადი ნაგებობისათვის (კლდოვანი ფუძეები ან არაკლდოვანი ფუძეები, როდესაც პორიზონტალური გადაადგილებები დამთავრებულია) ξ_1 გამოითვლება როგორც უძვრადობის გვერდითი წნევის ξ_1 კოეფიციენტი [11, ნაწ. I, გვ. 42; 25, ნაწ. I, გვ. 69]; მისი მიახლოებითი მნიშვნელობებია: მკვრივი ქვიშებისათვის — 0,49, საშუალო სიმკვრივის ქვიშებისათვის — 0,52, ფხვიერი ქვიშებისათვის — 0,64, თხელებისათვის — 0,67...1,0.

● დალექილი ნატანის იგივე გრუნტების შემთხვევაში და ძვრადი ნაგებობისათვის ξ_1 კოეფიციენტი განისაზღვრება ფორმულით

$$\xi_1 = \cos^2 \frac{\alpha}{2} \frac{\varphi}{\cos^2 \frac{\alpha - \varphi}{2}}, \quad (20.8)$$

სადა α არის ნაგებობის სადაწნეო წახნაგის პორიზონტთან დაბრის კუთხე;

φ — დალექილი ნატანის შიგა ხახუნის კუთხე.

ვერტიკალური სადაწნეო წახნაგებისათვის ($\alpha = 90^\circ$):

$$\xi_1 = \cos^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right). \quad (20.9)$$

● დამა წყალსაცევეში კაშხალთან იღებება მხოლოდ ლამისა და თხის უწვილესი ფრაქციები და კოლოიდური ნაწილაკები. ისეთი გრუნტებისათვის შიგა ხახუნის კუთხე (φ) ნულს უახლოვდება და ნაგე-

ბობის ძვრადობის ნებსსმეირ პირობებში გვერდითი წნევის კოეფიციენტი $\xi_6 = 1$.

● ნატანის წნევის ძალის პოროზონტალური შემდგენი კაშხლის 1 მ სიგრძეზე [43, გვ. 12]

$$E_{\xi_6} = 0,5 \cdot \gamma_6 \cdot h_6^2 \cdot \xi_6 \quad \text{დნ/მ} \quad (20.10)$$

ნატანის წნევის ძალის ვერტიკალური შემდგენი (E_{ξ_6}) კი ნატანის წნევის ტანის წონის (ნახ. 20.1) ტოლი იქნება.

20. 2. 8. სეისმური დაზვირთვაბი

საბკოთა კავშირის ტერიტორიის 13%-ზე შეტვი განიციდის ძლიერი მიწისძვრების ზემოქმედებას (7 ბალი და ძუტი). სეისმურად სახიფათო ზონებია, მაგალითად, კარპატისპირეთი, ყირიში, კავკასია, თურქმენეთი, შუა აზია, ჩუკოტკა, შორეული აღმოსავლეთი, სახალინი, კამჩატკა, კურილიის კუნძულები. პიდრონაგებობის მშენებლობის რაიონში მიწისძვრის ძალა ფასდება სეისმურობით, რომელიც გამოისახება ბალობით და მიღება საბკოთა კავშირის ტერიტორიის სეისმური დარაიონების რუკების [42, გვ. 47, დან. 2] ან სეისმურ რაიონებში განლაგებული ძირითადი დასახლებული პუნქტების სიის მიხედვით [42, გვ. 27, დან. 1].

მიწისძვრის დროს ფუძის სეისმური რხევების გავლენით ნაგებობებში წარმოიქმნება ინერციული ძალები, რომელთაც სეისმურ ძალებს უწოდებენ. სეისმურად სახიფათო რაიონებში წარმატებით პიდროტექნიკური მშენებლობისათვის აუცილებელია მიწისძვრის შესაძლო მაქსიმალური ძალის პროგნოზი და გათვალისწინება ნაგებობის გაანგარიშებისას. სეისმური ძალები მოკულობითია და მოდებულია სიმძიმის ცენტრში (ნახ. 20.1). რაც შეეხება მათ მიმართულებას, ის შეიძლება იყოს სივრცეში ნებისმიერი: რთული გეომეტრიული ფორმების გაანგარიშებისას საკირაა შეირჩეს ნაგებობისათვის ყველაზე სახიფათო მიმართულება. სეისმური ძალები განისაზღვრება თანამედროვე თეორიების საფუძველზე ან მიახლოებითი მეთოდებით [11, ნაწ. I, გვ. 140; 25, ნაწ. I, გვ. 70; 42, გვ. 20].

§ 20. 2. პიდროტექნიკურ ნაგებობათა გაანგარიშების პირითადი დეპულევაბი

პიდროტექნიკური ნაგებობები, მათი კონსტრუქციები და ფუძეები გაიანგარიშება ზღვრული მდგომარეობის მეთოდით; ამასთან, განიხილება ზღვრული მდგომარეობის ორი ჯგუფი [11, ნაწ. I, გვ. 168; 39, გვ. 2];

პირველი (ნაგებობების, მათი კონსტრუქციებისა და ფუძეების სრული გამოუსადეგობა ექსპლუატაციისათვის) გულისხმობს ნაგებობა-ფუძის სისტემის საერთო სიმტკიცისა და მდგრადობის შემოწმებას, ფუძეებისა და გრუნტის ნაგებობების საერთო ფილტრაციული სიმტკიცის განსაზღვრას, ნაგებობათა იმ ცალკეული ელემენტების გაანგარიშებას, რომელთა დანგრევას მოჰყვება ნაგებობის მწყობრიდან გაშოსვლა და სხვ;

მეორე (ნორმალური ექსპლუატაციისათვის გამოუსადეგობა) ითვალისწინებს გაანგარიშებებს ფუძეების ადგილობრივ სიმტკიცეზე, გადაადგილებებისა და დეფორმაციების შეზღუდვაზე, ბზარებისა და საშენებლო ნაქერების წარმოშობასა თუ გახსნაზე, ადგილობრივი ფილტრაციული სიმტკიცის დარღვევაზე და სხვ.

პირობა, რომელიც უზრუნველყოფს ზღვრული მდგომარეობის არღებებას, ჩაიწერება შემდეგი სახით

$$\gamma_{ic} \cdot F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot R, \quad (20.11)$$

სადაც γ_{ic} არის დატვირთვათა შეხამების კოეფიციენტი (ცხრ. 20.1) [39, გვ. 3];

F — განზოგადებული ძალური ზემოქმედების (ძალა, მომენტი, ძაბვა), დეფორმაციისა ანდა სხვა პარამეტრის საანგარიშო მნიშვნელობა, რომლის მიხედვითაც ხდება ზღვრული მდგომარეობის შეფასება;

R — განზოგადებული ზიდვისუნარიანობის, დეფორმაციის ანდა სხვა პარამეტრის საანგარიშო მნიშვნელობა, რომელიც განისაზღვრება პროექტორების ნორმებით;

γ_c — მუშაობის პირობების კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ნაგებობის, კონსტრუქციისა თუ ფუძის ტიპს, მასალის სახეს, საანგარიშო სქემის მიახლოებულობას ზღვრული მდგომარეობის სახეს და სხვა ფაქტორებს; იგი განისაზღვრება სხვადასხვა სახის ჰიდრონაგებობების, მათი კონსტრუქციებისა და ფუძეებისათვის მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტაციის საფუძველზე;

γ_n — საიმედოობის კოეფიციენტი ნაგებობის პასუხისმგებლობაზე (დანიშნულებაზე); ის გულისხმობს ნაგებობის კაპიტალობას (კლასს) და შედეგების მნიშვნელოვნობას ამა თუ იმ სახის ზღვრული მდგომარეობის დადგომისას (ცხრ. 20.2) [39, გვ. 3].

წინა პარაგრაფში განვიხილეთ ჰიდრონაგებობებზე მოქმედი დატ-

ვირთვები და ზემოქმედებები, დატვირთვების (ზემოქმედებების) საანგარიშო მნიშვნელობები განისაზღვრება დატვირთვების (ზემოქმედებების) ნორმატიულ მნიშვნელობების გადამრავლებით დატვირთვაზე საიმედოობის γ_f კოეფიციენტზე. დატვირთვათა ნორმატიული მნიშვნელობები საკიროა განისაზღვროს ცალკეული სახის ჰიდრონაგებობის, მათი კონსტრუქციებისა და ფუძეების პროექტირების სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად. საიმედოობის კოეფიციენტი დატვირთვაზე γ_f კი მიიღება: ზღვრული მდგომარეობის პირველი ჯგუფით გაანგარიშებისას საფაღდებულო ნორმატიული ცხრილის მიხედვით [39, გვ. 23, დან. 3]; ზღვრული მდგომარეობის მეორე ჯგუფის შემთხვევაში $\gamma_f = 1$.

ცხრილი 20. 1

შიდრონაგებობებზე მოქმედ დატვირთვათა შეხამების კოეფიციენტი

№ №	საანგარიშო შემთხვევა	$\gamma_{f,c}$
1	ზღვრული მდგომარეობის პირველი ჯგუფი: დატვირთვებისა და ზემოქმედებების ძირითადი შეხამება ნორმალური ექსპლუატაციის პერიოდში	1,0
2	იგივე: სამშენებლო და სარემონტო პერიოდში	0,95
3	დატვირთვებისა და ზემოქმედებების განსაკუთრებული შეხამება	0,9
4	ზღვრული მდგომარეობის მეორე ჯგუფი	1,0

ცხრილი 20. 2

საიმედოობის კოეფიციენტი ნაგებობის პასუხისმგებლობაზე (დანიშნულებაზე)

№ №	საანგარიშო შემთხვევა, ნაგებობის კლასი	γ_n
1	ზღვრული მდგომარეობის პირველი ჯგუფი: კლასი I	1,25
	კლასი II	1,20
	კლასი III	1,15
	კლასი IV	1,10
2	ზღვრული მდგომარეობის მეორე ჯგუფი	1,0
3	ბუნებრივი ფერდობების მდგრადობის გაანგარიშება	•

§ 20. 4. ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ფუძეები და მათი გეოლოგიური პირობების როლი

ნაგებობისა თუ ნაგებობა-ფუძის სისტემის სიმტკიცისა და მდგრადობის უზრუნველყოფის საკითხში განსაკუთრებულია პიდრონაგებობათა ფუძეების ქანების (გრუნტების) როლი. მშენებლობის რაიონის შესწავლა ხდება საინჟინრო-გეოლოგიურ და პიდროგეოლოგიურ ძიება-გამოკვლევის შედეგად; პარალელურად ტარდება ქანების გეოტექნიკური

* უნდა მივიღოთ მხოლოდ განლაგებული ნაგებობის კლასის მიხედვით

გამოკვლევები მათი ფიზიკურ-ჰექანიკური თვისებების დადგენის მიზნით. აღნიშნულ ნატურულ დაკვირვებათა შედეგების შესაბამისად ჰიდრონაგებობათა ფუძის გრუნტებს შიაკუთვნებენ ნომენკლატურული კლასიფიკაციის ამა თუ იმ ჯგუფს. სათანადო სამშენებლო ნორმებისა და წესების მიხედვით [45] განსაზღვრულია ფუძის გრუნტების შემდეგი საერთო კლასიფიკაცია (ცხრ. 20.3): კლდოვანი, ნახევრად კლდოვანი და არაკლდოვანი.

გარდა საერთო კლასიფიკაციისა, ჰიდრონაგებობათა ფუძეების გრუნტები ჯგუფდება მათი დაბზარულობის, წყალშედწვეადობის, ლეფორმირებადობისა და მასივის მთლიანობის ღარღვევის ხასიათის შესაბამისად [45, გვ. 24, დან. 1].

გრუნტების კლასიფიკაციას აწარმოებენ მათი მახასიათებლების ნორმატიული მნიშვნელობების მიხედვით, რომლებიც განსაზღვრება საველე და ლაბორატორიული გამოკვლევების საფუძველზე. გრუნტის რომელმე მახასიათებლის ნორმატიულ მნიშვნელობად მიიღება მისი საშუალო სტატისტიკური მნიშვნელობა. ჰიდრონაგებობათა პროექტირების დროს მიმართავენ გრუნტების მახასიათებლების უკვე საანგარიშო მნიშვნელობებს, რომლებიც გამოითვლება ნორმატიული მნიშვნელობების გაყოფით გრუნტზე საიმედოობის γ , კოეფიციენტზე [45, გვ. 4]. გრუნტის მახასიათებლების საანგარიშო მნიშვნელობები ზღვრული მდგომარეობის პირველი ჯგუფის გაანგარიშებების შემთხვევაში აღინიშნება ინდექსით I (მაგალითად, სფ_I, ϵ_I , ρ_I , R_I), ხოლო მეორე ჯგუფის დროს ინდექსით—II (მაგალითად, სფ_{II}, ϵ_{II} , ρ_{II} , R_{II}); აქ მიღებულია აღნიშვნები: φ —გრუნტის შიგა ხახუნის კოეფიციენტი, c —ხვედრითი შექიღულუბა, p —სიმკვრივე, k —გრუნტის სიმტკიცის ზღვარი.

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა საიმედო მუშაობის უზრუნველსაყოფად მათი ფუძის გრუნტები უნდა იყოს საკმარისად მტკიცე, მკირე და შედარებით თანაბარ ლეფორმირებად, დიდი დაწინეების შემთხვევაში პრაქტიკულად უკუმშვადი, მკირე წყალშედწვეადი, საკმარისად წყალმედეგი, მონოლითური, ერთგვაროვანი; არაერთგვაროვანი, ე. ი. სხვადასხვა ფენებისაგან შედგენილი ფუძეების შემთხვევაში არ უნდა არსებობდეს სუსტი და კუმშვადი გრუნტების შუაშრეები და სხვ. მნიშვნელოვანია აგრეთვე ფუძის ქანების გეოლოგიური აგებულების გათვალისწინება; ფენების განლაგება, ტექტონიკური ღარღვევები (მაგალითად, მიუღებელია ფენები, რომლებიც დახრილია ქვედა ბიეფსაკენ). სათანადო მოთხოვნები წაყენება მდინარის კალაპოტის ფერღობებსაც; ისინი არ უნდა განიცდიდნენ ძვრის, წეწყერების, ზვაეების, ტექტონიკური მოვლენების შემოქმედებას.

№ №	პირობების დახასიათება	გრუნტების ფიზიკო-მექანიკური ნახსიათებლები			
		შრალი გრუნტის სიმკვრივე (მასივში) $\rho_{d,1/2}$	ფორიანობის კოეფიციენტი (მასივში) e	ერთეულზე წინააღმდეგობა წყალნაყარ მდგომარეობაში $ R_c $ შპა, (კგ/სმ ²)	გრუნტის დეფორმაციის მოდული $E, 10^3$ შპა, (10 ³ კგ/სმ ²)
1	ა. კლდოვანი კლდოვანი (სიმტკიცის ზღვარით ერთეულზე კუშშვაზე $R_c \geq 5$ შპა); — მაგმატური (გრანიტები, დიორიტები, პორფირიტები და სხვ.); — მეტამორფული (გნეისები, კვარციტები, კრისტალური ფიქლები, მარმარილოები და სხვ.); — დანალექი (კირკვები, დოლომიტები, ქვიშაქვები და სხვ.).	2,5 ... 3,1	< 0,01	≥ 1 (10)	> 5 (50)
2	ნახევრად კლდოვანი ($R_c < 5$ შპა); — დანალექი (თიხნარები, ფიქლები, არგილიტები, ალევროლიტები, ქვიშაქვები, კონგლომერატები, ცარცები, მერგელები, ტუფები, თაბაშირები და სხვ.)	2,2 ... 2,65	< 0,2	< 1 (10)	0,1 ... 5 (1...50)
3	ბ. არაკლდოვანი მსხვილმარცვლოვანი (კაქრები, კენჭნარები, ხრეშები); ქვიშები	1,4 ... 2,1	0,25 ... 1	—	0,005 ... 0,1 (0,05 ... 1)
4	მტვერისებრ-თიხოვანი (ქვიშნარები, თიხნარები, თიხები)	1,1 ... 2,1	0,35 ... 4	—	0,003 ... 0,1 (0,03 ... 1)

ცხადია, ბუნებაში შედარებით იშვიათად ვხვდებით ისეთ ძლიერებს, რომლებიც ყოველშრივ აკმაყოფილებენ პირობებშიაყური მუხნებლობისათვის წაყენებულ ყველა მოთხოვნას, მით უფრო ახლა, როდესაც პირობებშიაყობისათვის ტოპოგრაფიულ-გეოლოგიური ფვალ-
17. დ. შილაკლიაყ

საზრისით საუკეთესო გასწორები ძირითადში უკვე ათვისებულია. მიუხედავად ამისა, ჰიდროტექნიკურ მშენებლობას აწარმოებენ პრაქტიკულად თითქმის ყველა სახის ფუძეებზე, რასაც აღწევენ მოცემული ბუნებრივი პირობებისათვის შესაფერისი ნაგებობებისა და კონსტრუქციების შერჩევის, ფუძეებისა და ფერდობების გრუნტების ბუნებრივი პირობების ხელოვნურად გაუმჯობესების გზით.

§ 20. წყლის ფილტრაცია ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა კვანძ

ფილტრაციული ანგარიშები მიზნად ისახავს ფილტრაციული წნევების განსაზღვრას ფილტრაციის არის ნებრსმიერ წერტილში. ნაგებობის ფუძის გრუნტის ფილტრაციული მდგრალობის შეიწინებებს, ფილტრაციული ხაოჯების დადგენას.

პი. ნ. 1. ჰიდროდინამიკური ბაღის აბაგის მათოდები.
ფილტრაციული ელემენტების განსაზღვრა ჰიდროდინამიკური ბაღის გაგომენებით

ყველაზე სრულფასოვან ინფორმაციას ფილტრაციული ნაკადის ელემენტებზე იძლევა ჰიდროდინამიკური ბაღე. არსებობს ჰიდროდინამიკური ბაღის აგების ჰიდროდინამიკური (თეორიული), ექსპერიმენტული და გრაფიკული მეთოდები.

● ფილტრაციული ამოცანების კვლევის (ჰიდროდინამიკური ბაღის აგების) თეორიული მეთოდები ემყარება რიგ დაშვებებს: გრუნტი, რომელშიც წარმოებს ფილტრაციული წყლების მოძრაობა, ერთგვაროვანია თავისი ფიზიკური და ფილტრაციული თვისებებით, სითხე უკუმშვადია, წყლის მოძრაობა არის უწყვეტი, დამყარებული და ემორჩილება დარსის კანონს

$$v_x = -k \cdot \partial h / \partial x, v_y = -k \cdot \partial h / \partial y, v_z = -k \cdot \partial h / \partial z, \quad (20.12)$$

სადაც $h(x, y, z)$ არის ფილტრაციული წნევა წერტილში; k —ფილტრაციის კოეფიციენტი.

ფილტრაციული წყლის სიჩქარის აღნიშნული v_x, v_y და v_z შემდგენების მოძრაობის უწყვეტობის

$$\partial v_x / \partial x + \partial v_y / \partial y + \partial v_z / \partial z = 0$$

განტოლებაში ჩასმის შედეგად მიიღება ლაპლასის ცნობილი განტოლება

$$\partial^2 h / \partial x^2 + \partial^2 h / \partial y^2 + \partial^2 h / \partial z^2 = 0. \quad (20.13)$$

იგი ასახავს ფილტრაციული ნაკადის სივრცულ მოძრაობას. (20.13) განტოლების ამოხსნა შესაძლებელი გახდა მხოლოდ ლერძულ სიმეტრიული არეების უმარტივესი ამოცანებისათვის; პრაქტიკული გამოყენების თვალში

საზრისით ნეტა ღირებულებისაა ამონახსნები ბრტყელი ფილტრაციისათვის, რომლისთვისაც განტოლება იღებს ასეთ სახეს

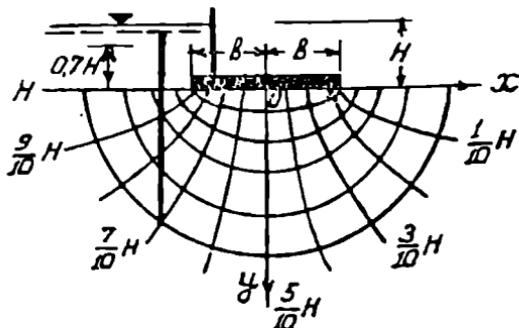
$$\partial^2 h / \partial x^2 + \partial^2 h / \partial y^2 = 0. \quad (20.14)$$

ბრტყელი ფილტრაციის განტოლების თეორიული ამონახსნი გეომეტრიულად წარმოდგინდება ხაზების ორი სისტემით: ეკვიპოტენციალებით, ე. ი. თანატოლი პოტენციალების ანუ ტოლდაწნევის ხაზებით ($h = C'$) და სითხის დენის წირებით ანუ სითხის ნაწილაკთა მოძრაობის ტრაექტორიებით. პოტენციალური მოძრაობის თეორიის ში შტრიკდება, რომ ეკვიპოტენციალები და დენის წირები ურთიერთ-ართოგონალურია; ერთობლიობაში ისინი ქნისაბ ჰიდროდინამიკურ (ფილტრაციულ) ბადეს.

მიუხედავად საგრძნობი გამოატივებისა, (20.14) განტოლების ამოხსნა ანუ თეორიული ჰიდროდინამიკური ბადის მიღება შესაძლებელია მხოლოდ უმარტივესი ფილტრაციული კონტურებისათვის. მაგალითისათვის, 20.3 ნახაზზე ნაჩვენებია კაშხალი ბრტყელი ძირით, რომლის შესაბამისი თეორიული ჰიდროდინამიკური ბადე წარმოადგენს ელიფსთა (დენის წირები) და ჰიპერბოლათა (ეკვიპოტენციალები) სისტემას.

● ჰიდროდინამიკური ბადის აგების ექსპერიმენტული მეთოდებიდან პრაქტიკაში შეტწილად იყენებენ ფილტრაციულს წყლებისა და იმ სხვის პოტენციალურ მოძრაობათა შორის არსებულ ანალოგიაზე დამყარებულ ხერხებს, რომლებიც (20.14) განტოლებით გამოისახება. ჰიდროტექნიკის პრაქტიკაში ფართოდაა ცნობილი, კერძოდ, ელექტროჰიდროდინამიკური ანალოგიის (ეჰდა) მეთოდი, რომელშიც ერთგვაროვანი წყალშელწევი გრუნტი შეტწილად წარმოდგენილია ელექტროგამტარი ქაღალდით, წყლის წნევა—ელექტრული დენის ელექტრომაგომძრავებელი ძალით (ელექტრული პოტენციალით), გრუნტის ფილტრაციის კოეფიციენტი—კუთრი ელექტროგამტარობით, ხოლო ფილტრაციული ხარჯი—დენის ძალით [10, გვ. 39; 12, გვ. 34; 25, ნაწ. I, გვ. 82]. სამშენებლო ნორმებისა და წესების შესაბამისად I, II და III კლასის კაშხლების ფუძეების ფილტრაციული გაანგარიშებანი უნდა შესრულდეს ეჰდას მეთოდით ელექტრონულ-გამომთვლელი მანქანების გამოყენებით [43, გვ. 18].

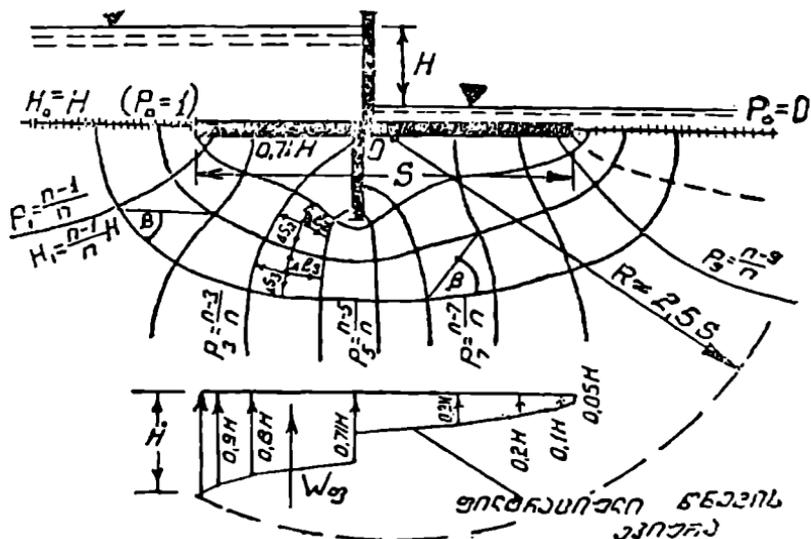
● ჰიდრონაგებობათა რთული მიწისკვეშა კონტურების



ნახ. 20.3. თეორიული ჰიდროდინამიკური ბადე (ბრტყელი უნარანდო ფუძეებზე).

შემთხვევებში ჰიდროდინამიკური ბადის აგება შესაძლებელია გრაფიკული ხერხით, როგორც ეჭყარება ბადის ეკვიპოტენციალებისა და ღენის წიხების ურთიერთობითგონალოის, სიძღოვისა და უჯრედების მსგავსების პრინციპს და სრულდება თანდათანობითი შესწორება-შიახლოების გზით [10, გვ. 40; 12, გვ. 34; 14, გვ. 334; 25, ხაზ. 1, გვ. 84]. ნაგებობის განივ კრილში ფილტრაციული ნაკადის ზედა საზღვარია ნაგებობის მიწისქვეშა კონტური, რომელიც ამისთანავე მიიღება პირველ ღენის წიხად; ამის გამო მიწისქვეშა კონტურს ფილტრაციულ კონტურსაც უწოდებენ. უქანასკნელ ღენის წიხად მიხნეულია ფუძის გრუნტის წყალშუღღწვევი ფენა—წყალსაკავი. თუ წყალშუღღწვევადი ფუძე ნაგებობის ქვეშ განუსაზღვრელი სისქისაა, მაშინ უქანასკნელ ღენის წიხად შეიძლება მივიჩნიოთ ნახეარწრე, რომელიც მოიხაზება ნაგებობის მიწისქვეშა კონტურის შუა წერტილიდან ამ კონტურის ჰორიზონტალური პროექციის 2...2,5 სიგრძის ტოლი რადიუსით (ხაზ. 20.4).

● ჰიდროდინამიკური ბადით ნაგებობის წყალშუღღწვევადი ფუძე იყოფა ზოლებად და სარტყლებად: მეზობელ ღენის წიხებს შორის მოთავსებულ არეს ხარჯის ზოლს უწოდებენ, ხოლო მეზობელ ეკვიპოტენციალებს შორის—წნევის სარტყელს. ხარჯის ზოლებსა და წნევის სარტყლების რაოდენობათა ფარდობას ბადის მოღულე ჰქვია.



ხაზ. 20.4 სქემა ფილტრაციული ნაკადის ელემენტების განსაზღვრისათვის ჰიდროდინამიკური ბადის მეშვეობით.

ავიგებთ რა ბადეს, მის საფუძველზე შეიძლება განვსაზღვროთ ფილტრაციული ნაკადის მოძრაობის ყველა ელემენტი ნაგებობის ფუძისა და ძირის ნებისმიერ წერტილში (ნახ. 20.4).

თუ n არის წნევის სარტყლების რიცხვი, მაშინ ფილტრაციული ნაკადის საშუალო გრადიენტი და დინების საშუალო სიჩქარე მეზობელ ეკვიპოტენციალებს შორის იქნება

$$I_{1,2} = \Delta H / \Delta l = H / n \cdot \Delta l, \quad v_{1,2} = k \cdot I_{1,2} = k \cdot H / n \cdot \Delta l, \quad (20.15)$$

სადაც $\Delta H = H/n$ არის წნევათა სხვაობა მეზობელ ეკვიპოტენციალებს შორის;

Δl — დენის წირის სიგრძე მეზობელ ეკვიპოტენციალებს შორის.

ხვედრითი ფილტრაციული ხარჯი ნაგებობის ფუძეში განისაზღვრება როგორც ცალკეულ ხარჯის ზოლებში გამავალი ელემენტარული Δq ხვედრითი ხარჯების ჯამი

$$\begin{aligned} q &= \sum_1^m \Delta q = \sum_1^m v_{1,2} \cdot \Delta s = k \cdot \frac{H}{n} \cdot \sum_1^m \frac{\Delta s}{\Delta l} = \\ &= k \cdot \frac{H}{n} \left(\frac{\Delta s_1}{\Delta l_1} + \frac{\Delta s_2}{\Delta l_2} + \dots + \frac{\Delta s_m}{\Delta l_m} \right). \end{aligned} \quad (20.16)$$

აქ m არის პილროდინამიკური ბადის ხარჯის ზოლების რიცხვი; $\Delta s_1, \Delta s_2, \dots, \Delta s_m$ — ხარჯის ზოლების განივი კვეთის ფართობები (ფილტრაციის ბრტყელი მოდელის შემთხვევაში).

კვადრატულ უჯრედებიანი პილროდინამიკური ბადის დროს $\Delta s \approx \Delta l$ და (20.16) იღებს შედარებით მარტივ სახეს

$$q = k \cdot \frac{m}{n} \cdot H. \quad (20.17)$$

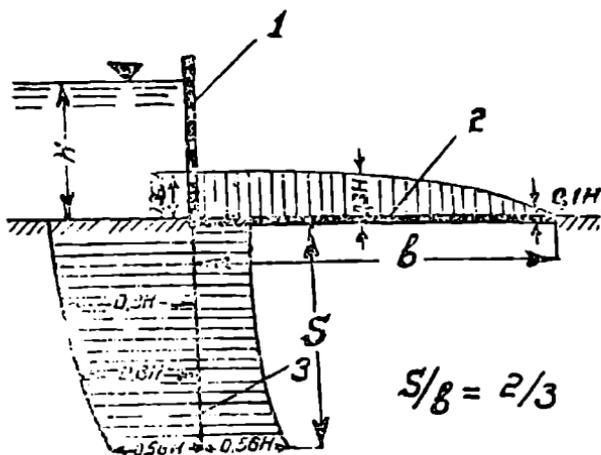
მაშასადამე, ნაგებობის ქვეშ გამავალი სრული ფილტრაციული ხარჯი მიიღება ტოლობით

$$Q_{\Phi} = q \cdot B = k \cdot \frac{m}{n} \cdot H \cdot B, \quad (20.18)$$

სადაც B არის ნაგებობის ზომა კაშხლის გრძივი ღერძის გასწვრივ.

მე. 5. 2. ნაგებობის მიწისქვეშა კონტურზე მოქმედი ფილტრაციული წნევის განსაზღვრის მეთოდები

ფილტრაციული წნევა წარმოიშობა კაშხლის მიერ შექმნილი H დაწნევით და მცირდება ნაგებობის მიწისქვეშა კონტურის გასწვრივ ნულამდე ქვეა ბიეფში ფილტრაციული წყლების გამოსვლის ადგილას.



ნახ. 20.5. ზუსტი ჰიდრომექანიკური მეთოდით ფილტრაციული წნევის ეპიურის აგების მიგალითი.
1—კაშხალი; 2—ფლუტბეტი; 3—ნარანდი.

განისაზღვრება მეზობელი ეკვიპოტენციალების შესაბამის მნიშვნელობათა ინტერპოლაციით; ფილტრაციული წნევის ეპიურა კი აიგება გამოთვლილი წნევების შესაბამისი ორდინატების გადაზომვით ნაგებობის ძირის საანგარიშო ფრაგმენტის სიბრტყის მართობულად (ნახ. 20.4).

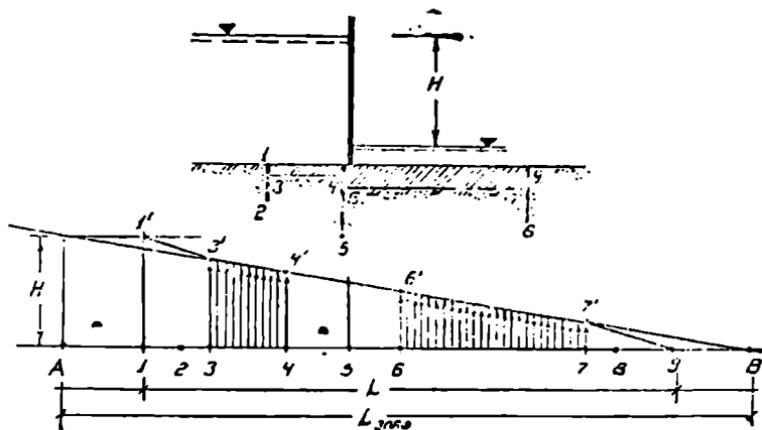
● ფილტრაციული წნევები შეიძლება განისაზღვროს ბადის აუგებლადაც ზუსტი ჰიდრომექანიკური ამონახსნების გამოყენებით. ერთ-ერთი ასეთი ეპიურა, შედგენილი ნ. პაელოვსკის ზუსტი ჰიდრომექანიკური ამონახსნის საფუძველზე, მოცემულია 20.5 ნახაზზე. წყალმუდუნველი ვერტიკალური ზღუდე (ნარანდი) მოთავსებულია კაშხლის ტანის (ფლუტბეტის) დასაწყისში. ნაჩვენებია წნევის განაწილების ეპიურები ნარანდის ორივე მხარეს და ნაგებობის ძირში; ნათლად ჩანს ნარანდის როლი ფილტრაციული წნევების შეკვირებაში.

● რთული მიწისქვეშა კონტურების შემთხვევაში მიზართავენი მიახლოებით ჰიდრომექანიკურ მეთოდებს, როკელთა შარის აღსანიშნავია რ. ჩუგაევის მიერ შემოთავაზებული წინალობის კოეფიციენტთა მეთოდი [14, გვ. 331; 25, ნაწ. I, გვ. 91]. იგი რეკომენდებულია იმ შემთხვევებისათვის, როდესაც წყალსაკავი კაშხლის ქვემოთ შედარებით არალრმადაა განლაგებული.

● სპეციალურ ლიტერატურაში ჯერ კიდევ მოიხსენიებენ მიახლოებით, მაგრამ მეტად მარტივ და მოხერხებულ წრფივი კონტურული ფილტრაციის მეთოდს [11, 14, 25]; იგი რეკომენდებულია ნაკლებად ჩარმავებული ვალასტული მიწისქვეშა კონტურებისათვის და გულისხმობს დაწნევის ვარდნას მიწისქვეშა კონტურის გასწვრივ ფილტრაციუ-

ფილტრაციული წნევის განსაზღვრა (წნევის ეპიურის აგება) შესაძლებელია ჰიდროდინამიკური ბადის მეშვეობით, ზუსტი და მიახლოებითი ჰიდროდინამიკური ამონახსნებით და წრფივი კონტურული ფილტრაციის ხერხით.

● იმ შემთხვევაში, როდესაც აგებულა ჰიდროდინამიკური ბადე (§ 20.5.1), ნაგებობის მიწისქვეშა კონტურის ნებისმიერ წერტილში მოქმედი ფილტრაციული წნევა



ნახ. 20.6. დაგრძელებული კონტურული ხაზის მეთოდით ფილტრაციული წნევის გაანგარიშების სქემა.

ლი ნაკადის მიერ გავლილი გზის პირდაპირპროპორციულად (წრფევი კანონით), მაშინ ფილტრაციული დაწნევა (h_i) ნაგებობის ძირის ნებისმიერ i წერტილში, რომელიც L_i მანძილითაა დაშორებული ძირის ბოლო (9) წერტილიდან (ნახ. 20.6) შეადგენს

$$h_i = \frac{l_i}{L} \cdot H, \quad (20.19)$$

სადაც H არის დაწნევა ნაგებობაზე:

L — ნაგებობის მიწისქვეშა კონტურის გაშლილი სიგრძე.

მეთოდი მიახლოებითაა, ამიტომ ცდილობენ მის დაზუსტებას სხვადასხვა ხერხებით. მაგალითად, დაგრძელებული კონტურული ხაზის მეთოდი გულისხმობს ნაგებობის რეალური გაშლილი მიწისქვეშა კონტურის L სიგრძის ნაცვლად მიწისქვეშა კონტურის ვირტუალური $L_{ვირტ}$ სიგრძის გამოყენებას, რომელიც მიიღება L მონაკვეთის ორივე კიდე L_0 მონაკვეთით გაგრძელებით

$$L_{ვირტ} = L + 2 \cdot L_0 = L + 2 \cdot 0,44 \cdot T_{სა.} \quad (20.20)$$

აქ $T_{სა.}$ არის წყალსაკავეის საშუალო სიღრმე მოცემული მიწისქვეშა კონტურისათვის.

აღნიშნული შესწორება ითვალისწინებს ფილტრაციული წნევის ინტენსიურ კარგვას ფილტრაციული კონტურის შესასვლელ და გამოსასვლელ უბნებზე.

ფილტრაციული წყლების მოქმედების შედეგად ნაგებობათა ფუძეებში შეიძლება განვითარდეს გრუნტის დეფორმაციის შემდეგი ძირითადი სახეები: გრუნტის ამობურცვა, გრუნტის მექანიკური და ქიმიური სუფოზია, კონტაქტური ამობურცვა და წაოცხვა. კოლმატაჟი. ფილტრაციული დეფორმაციების წარმოქმნის ყველაზე სავარაუდო ზონებია მიწის ზედაპირზე ფილტრაციული წყლების გამოსვლის ადგილები და სხვადასხვა სახეობის გრუნტების გასწვრივი კონტაქტის ზედაპირები.

ფილტრაციული ნაკადი გრუნტზე მოქმედებს ჰიდროდინამიკური წნევის, რომელსაც ფილტრაციული გარემოს ნებისმიერ წერტილში აქვს დენის წირის მხების მიმართულება. ამ წნევების გავლენით შესაძლებელია დაირღვეს გრუნტის რაღაც მოცულობის წონასწორობა და მოხდეს ამ მოცულობის გადაადგილება. ეს მოვლენა ყველაზე საშიშია იმ ზონაში, სადაც ფილტრაციული ნაკადი გამოდის ქვედა ბიეფში: ფილტრაციული ნაკადი მიმართულია ქვემოთ და შეიძლება გამოიწვიოს გრუნტის ფილტრაციული ამობურცვა. ფილტრაციული ნაკადი ზოგჯერ მიზეზი ხდება გრუნტის წვრილი და უწვრილესი ნაწილაკების გადატანისა გრუნტის უფრო მსხვილ ნაწილაკებს შორის არსებულ ფორებში და მათი გატანისა ქვედა ბიეფში. ფილტრაციულმა დეფორმაციამ, რომელსაც გრუნტის მექანიკური სუფოზია ეწოდება, შეიძლება წარმოშვას ფუძეებში კავერნები, სიკარიელები, დასუსტებული ზონები და ნაგებობამ განიცადოს არათანაბარი ჯდომა.

ხშირად გრუნტის ნაწილაკების ქვედა ბიეფში გატანა წყდება სუფოზიის სივრცის თვითდასუფის ანუ კოლმატაჟის შედეგად. კლდოვან ქანებში ფილტრაციულმა წყალმა შეიძლება იმოქმედოს ქანებში არსებულ მარილებზე, გახსნას ისინი და გაიტანოს; ამ მოვლენას ქიმიური სუფოზია ჰქვია. სხვადასხვაგვარი სახის გრუნტების კონტაქტის ზედაპირის მიმართ ფილტრაციულ ნაკადს შეიძლება ჰქონდეს სხვადასხვა მიმართულება. იმ შემთხვევაში, როდესაც ფილტრაციულ ნაკადს აქვს წვრილი და მსხვილმარცვლოვანი გრუნტების კონტაქტის ზედაპირის ნორმალის მიმართულება მოსალოდნელია კონტაქტური ამობურცვა (კატანა). თუ ფილტრაციული ნაკადი მოძრაობს ორი სხვადასხვა სისხოს შეუკავშირებელი გრუნტის კონტაქტის გასწვრივ, მაშინ შეიძლება განვითარდეს კონტაქტური წარცხვის დეფორმაცია. თუ არ არსებობს მკიდრო კონტაქტი ნაგებობის მიწისქვეშა კონტურსა (ნაგებობის ძირსა) და მისი ფუძის გრუნტებს შორის, ძირის სიბრტყეში მოსალოდნელია ფილტრაციული დეფორმაციები — სუფოზია და წარცხვა.

ფუძეების ფილტრაციული დეფორმაცია შეიძლება ნაგებობის სიმტკიცისა თუ მდგრადობის დარღვევის მიზეზი გახდეს. ამის გამო საკი-

როა სპეციალური გაანგარიშებების შესრულება გრუნტების საერთო და ადგილობრივი ფილტრაციული სიმტკიცის შესამოწმებლად.

● საერთო ფილტრაციული სიმტკიცის შეფასებას საჭიროებს მხოლოდ არაკლდოვანი გრუნტები. საერთო ფილტრაციული სიმტკიცის უზრუნველყოფის კრიტერიუმია პირობა [45, გვ. 14]

$$I_{სა} \leq \frac{1}{\gamma_n} \cdot I_{კ.სა}, \quad (20.21)$$

სადაც $I_{კ.სა}$ არის ფილტრაციული დაწნევის გასაშუალებული კრიტიკული გრადიენტის საანგარიშო მნიშვნელობა [45, გვ. 6] (ცხრ. 20.4);

γ_n — საიმედოობის კოეფიციენტი ნაგებობის პასუხისმგებლობაზე (ცხრ. 20.2);

$I_{სა}$ — საშუალო ფილტრაციული გრადიენტი ნაგებობის ფუძეში; I და II კლასის ნაგებობების ფუძეებისათვის განისაზღვრება დაგრძელებული კონტურული ხაზის მეთოდით (§ 20.5.2); დასაშვებია სხვა მიახლოებითი ხერხების გამოყენებაც.

ცხრ. 20.4

გრუნტი	საანგარიშო გასაშუალებული კრიტიკული გრადიენტი, $I_{კ.სა}$
ქვიშა: წვრილი	0,32
საშუალო	0,42
მსხვილი	0,48
ქვიშნარი	0,6
თიხნარი	0,8
თიხა	1,35

● ადგილობრივი ფილტრაციული სიმტკიცის შეფასება ხდება ყველა კლასის გრუნტებისათვის ნაგებობის ფუძის შემდეგ ზონებში: ფილტრაციული ნაკადის გამოსვლის ადგილები ქვედა ბიეფში, დრენაჟები, სხვადასხვა სახის გრუნტების კონტაქტის უბნები, მიწისქვეშა წინააღმდეგობების გარსშემოდენის ადგილები (მაგალითად, ნარანდების), სუფოზიურად არამდგრადი გრუნტების შრეები. ადგილობრივი ფილტრაციული სიმტკიცის უზრუნველყოფის პირობა იგეგვით (20.21), იმ განსხვავებით, რომ ამ შემთხვევაში ფიგურირებენ ადგილობრივი ანუ ფუძის უბნის შესაბამისი ფილტრაციული (I) და საანგარიშო კრიტიკული ($I_{კ}$) გრადიენტები [45, გვ. 14].

● საანგარიშო კრიტიკული გრადიენტი ($I_{კრ.საგ}$) საშუალებას იძლევა წინასწარ განისაზღვროს ნაგებობის მიწისქვეშა კონტურის გაშლილი სიგრძის ის მინიმალური მნიშვნელობა, რომელიც უზრუნველყოფს ფუძის გრუნტის საერთო ფილტრაციულ სიმტკიცეს ანუ სიმტკიცეს ამობურცვაზე და სუფოზიაზე. ვთქვათ, დაწნევა ნაგებობაზე არის H . მიწისქვეშა კონტურის საძიებელი მინიმალური სიგრძე აღვნიშნოთ L -ით. დაგრძელებული კონტურული ხაზის მეთოდის შესაბამისად (§ 20.5.2) ნაგებობის მიწისქვეშა კონტურის ვირტუალური სიგრძე ($L_{კორ}$) განისაზღვრება (20.20) ფორმულით, ხოლო საშუალო ფილტრაციული გრადიენტი იქნება $I_{საგ} = H/L_{კორ} = H/(L + 0.88 \cdot T_{საგ})$. თუ ამ გამოსახულებას შევიტანთ საერთო ფილტრაციული სიმტკიცის (20 21) პირობაში მივიღებთ

$$L \geq \gamma_n \cdot \frac{H}{I_{კრ.საგ}} - 0.88 \cdot T_{საგ}. \quad (20.22)$$

შეგნიშნოთ, რომ სპეციალურ ლიტერატურაში არსებობს სხვა მეთოდები და კრიტიკული გრადიენტების მნიშვნელობები; მაგალითად, ე. ლენის რეკომენდაციით [76, გვ. 241] ნაგებობის მიწისქვეშა კონტურის სიგრძე შეიძლება შემოწმდეს პირობით

$$L_{კორ} + \frac{1}{3} \cdot L_{კორ} \geq C_0 \cdot H. \quad (20.23)$$

სადაც $L_{კორ}$ არის კონტურის ვერტიკალური უბნების ჯამური სიგრძე (უბნები, რომელთა დახრა ჰორიზონტთან აღემატება 45° -ს, მიიღება ვერტიკალურად;

$L_{კორ}$ — კონტურის ჰორიზონტალური უბნების ჯამური სიგრძე;

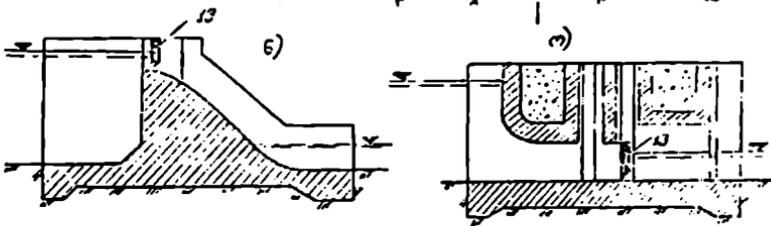
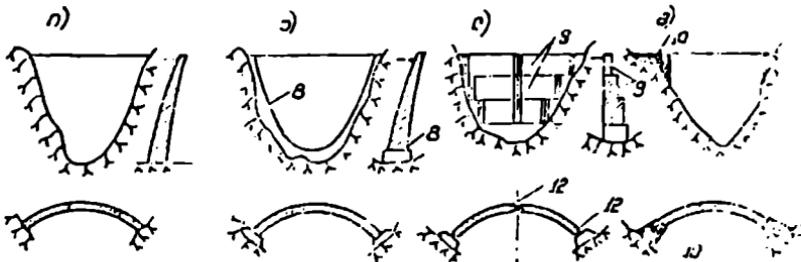
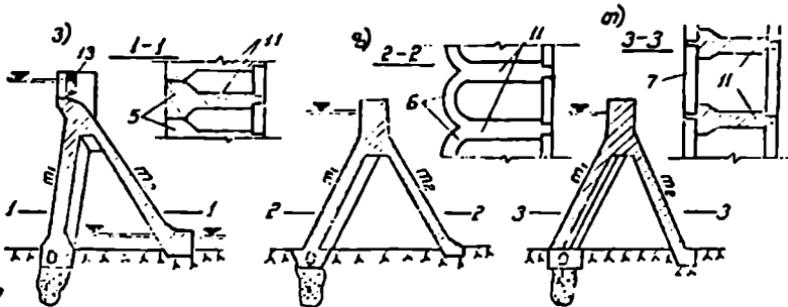
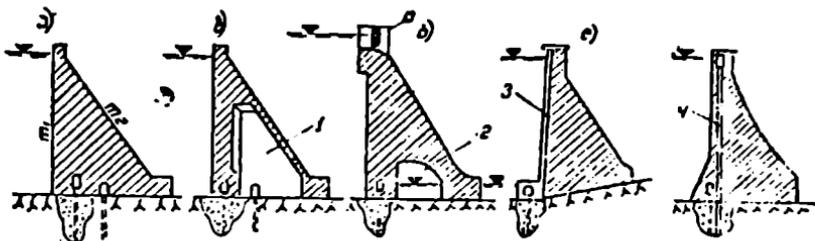
C_0 — კრიტიკული ფილტრაციული გრადიენტის შებრუნებული სიდიდე,

XXI თავი

ზეტონისა და რკინაზეტონის კაუხლები

§ 21. 1. ზოგადი ცნობები

კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური ნიშანსხვაობის შესაბამისად განარჩევენ ზეტონისა და რკინაზეტონის კაუხლების ძირითად ჯგუფებსა და ქვეჯგუფებს, რომელთა კლასიფიკაცია მოცემულია 21.1 ცხრილში და ილუსტრირებულია 21.1 ნახაზზე [43, გვ. 1, ცხრილი 1].



ნახ. 21.1. ზეგონისა და რკინაბეტონის კაშხლების ძირითადი სახეები. გ რ ა ვ ი ტ ა -
 ც ი უ ლ ი: ა—მასიური; ბ—გაფართოებული ნაკერებით (1); გ—გრძობი სიღრული (2)
 ძირთან; დ—ეკრანით (3) საღაწნეო წახნაგთან; ე—ფუძეში ჩაინკერებით (4);
 კონტრფორსული; ვ—მასიური თავებით (5) ანუ მასიურ-კონტრფორსული;
 ზ—თაღოვანი გადახურვით (6) ანუ ჰაერალთაღოვანი; თ—ბრტყელი გადახურვით
 (7); თ ა ლ ვ ა ნ ი: ე—ჩამ-გრებული ქუსლებით; კ—პერამეტრული ნაკერით (8);
 ლ—ხამსახრისანი სარტყლებით (9); მ—გრავეიტაციული ბურჯებით (10); ნ, ო—
 წყილსაგდები კაშხლები არაქლოვან ფუძეებზე; 11—კონტრფორსები; 12—ხახრე-
 ბი; 13—სიკეტები.

ბეტონისა და რკინაბეტონის კაშხლების ძირითადი სახეები

განმასხვავებელი ნიშნები	კაშხლების ძირითადი სახეები	ნ.ბ. 21.1.
კაშხლების კონსტრუქციის მიხედვით	გრავიტაციული: მასიური	•
	გაფართოებული ნაკერებით	ბ
	გრძივი სიღრუით ძირთან	გ
	ეკრანით სადაწნეო წახნაგზე	დ
	ფუძეში ჩანაკერებით	ე
	ანკერული ძირულით	—
	კონტრფორსული: მასიური თავებით (მასიურ-კონტრფორსული)	ვ
	თაღოვანი გადახურვით (მრავალთაღოვანი)	ზ
	ბრტყელი გადახურვით	თ
	თაღოვანი: ჩამაგრებული ქუსლებით	ი
	პერიმეტრული ნაკერით	კ
	სამსახსრიანი სარტყლებით	ლ
გრავიტაციული ბურჯებით	მ	
თაღოვან გრავიტაციული	—	
ტექნოლოგიური დანიშნულების მიხედვით	ყრუ	ა, ბ, დ, ე, ზ-მ
	წყალაადები: ზედაპირული წყალსაშვებებით	გ, ვ, ნ
	სიღრმული წყალსაგდებებით.	ო
	მრავალიარუსიანი (ზედაპირული წყალსაშვებებით და სიღრმული წყალსაგდებებით)	—

ბეტონისა და რკინაბეტონის კაშხლების კლასი განისაზღვრება მოქმედი საშენებლო ნორმებითა და წესებით [39, დან. 2, გვ. 19]. როდესაც სადაწნეო ფრონტის ცალკეული უბნები შესრულებულია სხვადასხვა სიხის კაშხლებისაგან ნაგებობის კლასს კარნახობს ის კაშხალი, რომელიც განლაგებულია გასწორის ყველაზე ღრმა უბანზე; აქვე განისაზღვრება კაშხლის საანგარიშო სიმაღლე. კაშხლის სიმაღლედ მიჩნეულია სხვაობა კაშხლის თხემის (უპარაპეტოდ) ნიშნულსა და სადაწნეო წახნაგის ძირის ნიშნულს შორის (კბილის თუ სხვა ადვილობრივი ჩაღრმავე-

ზების მხეჯელობაში მიუღებლად). ბეტონისა და რკინაბეტონის კაშხლებ-
ბის სიმაღლე არაკლდოვან გრუნტებზე არ აღემატება 45 მ-ს, კლდოვანის-
შემთხვევაში კი შენდება 300 მ-ზე მეტი სიმაღლის კაშხალები.

§ 21. 2. ბეტონისა და რკინაბეტონის კაშხლების საშენი მასალაში

ჰიდროტექნიკურ მშენებლობაში მეტწილად გამოიყენება ჰიდრო-
ტექნიკური ბეტონი. ის უნდა ხასიათდებოდეს რიგი სპეციფიკური თვის-
ებებით: გაზრდილი სიმტკიცე, სიმკვრივე, წყალშეუღწევობა, ყინვაშე-
დეგობა, წყლის აგრესიული ზემოქმედებისაღმი მელეგობა, წინააღობალო-
ბა გაცვეთაზე და სხვ.

ბეტონის სიმკვრივე (ρ_a) განისაზღვრება შემესები მასალისა და ბე-
ტონის ჩასხმის ტექნოლოგიის ხასიათით. სიმკვრივის მიხედვით გან-
სხვავებენ განსაკუთრებით მძიმე ($\rho_a > 2700$ კგ/მ³), მძიმე (2100...2600 კგ/მ³),
შემსუბუქებულ (1000...1800 კგ/მ³) და განსაკუთრებით მსუბუქ
($\rho_a < 1000$ კგ/მ³) ბეტონებს.

სამშენებლო ნორმებითა და წესებით განსაზღვრულია ბეტონის შე-
მდეგი სახეები [14, გვ. 276]:

— სიმტკიცის კლასი კუმშვაზე — B 10, B 15, B 20, B 25, B 30,
B 35, B 40, B 45, B 50, B 60;

— სიმტკიცის კლასი გაქიშვაზე — B₁ 0,8; B₁ 1,2; B₁ 1,6; B₁ 2,4;
B₁ 2,8; B₁ 3,2;

— მარკა ყინვაშედეგობაზე — F 15, F 25, F 50, F 75, F 100, F 150,
F 200, F 300, F 400, F 500;

— მარკა წყალშეუღწევობაზე — W 2, W 4, W 6, W 10, W 12.

ციფრები ასოების შემდეგ აღნიშნავენ: სიმტკიცის კლასები-
სათვის — ბეტონის სპეციალური ნიმუშების სიმტკიცის ზღვარს სტატი-
კურ კუმშვაზე (გაქიშვაზე), მბა: მარკებისათვის ყინვაშედეგობაზე — მო-
ნაცვლეობითი გაყინვისა და გაღობის ციკლების რაოდენობას, რო-
შელსაც უძლებს 28 დღიანი ბეტონის წყალგაჯერებული ნიმუში (სი-
მტკიცის კარგვა არ აღემატება 15% -ს); მარკებისათვის წყალშეუღწევო-
ბაზე — წყლის წნევას ატმოსფეროებში, რომელსაც უძლებს ბეტონის
ნიმუში მასში წყლის გაჯერებად.

კაშხლის ცალკეული ზონებისათვის, როგორც წესი, შეირჩევა შე-
საბამისი სიმტკიცის, ყინვაშედეგობისა და წყალშეუღწევობის ბეტონი
[43, გვ. 3].

ჰიდროტექნიკურ მშენებლობაში ყველაზე უფრო მეტად იყენებენ
პორტლანდცემენტს. ცემენტის ხარჯვა: გრავიტაციული და თაღოვან-
გრავიტაციული კაშხლების შიგა ზონებისათვის 160...180 კგ/მ³, თა-
ღოვანი კაშხლებისათვის 290...325 კგ/მ³.

შემესებები შეადგენენ ბეტონის 80%-ს და მნიშვნელოვნად განაპირობებენ მის თვისებებს. წვრილ შემესებებად რეკომენდებულია სუფთა ბუნებრივი და ხელოვნური ქვიშები, რომელთა შემადგენლობაში თიხის ნაწილაკების შეიცველობა არ აღემატება მასის 1%-ს. მსხვილ შემესებად გამოიყენება ამონაფრქვევი ქანების ღორღი, რომელსაც, ჩვეულებრივ, ყოფენ ოთხ ფრაქციად: 5...10; 10...20; 20...40 და 40...80 მმ.

წყალი საჭიროა ღორღის გასარეცხად, ბეტონის ნარკვისათვის და ბეტონის მოსარწყავად გამაგრების პეიოდში; ბეტონში ზეტრილად ხმარობენ სასმელ წყალს.

§ 21. 8. ბეტონის გრავიტაციული კაშხლები

გრავიტაციული კაშხალი მასიური წყალშემტორი ნაგებობაა, რომელიც წინაღობას უწევს ჰორიზონტალურ მანერელ ძალებს ძირითადად საკუთარი წონის მოქმედებით ფუფივი წარმოშობილი ხახუნის, ხოლო კლდოვანი ფუძეების შეთხვევათი იგრეთვე შექიღულუბის ძალებით [25, ნაწ. I, გვ. 115].

გრავიტაციული კაშხლები გრუნტის კაშხლების შემდეგ მსოფლიოში ყველაზე გავრცელებული ტიპია [7,65]. მათი უპირატესობაა კონსტრუქციული სიმარტივე, სამუშაოთა წარმოების თანამედროვე ტექნიკისა და ტექნოლოგიის ფართოდ გამოყენების საშუალება, მუშაობის საიმედოობა; ამასთანავე, ხაზგასასმელია მათი ნაკლიც: ბეტონის დიდი მოცულობა, ცემენტზე დიდი შოთხოვნილება, ბეტონის სიმტკიცის არასრული გამოყენება, კაშხლის ძირში ძაბვების არათანაბარი განწილება და სხვ.

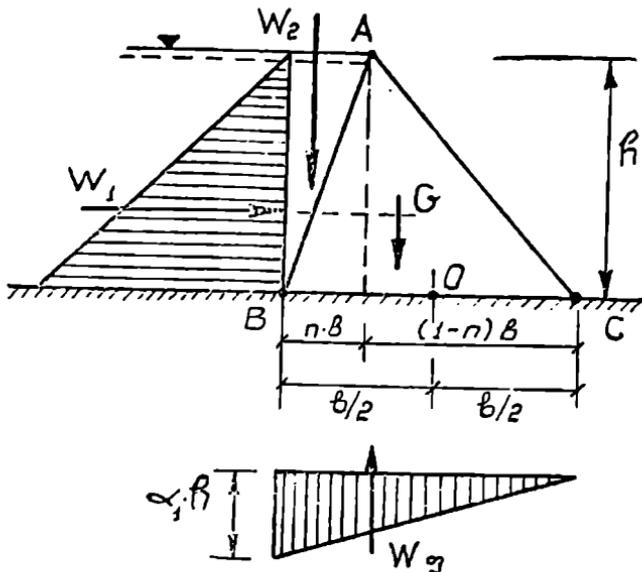
გრავიტაციული კაშხლებიდან მსოფლიოში ყველაზე მაღალია კაშხალი გრანდ დიქსანსი, 284 მ (შვეიცარია), საბჭოთა კავშირში—ტოქტოგულის კაშხალი, 215 მ (მდ. ნარინზე), საქართველოში—გუმათის კაშხალი 52,5 მ (მდ. რიონზე).

§ 21. 8. 1. ბეტონის გრავიტაციული კაშხლების პროფილის ზომების დადგენა

თანამედროვე გრავიტაციული კაშხლების ძირითადი თეორიული პროფილი სამკუთხა ფორმისაა (ნახ. 21.2). კაშხლის სიგანეს ფუძეში (b) განსაზღვრავენ კაშხლის სიმტკიცის და ძვრაზე მდგრადობის პირობიდან [10, 11, 12, 25], რის შედეგადაც იღებენ ასეთ გამოსახულებებს:

სიმტკიცის პირობით

$$b = \frac{h}{\sqrt{\frac{\gamma \cdot I_b}{\gamma} \cdot (1-n) + n(2-n) - \alpha_1}} \quad (21.1)$$



ნახ. 21.2. კაშხლის ხაშკუთხა პროფილის საინჟინერო სქემა.

ძვრაზე მდგრადობის პირობით

$$b = K_{\text{ავრ}} \frac{h}{f \cdot \left(\frac{\gamma_2}{\gamma} + n - \alpha_1 \right)} \quad (21.2)$$

აქ γ_2 და γ არის კაშხლის მასალისა და წყლის მოცულობითი წონა n — ახასიათებს კაშხლის საშკუთხა პროფილის წახნაგების დაბრუნებას ($n < 1$);

α_1 — ფილტრაციული წნევის შემამკირებელი კოეფიციენტი;

$K_{\text{ავრ}}$ — კაშხლის მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტი ძვრაზე;

f — კაშხალსა და ფუძეს შორის ხახუნის კოეფიციენტი.

ამ ფორმულების ანალიზისა და ურთიერთშედარების შედეგად შესაძლებელია შემდეგი დასკვნების გამოტანა.

● მოცემული h სიმაღლის კაშხლის ეკონომიკურ პროფილს, რა თქმა უნდა, ადგილი ექნება ფუძის b სიგანის შესაძლებელი მინიმალური მნიშვნელობის შემთხვევაში. თუ განვიხილავთ (21.1) ფორმულას დავინახავთ, რომ b -ს მინიმალური მნიშვნელობა განისაზღვრება რადიკალქვეშა გაშოსახულების მაქსიმუმით. ელემენტარული გაანგარიშებებით ვრწმუნდებით, რომ ეს პირობა კმაყოფილდება, როცა $n = 1 - \gamma_2 / 2\gamma$.

ჩვეულებრივ, $\gamma_2/\gamma \approx 2,4$ და მაშინ $n = -0,2$. ეს ნიშნავს, რომ სიმტკიცის პირობა შესრულდება თუ კაშხალს ექნება შებრუნებული ქანობის სადაწნეო წახნაგი.

● ასეთი პროფილის კაშხალი სამშენებლო სამუშაოთა წარმოების თვალსაზრისით მიუღებელია, ამიტომ აიღება $n=0$; მაშინ (21.1) ასე ჩაიწერება

$$h = \frac{h}{\sqrt{\frac{\gamma_2}{\gamma} - \alpha_1}} \quad (21.3)$$

ამგვარად, სიმტკიცის პირობიდან გამომდინარე, რომელიც კრძალავს გამჭიმავი ძაბვების წარმოშობას სადაწნეო წახნაგზე, გრავიტაციული კაშხალის ეკონომიკური პროფილი წარმოადგენს სამკუთხედს ვერტიკალური სადაწნეო წახნაგით.

● ჩვეულებრივ, როცა $\gamma_2/\gamma = 2,4$ და $\alpha_1 = 0,5$ ტოლობა (21.3) გვაძლევს $b = 0,73 h$. თუ ფილტრაციის საწინალო ღონისძიებით მოვხსნით ფილტრაციულ წნევას, მაშინ $\alpha_1 = 0$ და გვექნება $b = 0,65 h$. ამ ორი შედეგის შედარება გვიჩვენებს, რომ ფილტრაციული წნევების არარსებობის შემთხვევაში სიგანე ფუძეში, მაშასადამე კაშხლის ტანის შოკულობა, მნიშვნელოვნად უფრო მცირეა.

● კლდოვანი ფუძეებისათვის, როდესაც $f = 0,7$, $n = 0$, $\gamma_2/\gamma = 2,4$, $\alpha_1 = 0,5$ და $K_{პერ} = 1$ (ზღვრული წონასწორობა) ფორმულა (21.2) გვაძლევს კაშხლის სიგანეს $b = 0,75 h$, ხოლო როდესაც ფილტრაციული წნევა არ მოქმედებს ($\alpha_1 = 0$), $b = 0,6 h$; იიღებული ტოლობები ახლოსაა კაშხლის სიგანის იმ მნიშვნელობებთან, რომლებიც აქ მივიღეთ სიმტკიცის (21.1) პირობიდან. მაშასადამე, კლდოვანი ფუძეების შემთხვევაში (როცა $f = 0,7$) სიმტკიცის პირობიდან მიღებული კაშხალის ეკონომიკური სიგანე საკმარისია აგრეთვე ნაგებობის ძვრაზე მდგრადობის პირობისთვისაც.

● არაკლდოვანი ფუძეების დროს, როდესაც ხახუნის f კოეფიციენტის მნიშვნელობა საგრძნობლად მცირდება (მაგალითად, თიხებისათვის $0,2 \dots 0,3$ -მდე) კაშხლის სიგანე ძვრაზე მდგრადობის (21.2) ფორმულის თანახმად იზრდება და იგი მნიშვნელოვნად აღემატება იმ სიგანეს, რომელიც მოითხოვება სიმტკიცის პირობით. მაშასადამე, არაკლდოვანი ფუძეების შემთხვევაში კაშხლის ფუძის სიგანის განსაზღვრა საჭიროა ძვრაზე მდგრადობის პირობიდან. მაგალითად, ქვიშა-ხრეშოვანი გრუნტებისათვის, როდესაც $f = 0,3$, $K_{პერ} = 1,3$, $\alpha_1 = 1$, $n = 1$ ვღებულობთ $b = 1,8 h$ ანუ გვემაში კაშხლის გალასტურ პროფილს.

● იმისათვის, რომ დაკმაყოფილდეს ორივე პირობა და ამასთანავე პროფილი იყოს ეკონომიკური, საჭიროა (20.1) და (20.2) გამოსახულებ-

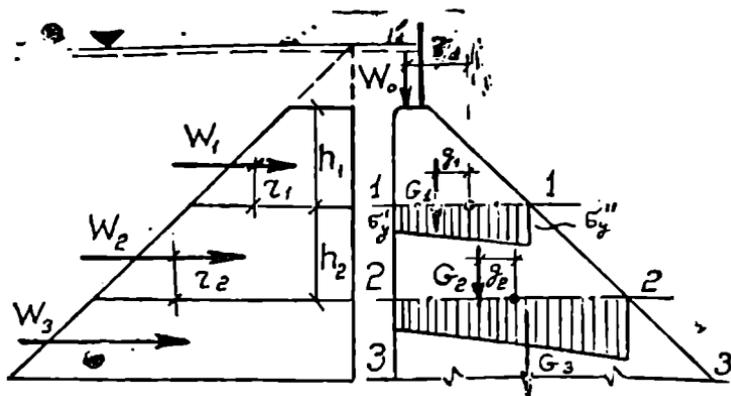
ბეზი ერთმანეთს გავუტოლოთ და ერთობლივად ამოვხსნათ n -ის მიმართ. მაგალითად, როდესაც $f=0,3$, $K_{კაკ}=1,3$, $\alpha_1=1$ და $\gamma_0/\gamma=2,4$ ერთობლივი ამოხსნა გვაძლევს: $n=0,88$ და $b=1,94 h$.

● გრავეიტაციული კაშხლების რეალური პროფილები, ცხადია, განსხვავდება სამკუთხედისაგან, მაგრამ პროფილის ძირითადი ზომების დადგენა წარმოებს სწორედ თეორიული სამკუთხა პროფილის საფუძველზე. იღნიშნული ანალიზის შედეგად მიღებული კაშხლის განივი პროფილი და მისი ძირითადი ზომები საკირაო შემოწმდეს კაშხლის ტანისა და მისი ფუძის სიმტკიცეზე და მდგრადობაზე კაშხლის მუშაობის სამშენებლო, ნორმალური საექსპლუატაციო და საგანგებო საექსპლუატაციო პერიოდებისათვის [11, გვ. 108; 14, გვ. 349; 25, ნაწ. I, გვ. 121].

21. 8. 2. ბეტონის გრავიტაციული კაშხლების სიმტკიცეზე განსაზღვრება

ბეტონის გრავეიტაციული კაშხლების საერთო სიმტკიცეზე განსაზღვრებას ასრულებენ ძირითადი და განსაკუთრებული შეხამების დატვირთვებისა და ზემოქმედებების სრული შემადგენლობის შემთხვევაში; დატვირთვათა შემცირებული შემადგენლობა დასაშვებია 60 მ-ზე ნაკლები სიმაღლის კაშხლებისათვის და უფრო მაღალი კაშხლებისათვის პროექტირების საწყის სტადიებზე [43, გვ. 25].

● სანამ უშუალოდ კაშხლის სიმტკიცის შემოწმებას შევეუდგებოდეთ, საკირაო კაშხლის ტანის ძაბვითი მდგომარეობის შესწავლა. ძაბვითი მდგომარეობის შესწავლა III და IV კლასის კაშხლებისათვის (პროექტირების ყველა სტადიაზე) და I და II კლასის კაშხლებისათვის (პროექტირების საწყის ეტაპებზე), როგორც წესი, წარმოებს



ნახ. 21.3. ბეტონის გრავეიტაციული კაშხლის სიმტკიცეზე განსაზღვრების სქემა (ვერტიკალური ნარმალური ძაბვების განსაზღვრა).

სამშენებლო მექანიკის ელემენტარული მეთოდებით [11, ნაწ. I, გვ. 188; 25, ნაწ. I, გვ. 121; 43, გვ. 15]. დატვირთვათა შემცირებული შემადგენლობის განხილვისას დაბევები გაიანგარიშება მასალათა გამძლეობის მეთოდებით [43, გვ. 27].

ვერტიკალური ნორმალური σ_v' , σ_v'' დაბევების განსაზღვრა. განვიხილოთ 1 მ სიგრძის საანგარიშო კაშხალი (ბრტყელი ამოცანა); კაშხლის სიმაღლეზე მეტნაკლებად თანაბრად დაენიშნოთ საანგარიშო კორიზონტალური კვეთები 1—1, 2—2, ... (ნახ. 21.3), ამასთანავე ვეცადოთ, ეს კვეთები შეეუფარდოთ კაშხლის განივი პროფილის გადატეხის ადგილებს. ნორმალური დაბევები (σ_v) საანგარიშო კორიზონტალური კვეთების განაპირა წერტილებში, ანუ, რაც იგივეა, სადაწნეო (σ_v') და უდაწნეო (σ_v'') წახნაგებზე გაიანგარიშება ცნობილი არათანაბარი კუმშვის ფორმულით:

$$\sigma_v' = -\frac{N}{b_d} + \frac{6M}{b_d^2}, \quad \sigma_v'' = -\frac{N}{b_d} - \frac{6M}{b_d^2}, \quad \text{მა,} \quad (21.4)$$

სადაც N არის ნორმალური ძალა, რომელიც ტოლია საანგარიშო კორიზონტალური კვეთის ზემოთ მოქმედი ძალების პროექციების ჯამისა კვეთის ნორმალზე, მნ;

M — ძალთა მომენტი, რომელიც წარმოადგენს საანგარიშო კორიზონტალური კვეთის ზემოთ მოქმედი ძალების მომენტების ჯამს კვეთის სიშიშის ცენტრზე გამავალ ღერძის მიმართ, მნ.მ;

b_d — საანგარიშო კორიზონტალური კვეთის სიგანე.

ამ ფორმულებში ნორმალური გამკეში ძალები და დაბევები მიღებულია დადებითი ნიშნით, ხოლო მკუმშავი ძალები და დაბევები — უარყოფითი ნიშნით; ძალთა მომენტებისათვის საათის ისრის მოძრაობის მიმართულება მიჩნეულია დადებითად.

მაგალითისათვის განვიხილოთ კვეთი 1—1 (ნახ. 21.3). მისთვის ნორმალური ძალაა $N = W_0 + G_1$, ხოლო მღუნავი მომენტი $M = W_1 \cdot r_1 - W_0 \cdot r_0 - G_1 \cdot g_1$. მაშასადამე, ნორმალური დაბევა საანგარიშო კვეთის სადაწნეო წახნაგებზე იქნება

$$\sigma_v', \sigma_v'' = -\frac{W_0 + G_1}{b_{d1}} \pm \frac{6(W_1 \cdot r_1 - W_0 \cdot r_0 - G_1 \cdot g_1)}{b_{d1}^2}. \quad (21.5)$$

კორიზონტალური ნორმალური σ_v' , σ_v'' და მხები τ'_{xy} , τ''_{xy} დაბევების განსაზღვრა. აღნიშნულ დაბევებს გამოითვლიან საანგარიშო კვეთის (მაგალითად, BD , ნახ. 21.4) განაპირა B და D წერტილებთან (კაშხლის წახნაგებთან) გამოყოფილი ელემენტარული მართ-

კუთხე სამკუთხე პრახების წონასწორობის პირობიდან [11, ნაწ. I, გვ. 189; 25, ნაწ. I, გვ. 124] და შედეგად იღებენ საანგარიშო ფორმულებს [43, გვ. 27]:

სადაწნეო წახნაგზე

$$\sigma_y' = \sigma_y'' \cdot m_1^2 - \gamma_w \cdot H_d' (1 - m_1^2), \quad (21.6)$$

$$\tau_{xy}' = (\gamma_w \cdot H_d' + \sigma_y') \cdot m_1 \quad (21.7)$$

უდაწნეო წახნაგზე

$$\sigma_y'' = \sigma_y'' \cdot m_2^2 - \gamma_w \cdot H_d'' (1 - m_2^2), \quad (21.8)$$

$$\tau_{xy}'' = -(\sigma_y' + \gamma_w \cdot H_d'') \cdot m_2. \quad (21.9)$$

თუ ქვედა ბიფეში არაა წყლის ღონე ან საანგარიშო კვეთი გავლებულია ქვედა ბიფეშის წყლის ღონის ზემოთ (ნახ. 21.4) დაწნევა კვეთზე $H_d'' = 0$ (ან $\gamma_w = 0$) და (21.8), (21.9) გამოსახულებები მარტივდება:

$$\sigma_y'' = \sigma_y'' \cdot m_2^2; \quad \tau_{xy}'' = -\sigma_y'' \cdot m_2. \quad (21.10)$$

მოყვანილ ფორმულებში (ნახ. 21.4):

γ_w არის წყლის კუთრი წონა, მნ/მ³;

H_d', H_d'' — დაწნევები საანგარიშო კვეთზე ზედა და ქვედა ბიფეშიდან, მ;

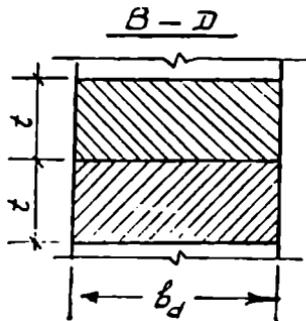
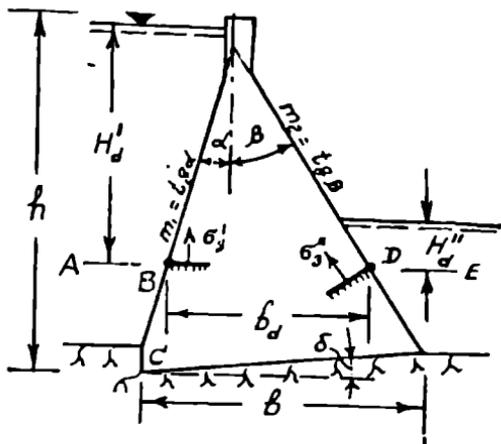
m_1, m_2 — ზედა და ქვედა წახნაგის დახრის კოეფიციენტები;

α, β — ზედა და ქვედა წახნაგის ვერტიკალურ სიბრტყესთან შექმნილი კუთხეები;

σ_y', σ_y'' — ვერტიკალური ნორმალური ძაბვები გაანგარიშებული (21.4) ფორმულებით.

ვიცით რა $\sigma_y', \sigma_y'', \sigma_x', \sigma_x'', \tau_{xy}', \tau_{xy}''$ ძაბვები საანგარიშო 1—1,

2—2... კვეთების განაპირა წერტილებში, ძაბვების მნიშვნელობები



ნახ. 21.4. ბეტონის გრაფიტაციული კიშლის ხიზტყევეუ გაანგარიშების სქემა (პორიზონტალური ნორმალური, მხები და შთავარი ძაბვების განსაზღვრა).

კაშხლის შიგა წერტილებში განისაზღვრება ბრტყელი კვეთებისა და კვეთებში დაბეების წრფივი განაწილების პიპოთების საფუძველზე.

მთავარი σ_1' , σ_2' , σ_1'' , σ_3'' დაბეების განსაზღვრა. კაშხლის წახნაგების სიბრტყეებში მხები დაბეები ნულის ტოლია. მაშასადამე, მთავარი ნორშალური დაბეების მოქმედების სიბრტყეებიდან ერთერთი წახნაგის სიბრტყეა, ხოლო მეორე — მისი მართობი. კაშხლის წახნაგებზე მოქმედ მთავარ დაბეათა განსაზღვრისათვის განიხილავენ სათანადოდ მოგვზული ელემენტარული მართკუთხა სამკუთხედების წონასწორობას [11, ნაწ. I, გვ. 191; 25, ნაწ. I, გვ. 125]; წონასწორობის განტოლებებიდან იღებენ მთავარი დაბეების საანგარიშო გამოსახულებებს:

სიღიწნეო წახნაგზე

$$\sigma_1' = \sigma_2' (1 + m_1^2) + \gamma_w \cdot H_1' \cdot m_1^2, \quad (21.11)$$

$$\sigma_2' = -\gamma_w \cdot H_1'; \quad (21.12)$$

უდაწნეო წახნაგზე

$$\sigma_1'' = -\gamma_w \cdot H_2''. \quad (21.13)$$

$$\sigma_3'' = \sigma_2'' (1 + m_2^2) + \gamma_w \cdot H_2'' \cdot m_2^2. \quad (21.14)$$

იმ შემთხვევაში, როდესაც საანგარიშო კვეთი არ განიციდის წყლის დაწნეას ქვედა ბიფიდან, უკანასკნელი გამოსახულებები ასე ჩაიწერება

$$\sigma_1'' = 0, \quad \sigma_3'' = \sigma_2'' (1 + m_2^2). \quad (21.15)$$

● მგვარად, შესწავლილია კაშხლის ტანის დაბეითი მდგომარეობა და შესაძლებელია კაშხლის სიმტკიცეზე გაანგარიშება.

გრავიტაციული კაშხლების ხაერთო სიმტკიცის პირობა ექსპლუატაციის პერიოდისათვის (რომელიც წარშაოდგენს განმსაზღვრელს) განმოსახება ზღვრული მდგომარეობის (20.11) ფორმულით; გრავიტაციული კაშხლის ტანის ყველა წერტილში, დატვირთვათა სრული თუ შემსირებული შემადგენლობის შემთხვევაში, უნდა სრულდებოდეს უტოლობა [43, გვ. 26, ცხრ. 11 და 12]

$$\gamma_{lc} |\sigma_3| \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot R_b, \quad (21.16)$$

სადაც σ_3 არის მაქსიმალური მთავარი მკუმშვები დაბეა, შპა.

R_b — ბეტონის საანგარიშო წინაღობა კუმშვაზე, შპა;

γ_{lc} — დატვირთვათა შეხამების კოეფიციენტი (ცხრ. 20.1);

γ_n — საიმედოობის კოეფიციენტი ნაგებობის პასუხისმგებლობაზე (ცხრ. 20.2);

γ_c — მუშაობის პირობების კოეფიციენტი; ბეტონისა და რკინაბეტონის კაშხლებისა და შათი ელემენტების სიმტკიცისა და მდგრადობის გაანგარიშებისას მისი მნიშვნელობა აიღება ნორმატიული ცხრილიდან [43, გვ. 16].

გრაეიტაციული კაშხლების მუშაობის პირობებიდან გამომდინარე, მისი დანგრევა მოსალოდნელია იმ შემთხვევაში, თუ მაქსიმალური მთავარი მკუმშავი ძაბვები გადააქარბებს კაშხლის ბეტონის სიმტკიცის ზღვარს კუმშვაზე. აღნიშნული ცხადია იქიდან, რომ, როგორც წესი, გრაეიტაციული კაშხლების ტანში არ დიშვება გაშვიმი ძაბვები (მათი მცირე მნიშვნელობები შეიძლება წარმოიშვას კაშხლის ქვედა წახნაგზე სამშენებლო პერიოდში ან დაკლილი წყალსაცავის დროს). ვინაიდან სიექსპლუატაციო პერიოდში უდიდეს მთავარ მკუმშვებ ძაბვებს ადგილი აქვს გრაეიტაციული კაშხლის ქვედა წახნაგზე, ამიტომ საკმარისი იქნება (21.16) პირობის შემოწმება საანგარიშო კვებების ქვედა ჭანპირა წერტილებში, სადაც $\sigma_3 = \sigma_3''$ აღსანიშნავია, რომ ქვედა წახნაგის წერტილებიდან ყველაზე დიდ მთავარ მკუმშავი ძაბვა მოსალოდნელია კაშხლის ქვედა წახნაგის ძირში.

21. 5. 3. ბეტონის გრავიტაციული კაშხლების მდგრადობაზე გაანგარიშება

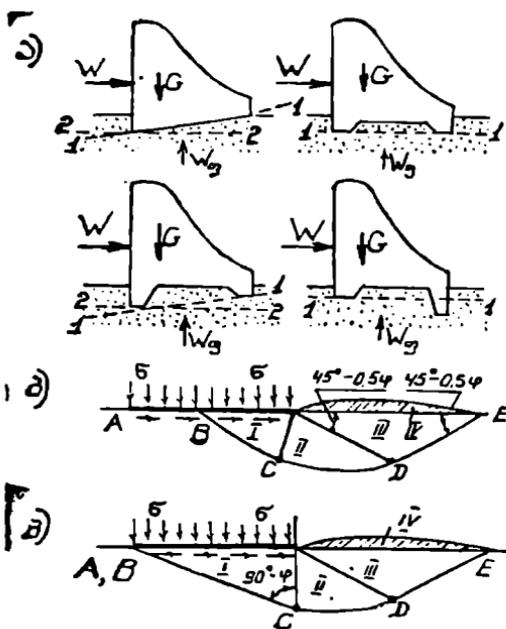
გარდა სიმტკიცისა, კაშხალი უნდა აკმაყოფილებდეს მდგრადობის პირობებსაც, ანუ უნდა გააჩნდეს მდგრადობის გარკვეული მარაგი გარე ძალთა არახელსაყრელი მოქმედების შემთხვევაში.

ნაგებობის, ნაგებობა-ფუძის სისტემისა და ფერდობების მდგრადობის უზრუნველყოფის კრიტერიუმია ზღვრული მდგომარეობის ზოგადი (20.11) პირობა [45, გვ. 8]

$$\gamma_{lc} \cdot F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot R, \quad (21.17)$$

სადაც მუშაობის პირობების γ_c კოეფიციენტი განისაზღვრება ნორმატიული ცხრილიდან [43, გვ. 16; 45, გვ. 9].

● გრაეიტაციული კაშხლების შემოწმება მდგრადობაზე არაკლავანი ფუძეების შემთხვევაში გულისხმობს ძვრაზე მდგრადობის შემოწმებას. ამასთან განიხილება ნაგებობის ფუძის დეფორმაციის სამი სახეობა და მათ შესაბამისად ნაგებობის ძვრის სამი საანგარიშო შემთხვევა [14, გვ. 353; 45, გვ. 10] (ნახ. 21.5): ბრტყელი ძვრა, რომელიც წარმოებს უშუალოდ ნაგებობის დაყრდნობის ზედაპირის გასწვრივ; შერეული ძვრა, რომლის დროს საძირკველის ძირის ნაწილზე ძვრა ხდება უშუალოდ ძირის ზედაპირის გასწვრივ, ხოლო დანარჩენ ნაწილზე — ფუძის გრუნ-



ნახ. 21.5. ბეტონის გრავიტაციული კაშხლების ძვრაზე მდგრადობის საინგარიშო სქემები. ა — ბრტყელი ძვრის სქემებზე კაშხლის მიწისქვეშა კონტურის სხვადასხვა მოხაზულობის შემთხვევაში; ბ — შერეული ძვრის სქემა; გ — სიღრმული ძვრის სქემა; 1—1 და 2—2 — ბრტყელი ძვრის საინგარიშო სიბრტყეები; I — აქტიური დამაბულობის მდგომარეობის ზონა; II — რაღილური ძვრების ზონა; III — პასიური დამაბულობის მდგომარეობის ზონა; IV — ამობურცვის ზონა.

საზღვრავენ ბრტყელი ძვრის გაანგარიშების პირობებს, მიღებულია შემდეგი აღნიშვნები:

σ_{max} — მაქსიმალური ნორმალური დაბეზა ნაგებობის ძირის ქვედა განაპირა წერტილში;

b — ნაგებობის ძირის ზომა დაშვრელი ძალის მიმართულუბით (ნაგებობის სიგანე);

$\gamma_1 = \rho_1 \cdot g$ — ფუძის გრუნტის კუთრი წონა (წყლის ღონის ქვეშ მიიღება მისი შემპრტივტივებელი ეფექტის მხელეელობაში მიღებით);

ტის ამობურცვით; სიღრმული ძვრა, რომლის დროს ფუძის გრუნტი ამობურცება მთელი საძირკვლის ქვეშ.

გრავიტაციული კაშხლების მდგრადობის შემოწმება სრულდება მხოლოდ ბრტყელი ძვრის ხქემით იმ შემთხვევაში, როდესაც ფუძეები იაგებულია ქვიშოვანი, მსხვილმარცკლოვანი ან მაგარი (ნახევრადმაგარი) მტვერისებრთიხოვანი გრუნტებისაგან და, ამასთან, ძალიშია პირობა

$$\frac{\sigma_{max}}{b \cdot \gamma_1} \leq N_0; \quad (21.18)$$

ნებისმიერი კონსისტენციის თიხოვანი გრუნტების დროს, ამ პირობის გარდა სიქიროა შემდეგი უტოლობების შესრულება:

$$t g \varphi_1 + c_1 / \sigma_m \geq 0,45,$$

$$k(1+c) t_0 \geq 4. \quad (21.19)$$

$$a \cdot \gamma_{10} \cdot h_0^3$$

ფორმულებში, რომლებიც ფუძის არაკლოვანი გრუნტების ხასიითთან ერთად გან-

$P_1, \varphi_1, \epsilon_1$ — შესაბამისად ფუძის გრუნტების სიმკვრივის, შიგა ხახუნის კუთხისა და შექილულობის საანგარიშო მნიშვნელობები;

N_0 — უგანზომილებო რიცხვი: მკვრივი ქვიშებისათვის $N_0 = 1$, დანარჩენი გრუნტებისათვის $N_0 = 3$;

σ_m — საშუალო ნორმალური ძაბვა ნაგებობის ძირში;

k — ფილტრაციის კოეფიციენტი;

c — გრუნტის ფორიანობის კოეფიციენტი ბუნებრივ მდგომარეობაში;

t_0 — ნაგებობის მშენებლობის ხანგრძლივობა;

a — გამკვრივების კოეფიციენტი;

γ_w — წყლის კუთრი წონა;

h_0 — კონსოლიდირებულ შრის საანგარიშო სისქე (ერთგვაროვანი ფუძეებისათვის $h_0 \approx b$).

დაბალდაწნევიანი კაშხლებისათვის მდგრადობის გაანგარიშება ბრტყელი ძვრის სქემით სავსებით უზრუნველყოფს ნაგებობის ნორმალურ მუშაობას. ძვრის საანგარიშო სიბრტყეები კაშხლის მიწისქვეშა კონტურის სხვადასხვა შიხაზულობის დროს ნაჩვენებია 21.5, ა ნახაზზე.

ზღვრული მდგომარეობის (21.17) პირობის განზოგადებული R და F სიდიდეები პორიზონტალური ბრტყელი ძვრის სქემით გაანგარიშებისას შემდეგნაირად გამოისახება:

ზღვრული წინალობის საანგარიშო მნიშვნელობა

$$R = P \cdot \lg \varphi_1 + \gamma_c' \cdot E_p'' + A_p \cdot \epsilon_1 + R_p; \quad (21.20)$$

მძვრელი ძალის საანგარიშო მნიშვნელობა

$$F = T' + E_a' - T''; \quad (21.21)$$

აქ P არის საანგარიშო დატვირთვების ვერტიკალური შემდგენების ჯამი (ფილტრაციული უქუწუნევის ჩათვლით);

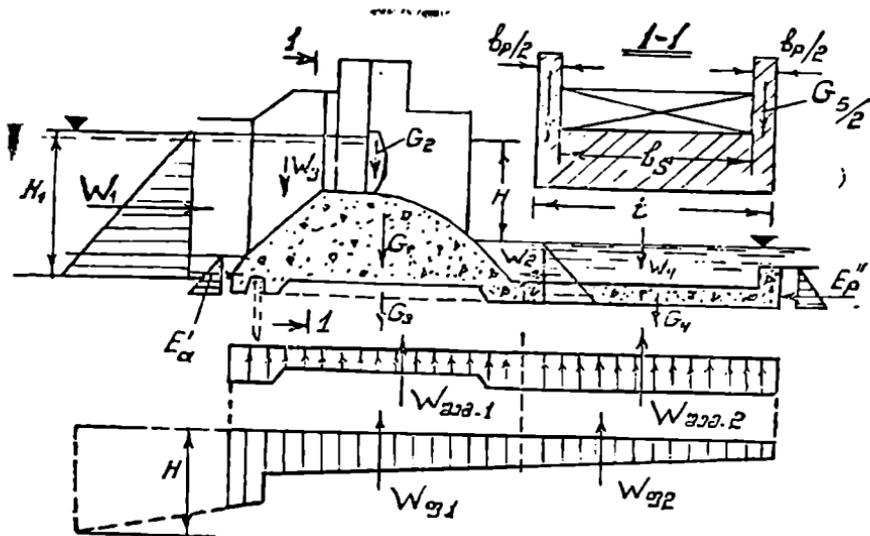
φ_1, ϵ_1 — გრუნტის მახასიათებლები ძვრის საანგარიშო სიბრტყეში;

γ_c' — მუშაობის პირობების კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ქვედა მხრიდან გრუნტის რეაქტიული წნევის დამოკიდებულებას ნაგებობის ძვრადობაზე; მიიღება ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე ან 0,7-ის ტოლი;

E_p'' — ქვედა მხრიდან გრუნტის პასიური წნევის ძალის პორიზონტალური შემდგენის საანგარიშო მნიშვნელობა;

E_a' — ზედა მხრიდან გრუნტის აქტიური წნევის ძალის პორიზონტალური შემდგენის საანგარიშო მნიშვნელობა;

A_p — ნაგებობის ძირის პორიზონტალური პროექციის ფართობი, რომლის ფარგლებშიც ითვალისწინებენ გრუნტის შექილულობას;



ნახ. 21.6. არაკლოვან ფუძეზე გრავიტაციული კაშხლის ბრტყელ ძერაზე გაანგარიშების სქემა.

- R_p — ხიზინჯებს, ანკერების და სხვათა წინააღმდეგობის ძალების პორიზონტალური შედეგანები;
- T' — კაშხლის ზედა წახნაგზე მოქმედი აქტიური ძალების საანგარიშო მნიშვნელობის პორიზონტალური შედეგანების ჯამი (გრუნტის აქტიური წნევის გამოკლებით);
- T'' — იგივე, კაშხლის ქვედა მხრიდან.

თეორიულ განხილვას საძირკოა შეეუსაბამოთ არაკლოვან ფუძეზე დაბალდაწნევიანი გრავიტაციული კაშხლის ბრტყელ ძერაზე გაანგარიშების სქემა (ნახ. 21.6). ეტყვათ, კაშხალი უჭრი კონსტრუქციისა და მის ტანსა და წყალსაცემს შორის არაა გათვალისწინებული კონსტრუქციული ნაკერი. ამ შემთხვევაში ყველა ძალა შეესაბამება კაშხლის სექციის l სიგრძეს და ძერაზე მდგარობის ამოცანაში მხედველობაში მიიღება წყალსაცემზე მოქმედი დატვირთვები.

საანგარიშო სქემის მიხედვით ესაზღვრავთ (21.20, და (21.21) გამოსახულებების მთავარ წევრებს:

$$P = G_1 + G_2 + \dots + G_n + W_1 - (W_{\text{გ.1}} + W_{\text{გ.2}} + W_{\text{გ.3}} + W_{\text{გ.4}});$$

$$T' = W_1; \quad T'' = W_2.$$

ამ ტოლობებში შემავალი სიდიდეები მოცემულია ნახ. 21.6-ის საანგარიშო სქემაზე.

(21.20) და (21.21) ტოლობების გათვალისწინებით მდგრადობის (21.17) პირობა შეიძლება ასე ჩაიწეროს

$$\frac{P \lg \varphi_1 + \gamma_e' \cdot E_p'' + A_p \cdot e_1 + R_p}{(T' + E_e' - T'') \gamma_{lc}} \geq \gamma_n. \quad (21.22)$$

აქ $\gamma_e = 1$ ბეტონის კაშხლების არაკლდოვან გრუნტებზე მდგრადობის გაანგარიშებისას [43, გვ. 16, ცხრ. 6].

დახრილი ბრტყელი ძვრის სქემით გაანგარიშების შემთხვევაში ყველა ძალები გეგმილდება ძვრის სიბრტყეზე და მის ნორმალზე [14, გვ. 356]

● გრავიტაციული კაშხლების შემოწმება მდგრადობაზე კლდოვანი ფუძეების შეთხვევაში ითვალისწინებს მდგრადობის შესაძლო დარღვევას ძვრაზე (ბრტყელი ან ტუხილი საანგარიშო სიბრტყის გასწვრივ) და ზღვრულ გადაყირაებებზე [45, გვ. 12].

კლდოვანი ფუძეების გრავიტაციული კაშხლების ბრტყელ ძვრაზე მდგრადობის გაანგარიშება შესაძლებელია აქვე აღწერილი მეთოდის შესაბამისად.

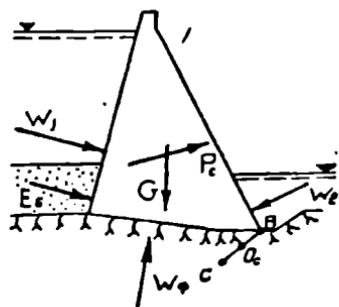
ბეტონის გრავიტაციული კაშხლების (ნაგებობების) გაანგარიშება ზღვრული მობრუნების (გადაყირაებების) სქემით განიხილავს მდგრადობის დაკარგვის შესაძლებლობას კაშხლის უდაწნეო წახნაგის ძირში თელვით გრუნტის სიმტკიცის დარღვევის შედეგად. გადაყირაებებელ და დაჭერ ძალთა მომენტები აითვლება ე. წ. თელვის BC უბნის (ნახ. 21.7) შუა O_c ღერძის მიმართ, რომლის მდებარეობაც განსაზღვრულია სათანადო კოორდინატებით [45, გვ. 29]; დასაშვებია აგრეთვე გაანგარიშება ქვედა წახნაგის B წიბოს მიმართ გადაყირაებების სქემით.

ზღვრული მდგომარეობის (21.17) პირობა გადაყირაებებზე მდგრადობის შემოწმების შემთხვევაში შემდეგნაირად ჩაიწერება

$$\gamma_{lc} \cdot M_i \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot M_r, \quad (21.23)$$

სადაც M_i , M_r არის შესაბამისად იმ ძალთა მომენტების ჯამი, რომლებიც ცდილობენ კაშხლის გადაყირაებას და დაჭერას.

21.7 ნახაზზე ნაჩვენებია სქემის შემთხვევაში გადაყირაებებელ მომენ-



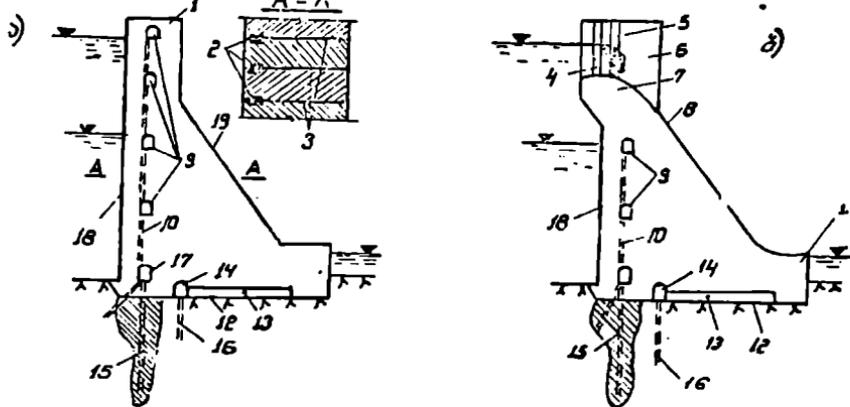
ნახ. 21.7. ბეტონის გრავიტაციული კაშხლის გადაყირაებებზე მდგრადობის გაანგარიშების სქემა.

ტებს ქმნიან ზედა წახნაგზე წყლის წნევის W_1 , ნატანის წნევის E_s , ფილტრაციული უკუწნევის W_+ , სეისმური P , ძალები და ისინი წარმოადგენენ (21,23) პირობის M , თანამარაველს; M , იერთიანებს კაშხლის G წონისა და ქვედა ბიეფიდან წყლის W_2 წნევის ძალების მომენტებს. აქვე უნდა დაეძინოთ, რომ მომენტები საკიროა განისაზღვროს მთლიანად თითოეული ძალის და არა მისი შემდგენების მიხედვით; დასაშვებია ძალების დაშლა ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ შემდგენებად, მაგრამ მაშინ ისინი უნდა მიეკუთვნონ გადაწყვირებულ თუ დაშვებულ იმის შესაბამისად, თუ რომელ მიმართულებას წარმოადგენს მთლიანი ძალის მომენტი.

21. 8. 4. ბეტონის გრავიტაციული კაშხლები კლდოვან ფუძეზე. კონსტრუქციულ-სამშენებლო თავისებურებანი

ბეტონის გრავიტაციული კაშხლების თვისებების შესწავლისას ცალკე განიხილავენ კაშხლებს კლდოვან და არაკლდოვან ფუძეებზე; ეს განსხვავება მნიშვნელოვნად განაპირობებს კაშხლების კონსტრუქციულ-სამშენებლო თავისებურებებს.

კლდოვან ფუძეებზე აგებული გრავიტაციული კაშხლების ცალკეული ნაწილები და ელემენტები ნაჩვენებია 21 8 ხაზაზე, როგორც კრუ,



ნახ. 21.8. კლდოვან ფუძეებზე გრავიტაციული კაშხლების ძირითადი ნაწილები და ელემენტები. ა—ყურ კაშხლი; ბ—წყალსაგდები კაშხლი; 1—კაშხლის თხემი; 2—ფილტრაციისაწინააღმდეგო გამამკერძებელი; 3—მუდმივი დეფორმაციული ნიჟრი; 4, 5—სიარემონტო და მუშა საკეტის კოლო; 6—წყალსაშვების შეღებვი ბურჯი; 7—წყალსაშვის თხემი; 8—წყალსაშვები წახნაგი; 9—სათვალთვლებელი და დისაკეირი გაღერეები; 10—კაშხლის ტანის ღრეზები (საწრეტები); 11—კაშხლის წვერო—ტრამპლინი; 12—კაშხლის ძირი; 13—განმტვირთავი სიღრუე; 14—სადრენაუო გაღერეა; 15—ფილტრაციისაწინააღმდეგო ფარდა; 16—სადრენაუო კაბურღილი; 17—საცემენტი—ციო გაღერეა; 18—ზედი (სიდიწნეო) წახნაგი; 19—ქვედა წახნაგი.

ასევე წყალსაგდები გრავიტაციული კაშხლების რეალურ პროფილს საფუძვლად უდევს მართებული სამკუთხედი ვერტიკალური სადანწეო წახნაგით. წყალსაგდები კაშხლის თხემი და ქვედა წახნაგი მეტწილად მოიხაზება წყალსაშვის უეკუუმო პროფილის კოორდინატებით; წყალსაშვები პროფილი ბოლოვდება საფეხურით, რომელიც წყლის გამტყორცნი ტრამპლინის როლს ასრულებს.

● კაშხლის ფორმა გეგმაში, ჩვეულებრივ, სწორხაზოვანია. გეგმაში მრუდწირულ ფორმას მიმართავენ უფრო იშვიათად, კერძოდ მაშინ, როდესაც საჭიროა კაშხლის მოთავსება უფრო საიმედო ქანებზე. კაშხლის უკეთ ჩაწერა გასწორის ტოპოგრაფიულ გარემოში ან კაშხლის წყალსაგდები ფონტის სიგრძის ხელოვნური გაზრდა (მდინარის ხეობის არასაკმარისი სივანის შემთხვევაში). გეგმაში მრუდწირული გრავიტაციული კაშხალი აქვს დნებარქსს.

● კაშხლის წახნაგების ზონაში იწყობა სპეციალური ზონალური ბეტონი (§ 21.2): წყალშეუღწევი — სადანწეო წახნაგის მხრიდან, ყინვაშედეგი — ღია ზედაპირებთან, გაცეცხე შედეგი — წყალსაშვებ წახნაგზე; ამიტომ კაშხლის წახნაგები სპეციალურ მოპირკეთებას არ საკიროებს. აუშკა, განსაკუთრებულ შემთხვევებში ღებულობენ დამატებით ზომებსაც: თუ ყველაზე ცივი თვის საშუალო თვიური ტემპერატურა — 20°C-ზე ნაკლებია, მიმართავენ სადანწეო წახნაგის მსუბუქ დაარმატურებას წყლის დონეების ცვალებადობის ზონაში; წყლის მინიშნულთვანი აგრესიულობის შემთხვევაში კაშხლის ზედაპირს ფარავენ ტორკრეტით ან ასფალტით; როდესაც წყალნაკადი დიდი რაოდენობით შეიცავს მყარ ნატანს, წყალსაშვებ ზედაპირს აპირკეთებენ დაარმატურებული ტორკრეტით ან მაგარი ჯიშის თლილი ქვით.

● კაშხლის თხემის ზომები და კონსტრუქცია განისაზღვრება სასამსახურო გავლის და ტრანსპორტის მიმოსვლის პირობების გათვალისწინებით; თხემის სიგანე არ უნდა იყოს 2 მ-ზე ნაკლები. ყრუ კაშხლის თხემის შემალღება წყალსადავის ყველაზე მაღალი პორიზონტიდან გამოითვლება ფორმულით [11, ნაწ. 1, გვ. 222]

$$d = h + \Delta h + a, \quad (21.24)$$

სადაც h არის ქარისმიერი ტალღის სიმაღლე (§ 20.2.3);

Δh — ქარის მიმართულებით წყლის მოდენის სიმაღლე (ფორმულა 20.1);

a — მარაგი; I კლასის კაშხლებისათვის — 0,8 მ, II — 0,6 მ, III და IV — 0,4 მ.

● კაშხლის ტანის დრენაჟის დანიშნულებაა შეკიბოს და ქვედა ბიეფში გაიყვანოს ფილტრაციული წყლები. დრენაჟი ვერტიკალური (იშვიათად პორიზონტალური) დრენების (საწრტების) სისტემაა,

რომელიც განლაგებულია უშუალოდ სადამწეო წახნაგის წყალშეუღწევი ბეტონის ფენის უკან 2 მ-მდე დაშორებით. ვერტიკალური ღრენები წრიული კვეთისაა 15...30 სმ დიამეტრით; მათ ღერძებს შორის მანძილი 2...4 მ-ის ფარგლებშია. ღრენებში მფილტრავი წყალი ჩაედინება და გროვდება გრძივი გალერეების შემკრებ კიუვეტებში, ხოლო შემდეგ განივი გალერეებით გაიყვანება ქვედა ბიეფში.

ღრენების მოწყობა შესაძლებელია კაშხლის დაბეტონების პერიოდში მის ტახში ფოროვანი ბეტონის მიღების ჩატოვებით; შესაძლებელია აგრეთვე ლითონის მიღების გამოყენება, რომელიც ასრულებს ყალიბის ფუნქციას, გადაადგილდება ზემოთ კაშხლის სიმალლის ზრდასთან ერთად და ამოიღება დაბეტონების დასასრულს.

● კაშხლის თეორიული პროფილის ანალიზმა (§ 21.3.1) ცხადყო ფილტრაციული უკუწნევის შემცირების დიდი პრაქტიკული ეფექტი. ამ მიზნით კაშხლის ზედა კბილის ქვეშე კმნიან ფილტრაციის საწინააღმდეგარდას, მის უკან კი აწყობენ ფუძის დრენაჟს. ფილტრაციისსაწინააღმდეგარადები ხორციელდება კაშხლის ფუძის კლდოვანი ქანების ბზარებში ცემენტის ხსნარის (ცემენტიზაცია), ბიტუმის (ბიტუმიზაცია), თიხის ხსნარის (თიხიზაცია) ან მათი კომბინაციის დაქირხნით. ჰიდროტექნიკის პრაქტიკაში ყველაზე გავრცელებულია ფილტრაციისსაწინააღმდეგარად ცემენტაციური ფარდები; ცემენტის ხსნარის კონსისტენცია (ცემენტი: წყალი) აიღება 1:1-დან 1:10-მდე. საშუალო და დიდი ზომის ბზარების შემთხვევაში ცემენტის ხსნარს უმატებენ ქვიშას. დაქირხნის წნევა აღწევს 10 ატმოსფეროს და მეტსაც.

ფუძის დრენაჟი იკმნება სადრენაჟო კაბურღილებით, რომლებიც განლაგებულია ერთ-ორ გრძივ რიგად. ფუძის დრენაჟის ღერძს ათავსებენ ფარდიდან არანაკლებ 4 მ მანძილზე, ე. ი. ფუძის დაუცემენტებელ ზონაში. დრენაჟმა უნდა უზრუნველყოს ფუძეში ფილტრაციული წყლების შეკრება და ქვედა ბიეფში მათი ორგანიზებული გაყვანა.

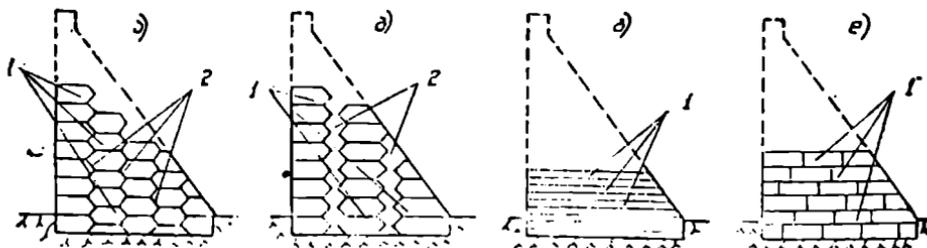
● სათვალეირებელ და დასაკვირ გალერეებს კაშხლის ტახში აწყობენ მისი შიდა ნაწილების დასათვალეირებლად. ფილტრაციისა და დაბზარვის პროცესების შესასწავლად, კაშხლის ტახის სადრენაჟო სისტემის მუშაობის შესამოწმებლად და გასაწმენდად, საკონტროლო-გამზომი აპარატურის მოსათავსებლად. გალერეის ძირითადი დანიშნულების შესაბამისად ისინი შეიძლება იყოს 2,5...3 მ სიგანის, 3 მ-მდე სიმალლის და მეტიც. ქვედა, ფუძისთან ახლომდებარე გალერეა გამოიყენება ფილტრაციისსაწინააღმდეგარადის ცემენტაციისთვის მშენებლობისა და ექსპლუატაციის პერიოდში. გალერეებს განალაგებენ კაშხლის სიმაღლეზე ერთმანეთისაგან 20...30 მ-ის დაშორებით. სათვალეირებელი გრძივი გალერეების გამოსასვლელები მეტწილად ეწყობა ხეობის ფერდობებზე.

● კაშხლის ტანში ბეტონის ზონალური განლაგების (§ 21.2) პრინციპის დაცვა მით უფრო საყურადღებოა გრავიტაციული კაშხლები-სათვის, როგორც გამოირჩევიან მასალის დიდი ხარჯით.

● კაშხლის ტანში ბეტონის ზონირება (რაც ძირითადადში ცემენტის ხარისხისა და სათანადო ჩაოდნობის შერჩევის საფუძველზე ხდება) გარდა ეკონომიკური ეფექტისა მიზნად ისახავს ბეტონის გამაგრების პერიოდში სითბოს გამოყოფის, ანუ ეგზოთერმიის მოკლენის შემცირებას. ბეტონის წყობის დროს განვითარებული ეგზოთერმული შოვლენე'ის შედეგად ჩასხმული ბეტონის ტემპერატურა იზრდება. 15...25°C-ით და მეტადაც ბეტონის აღუღაბების ტემპერატურასთან შედარებით. მაქსიმალური ტემპერატურის მიღწევის შემდეგ იწყება ბეტონის ტემპერატურის დაწევა გარემომცველი ჰაერის ტემპერატურამდე. ეგზოთერმიის (სითბოს გამოყოფის) პროცესთან შედარებით, რომელიც, ჩვეულებრივ, გრძელდება რამდენიმე დღე, ბეტონის ტემპერატურა იკლებს წლების განმავლობაში; ამასთან, რაც უფრო დიდია ბეტონის ბლოკის ზომები, მით უფრო უთანაბროა გაცევის პროცესი, როგორც დროში, ასევე ბეტონის ტანში. ტემპერატურის აწევის, შემდგომი ხანგრძლივი კლების და მასივში ტემპერატურათა უთანაბრობის მიზეზით ბეტონში ვითარდება საშიში დეფორმაციები, რომელთა შედეგად წარმოიქმნება გამკვირვებები. თუ ამასთანავე აღენიშნავთ, რომ ბეტონის ტანში ტენის არათანაბარი განაწილება წარმოშობს შეკლებისა და გაჯირჯეების დეფორმაციებს, ნათელი გახდება ბეტონის ტემპერატურულ-შეკლებითი მოკლენების საწინააღმდეგობის დიდი მნიშვნელობა. ჰიდროტექნიკის პრაქტიკაში ამ მიზნით მიმართავენ შემდეგ ზეზებს: ცემენტის ჩაოდნობის შეძლებისდაგვარად შემცირება, დაბალი თერმულობის ცემენტის გამოყენება, ბეტონის შემესვებებისა და მისი ამდულაბებელი წყლის გაცივება, ბეტონის გაცივება კაშხლის ტანში ჩაწობილ მილებში წყლის ცირკულაციით, ბეტონის დაწყობა შეზღუდული ზომების მქონე ცალკეულ ბლოკებად ისეთი რიგით, რომ რაც შეიძლება სწრაფად გაიფანტოს ეგზოთერმული სითბო და შეძლებისდაგვარად თანაბრად მოხდეს ბეტონის ბლოკის გაცივება.

უკანასკნელი მეოთხედი, რომელიც გულისხმობს კაშხლის ტანის დაყოფას დაბეტონების ბლოკებად, სხვასთან შედარებით ეკონომიკური და მოსახერხებელია. დაბეტონების ბლოკების მოსაზღვრე ვერტიკალურ სიბრტყეებს შორისი ნაკერები არის მხოლოდ კაშხლის მშენებლობის პერიოდში და ამიტომ იწოდებიან სამშენებლო (დროებით) ნაკერებად.

სამშენებლო ბლოკებისა და ნაკერების განლაგების და სამუშაოთა წარმოების ხერხების შესაბამისად განასხვავებენ კაშხლის ტანის სამშე-



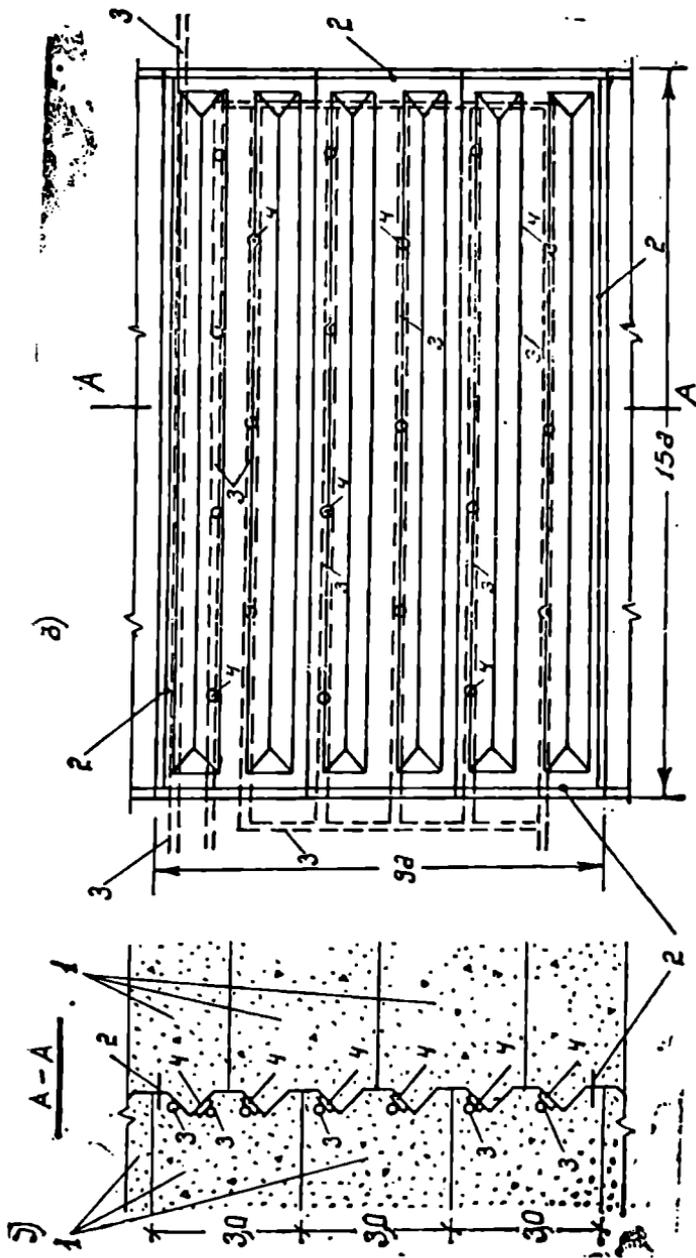
ნახ. 21.9. გრავიტაციული კაშხლის დაბეტონების (სამშენებლო ბლოკებად დაყოფის) სქემები. ა—სვეტოვანი ცემმეტირებადი ნაქერებით; ბ—სვეტოვანი ბეტონირებადი ნაქერებით; გ—სექციური; დ—გრძივი ნაქერების გადაბმით; 1—სამშენებლო ბლოკები; 2—სამშენებლო ნაქერები.

ნებლო ნაქერებით დაყოფის სამ ხერხს (ნახ. 21.9): სვეტოვანს, სექციურს და გრძივი ნაქერების გადაბმით [13, გვ. 281].

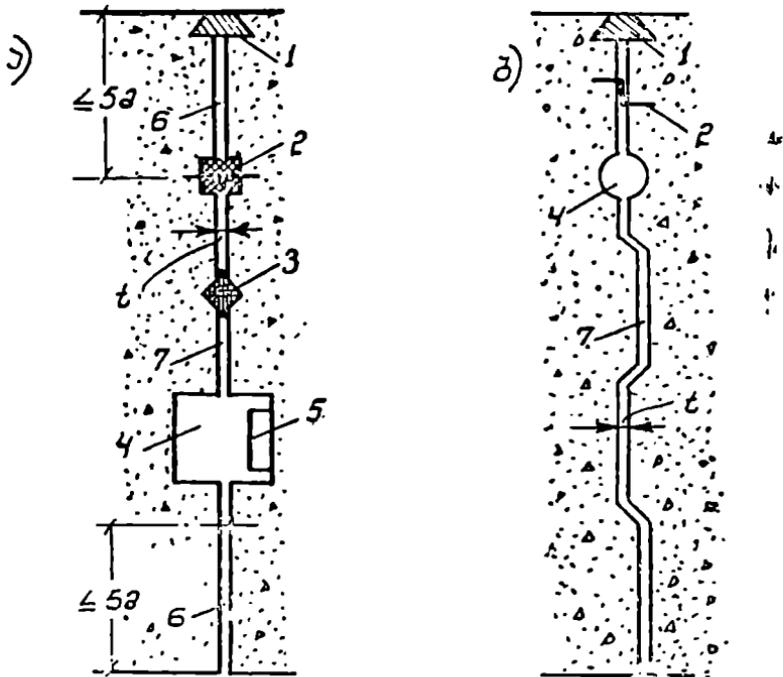
კაშხლის სვეტოვან ბლოკებად (ნახ. 21.9, ა) დაყოფის შემთხვევაში რეკომენდებულია სამშენებლო ბლოკების შემდეგი ზომები: გეგმაში — 9...16 მ, სიმაღლეში — 1,5...3,0 მ ფუძის სიახლოვეში და 3...9 მ ფუძისაგან მოშორებით. სვეტების დაბეტონება ხდება ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად, ამიტომ მათი გაციელება უფრო ადვილია, ბზარების წარმოშობის საშიშროება კი — უფრო ხაკლები. სვეტებს შორის სამშენებლო ნაქერები შეიძლება მოეწყოს ვიწრო ანუ ცემენტრებადი და განეკაროს ანუ ბეტონირებადი. მათ გამოწოდების აწარმოებენ ბლოკების გაციელების შემდეგ. სვეტების სიშვებლოდ დაკავშირების უზრუნველსაყოფად სამშენებლო ნაქერებს აკეთებენ ფეხურებიანს (ნახ. 21.10). კაშხლების მშენებლობის სვეტოვანი მეთოდის უპირატესობაა შენების მაღალი ტემპი (8...10 მ თვეში) და კაშხლის ექსპლუატაციაში გაშვების შესაძლებლობა მშენებლობის სხვადასხვა ეტაპზე.

სექციური, ანუ გრძელი პორაზონტალური ბლოკების (ნახ. 21.9, გ) წესით მშენებლობის დროს ბლოკებს გეგმაში აკეთებენ კაშხლის მთელ სიგანეზე; ბლოკების სიმაღლე არ უნდა აღემატებოდეს 0,7...1,5 მ-ს. მშენებლობის ამ წესის უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ იგი მოითხოვს ყალიბების მინიმალურ რაოდენობას, იძლევა სამუშაოთა ფართო მექანიზაციის საშუალებას, გამოირიცხავს ვერტიკალური გრძივი ნაქერებს. აქვე დროს უნდა აღინიშნოს, რომ მნიშვნელოვნად შეაყვარდება მოთხოვნები ბეტონის ხსნარის ტემპერატურული რეჟიმის მიმართ.

ვერტიკალური გრძივი ნაქერების გადაბმის ხერხის (ნახ. 21.9, დ) გამოყენების შემთხვევაში ბლოკების რეკომენდებული ზომებია: გეგმაში 12...15 მ, სიმაღლეში — 2...4 მ. ეს ხერხი არ მოითხოვს სა-



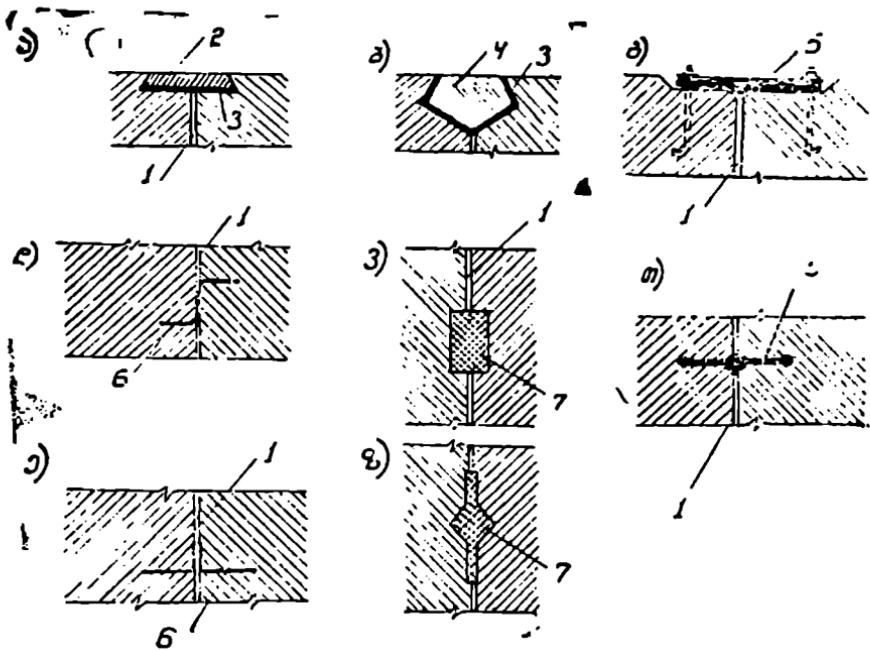
ნახ. 21.10. ცემენტბრძობი საშენებლო ნაქრის მგალითი. ა-ვერტიკალური ქოთი ნაქრზე; ბ-ნაქრის ფასილი; 1-საშენებლო ბლოკები; 2-გარე გაქვრივები; 3-შიღები ცემენტის სნარის დასაკრისად და ჰაერის გამოსაუქვად; 4-ცემენტის სნარის ვა-შიღვები.



ნახ. 21.11. მუდმივი დეფორმაციული ნაქერის ტიპები (პორიზონტალური კვეთი).
 ა—ბრტყელი; ბ—ფუხურებიანი; 1—კონტრული გამკვრივება; 2—ძირითადი შიგა გამკვრივება (ხაღენძის ფურცელი); 3—დამატებითი შიგა გამკვრივება; 4—სათვლიერებელი (ხაღენძი) შახტი; 5—კიბე; 6—ნაქერი ($t=0,5 \dots 1$ სმ); 7—ნაქერი ($t=0,1 \dots 0,3$ სმ).

მშენებლო ნაქერების შემდგომ გამონოლითებას, რაც შეადგენს მის უპირატესობას.

● სამშენებლო (დროებითი) ნაქერებისაგან განსხვავებით მუდმივი დეფორმაციული ნაქერები წარმოადგენენ კაზლების ერთერთ კონსტრუქციულ ელემენტს და ფუნქციონირებენ მათი ექსპლუატაციის განშავლობაში; ამიტომ მათ კონსტრუქციულ ნაქერებსაც უწოდებენ. დანიშნულების მიხედვით ისინი შეიძლება იყოს [13, გვ. 282]: ტემპერატურული, რომლებიც აცილებენ ბზარების წარმოშობას გარემოს ტემპერატურის ცვალებადობის და ბეტონის ვაცივების მიზეზით; შეკლებითი, რომლებიც გამორიცხავენ ბზარების წარმოქმნას ბეტონის შეკლების შედეგად; დაჯდომითი, რომელთა დანიშნულებაა ბზარების გამორიცხვა კაზლის ფუძეების არათანაბარი დაჯდომის შემ-



ნახ. 21.12. ბეტონისა და რკინაბეტონის კაშხლების დეფორმაციული ნაკერების ვი-
 მაპერჩივებლების ძირითადი სქემები. ა, ბ, გ—კონტურული გამამკვრელებლები; დ, ე,
 ვ, ზ, თ—შიგა გამამკვრელებლები; 1—დეფორმაციული ნაკერი; 2—რკინაბეტონის ფი-
 ლა; 3—ასფალტის შუასადები; 4—რკინაბეტონის სოგმანი; 5—დაპროფილებული რე-
 ზინა; 6—ლითონის ფერცელი; 7—ასფალტის მასტია.

თხევებაში. ჩვეულებრივ, კაშხლის მუდმივ დეფორმაციულ ნაკერებში შეთავსებულია ყველა ეს თვისობრივი დანიშნულება.

მუდმივი დეფორმაციული ნაკერები კაშხალს სიგრძეზე ანაწევრებს 7...8 მ-დან 15...20 მ-მდე სიგრძის ცალკეულ სექციებად. ნაკერების განლაგება-განაწილებას უთავსებენ სამშენებლო პირობებს, კაშხლის ტანის დაყოფას სამშენებლო ბლოკებად, კაშხლის ტანში სხვადასხვა დანიშნულების ხვრეტების არსებობას და სხვ. ცალკეულ შემთხვევაში (მაგალითად, მკაცრ კლიმატურ გარემოში) კაშხალში შეიძლება გათვალისწინებული იქნეს დამატებითი დეფორმაციული ნაკერები; ამ ნაკერებით კაშხალი იჭრება არა მთელ, არამედ თხემიდან მხოლოდ 20...30 მ მანძილზე.

კონსტრუქციულად ნაკერები შეიძლება გაკეთდეს ბრტყელი და ფეხურებიანი (ნახ. 21.11). პირველი უფრო მარტივია შესასრულებლად და ამიტომ უპირატესობაც მას ენიჭება. ნაკერების სიგანე იზომება მილიმეტრებში და იცვლება ნაკერის სიგრძეზე. ნაკერი უნდა იყოს წყალ-
 19. ვ. მალაქაიძე

შეუღწევი კაშხლის მეზობელი სექციების ნებისმიერი შესაძლო დეფორმაციების შემთხვევაში. ამ მიზნით მასში ეწყობა სხვადასხვა ფორმის და მასალის წყალშეუღწევი გამამკვრივებელი შუადები; ნაკერში მათი ადგილმდებარეობისა და დანიშნულების მიხედვით განარჩევენ გარე კონტურულ, შიდა კონტურულ და შიდა ძირითად გამამკვრივებლებს (ნახ. 21.12). იმისდა მიხედვით, თუ რა სიგანისაა დეფორმაციული ნაკერები, მათი კედლები შეშადება საღები, სალესი და საწეპი მასალით.

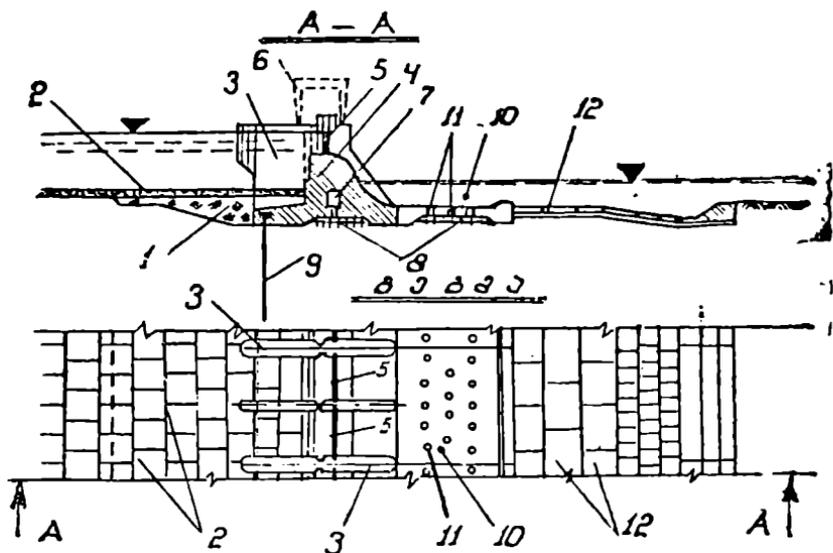
● გრავიტაციული კაშხლების ძირითადი ნაკლია დიდი მოთხოვნილება სამშენებლო მასალაზე; ამიტომ, ბუნებრივია, ცდილობენ შეიმუშაონ გრავიტაციული კაშხლების შემსუბუქებული ტიპები, ან ისეთ კაშხლებს, რომელთა შიგა ზონებში ბეტონი შეცვლილია ადგილობრივი მასალით. გრავიტაციული კაშხლების კონსტრუქციის შემსუბუქების და გაიაფების მთავარი ხერხებია [25]: ცემენტის შეშველობის ყოველმხრივი შემცირება, კაშხლის ტანის გარკვეულ ზონებში ბეტონის შეცვლა იაფი ადგილობრივი მასალით, კაშხალში გაფართოებული დეფორმაციული ნაკერების შოწყობა, კაშხლის ტანში ლიდი მოცულობის სიდრუეების გათვალისწინება, კაშხლის ჩაანკერება ფუძეში.

**21. 8. 6. ბატონის ზრავიტაციული კაშხლავი არაკლდოვან ფუძეზე.
კონსტრუქციულ-სამშენებლო თავისებურებანი**

გრავიტაციული კაშხლების კონსტრუქციულ-სამშენებლო თვისებების გარკვეული ნაწილი საერთოა კაშხლებისათვის როგორც კლდოვან ასევე არაკლდოვან ფუძეებზე; ასეთებია: სამშენებლო მასალისადმი წყენებული მოთხოვნილებები, კაშხლის ტანში ბეტონის ზონირების პრინციპი, სამშენებლო ბლოკებად დაყოფა, სათვალერებელი და დასაკვირი გალერეები, დრენაჟი, მუდმივი და დროებითი დეფორმაციული ნაკერები, კაშხლის წახნაგების მოხაზვა და მოპირკეთება. ამიტომ აქ შევეჩებით მხოლოდ არაკლდოვან ფუძეების გრავიტაციული კაშხლებისათვის დამახასიათებელ თავისებურებებს (ნახ. 21.13).

პილრონაგებობის ფუძის სათანადო მომზადებისა და ნაგებობის მიწისქვეშა კონტურის გრუნტის ხასიათის შესაბამისად შერჩევის შედეგად არაკლდოვან გრუნტებზე შესაძლებელი ხდება 20...40 მ-მდე სიმაღლის ბეტონისა და რკინაბეტონის კაშხლების მშენებლობა.

● არაკლდოვან ფუძეებზე, როგორც წესი, აგებენ წყალსაგდებ გრავიტაციულ კაშხლებს; ასე რომ, კაშხლის თხემისა და ქვედა წახნაგის მოხაზულობა შეესაბამება პრაქტიკულ (უპირატესად უვაკუუმო) პროფილს, აგებულს კრიკერ-ოვიცროვის კოორდინატებით [13, გვ. 86; 47, გვ. 66; 69, გვ. 228].



ნახ. 21.13. ბეტონის გრავიტაციული კაშხლის არაკლდოვან ფუძეებზე. 1—თიხის ძირული; 2—ძირულის დამცველი საგები; 3—შუალედი ბურჯები; 4—კაშხლის ჩინი; 5—საკეტები; 6—ჭორბალური ამწე; 7—სადრენაო გალერეა; 8—დრენაო უკუფლტრათი; 9—ნარინდი; 10—წყალსაცემი კა; 11—სადრენაო ხეკლებები; 12—არსებერმის ფილები.

კაშხლის წყალსაგდები (წყალსაშეები) ფრონტის b სიგანის გაანგარიშებისათვის საჭიროა შემდეგი საწყისი მონაცემებით სარგებლობა: ნორმალური შეტბორვის დონე, ფორსირებული შეტბორვის დონე (თუ მიქსიმალური ხარჯების გატარება ნავარაუდებია ექსპლუატაციის საგანგებო პირობებში), საანგარიშო უზრუნველყოფის მიქსიმალური ხარჯი (რომელიც ქვედა ბიეფში უნდა გატარდეს კაშხლის წყალსაგდებ ნაწილზე), ქვედა ბიეფისათვის დასაშვები ხვედრითი ხარჯები. წყალსაშეები ფრონტის b სიგანე განისაზღვრება ცნობილი ფორმულით [13, 14]

$$Q = \sigma_n \cdot \sigma_c \cdot \sigma_m \cdot m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2} \quad (21.25)$$

სადაც σ_n არის წყალსაშეზე დაწნევის სისრულის კოეფიციენტი;

σ_c — ნაკადის კუმშვის კოეფიციენტი;

σ_m — შეტბორვის კოეფიციენტი;

m — წყალსაშეის ხარჯის კოეფიციენტი;

H_0 — დაწნევა წყალსაშეზე მასთან წყლის მისვლის სიჩქარის გათვალისწინებით.

წყალსაშეები ფრონტი შუალედი ბურჯებით იყოფა ცალკეულ წყალ-

საგდებ მალეხად. მათი ჩაოდენობის დადგენა, კაშხილზე განაწილება და ზომების შერჩევა მრავალ კონსტრუქციულ-საექსპლუატაციო ფაქტორზეა დამოკიდებული: საკირთა მხედველობაში იქნეს მიღებული კაშხლის სექციებად დაყოფა განივი დეფორმაციული ნაკერებით; რთული ყინულსვლის მდინარეებში წყალსაგდები მალეხის სიგანე არ უნდა იყოს 15 მ-ზე ნაკლები; გათვალისწინებული უნდა იქნეს საკერტებიანი სწორკუთხე წყალსაშვები ხერტების (მალეხის) სიგანისა და სიმაღლის სავალდებულო ზომები [39, გვ. 25, დან. 6] და სხვ.

● კაშხლის წახნაგებისა და თხემის კონსტრუქციები და მოხაზულობა, მიწისქვეშა კონტურის და კაშხლის ქვედა ბიეფის მოწყობილობა შეიძლება შეირჩეს სხვადასხვაგვარად. 21.13 ნახაზზე ნაჩვენებია კაშხლის ზოგადი განივი კვალი იმ ძირითადი კონსტრუქციებისა და ელემენტების ჩვენებით, რომლებიც უპირატესად დამახასიათებელია ბეტონის გრავიტაციული კაშხლებისათვის არაქლოვიან ფუძეებზე.

განივი კონსტრუქციული პროფილის ძირითადი ნაწილი, რა თქმა უნდა, კაშხლის ტანია; ის გადასცემს მასზე მოსულ დატვირთვებს ფუძის გრუნტს. კაშხლის კონსტრუქციული პროფილის შემადგენლობაში ფუძის გრუნტების ხასიათის შესაბამისად ზოგადად შედის; პორიზონტალური წყალშეუღწევი საფარი — ძირული; ვერტიკალური (ან დახრილი) წყალშეუღწევი ზღუდეები — ნარანდი, კბილი ან ფილტრაციისსაწინააღმდეგო ფარდა. ქვედა ბიეფის მოწყობილობაში იგულისხმება წყალსაცემი ან ენერჯის ჩამქრობები და მოქნილი რისბერმა. წყალშემტორი ნაგებობის იმ ნაწილს, რომელზედაც ტარდება ღია წყლის ნაკადი, ფლუტბეტრი ეწოდება; ფლუტბეტრის შემადგენლობაში შედის ძირული, კაშხლის ტანი, წყალსაცემი (ენერჯის ჩამქრობი) და რისბერმა.

ძირულეებს (საყვინთებს) ეკისრებათ მხოლოდ ფილტრაციული გზის გაგრძელების ფუნქცია. კონსტრუქციის მიხედვით არსებობს ხისტი (ბეტონის, რკინაბეტონის), მოქნილი (გრუნტების, ასფალტის, პოლიმერული მასალის) და შერეული სახის ძირულეები [43, გვ. 20]. ძირულის ფილტრაციის კოეფიციენტი 50-ჯერ და მეტადაც ნაკლები უნდა იყოს ფუძის გრუნტების ფილტრაციის კოეფიციენტზე.

ძირულის სიგრძე ინიშნება კაშხლის ფუძის გრუნტების საერთო ფილტრაციული სიმტკიცის პირობიდან (§ 20.5.3). გრუნტის ძირულის სისქე უნდა განისაზღვროს უტოლობით

$$t_s \geq \gamma_n \cdot \frac{\Delta H_s}{I_{კ.ს.გ.}}, \quad (21.26)$$

სადაც ΔH_s არის დაწნევის დანაკარგი მიწისქვეშა კონტურის დასაწყისიდან ძირულის განსახილველ (საინგარიშო) კვეთამდე;

γ₀ — საიმედოობის კოეფიციენტი ნაგებობის პასუხისმგებლობაზე (ცხრილი 20.2);

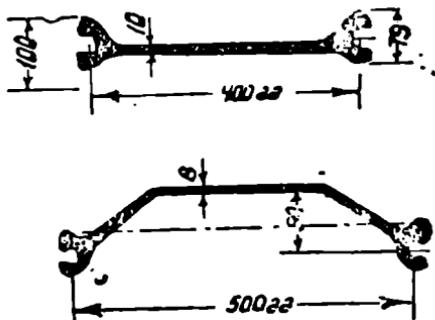
კ_{კ.ა.ა} — დაწნევის საშუალო კრიტიკული გრადიენტი ძირულში [14, გვ. 338]: თიხებისათვის — 3...4, თიხნარებისათვის — 2...3.

ძირულის სისქე არ უნდა იყოს 0,5 მ-ზე ნაკლები. კაშხლის ტანთან ძირულის მიერთება ისე უნდა მოხდეს, რომ გამოიძიროს კონტაქტური ფილტრაციის წარმოქმნის საშიშროება.

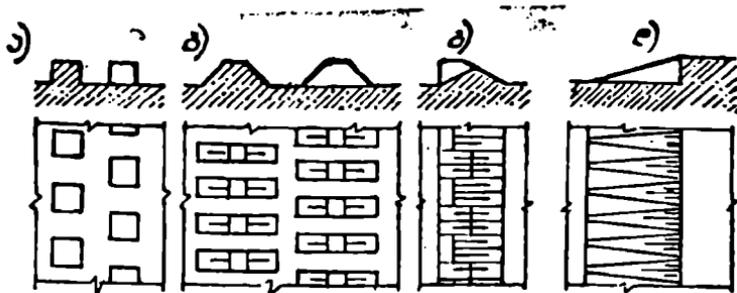
ნარანდი (შპუნტი) კაშხლის ფილტრაციული კონტურის მნიშვნელოვანი ელემენტია. მიწისქვეშა კონტურში მისი მოთავსების ადგილის მახედვით განარჩევენ ძირულის ნარანდს და კაშხლის ზედა და ქვედა ნარანდებს. კაშხლის ზედა ნარანდი კეთდება მხოლოდ ძირულის უქონლობის შემთხვევაში. ნარანდის ტიპი (ლითონის, რკინაბეტონის, ხის) საჭიროა შეირჩეს გეოლოგიური პირობების, საანგარიშო დაწნევისა და ნარანდის ჩასობის სიღრმის შესაბამისად. ყველაზე ეფექტურია ზედა ნარანდი დაიყვანოს წყალსაკავამდე და ჩველარშავით მასში 2...3 მ-ზე ყოველ შემთხვევაში. ნარანდის ჩასობის სიღრმე არ უნდა იყოს 2,5 მ-ზე ნაკლები. წყალსაკავამდე არღასული (დაკიდებული) ნარანდების მეზობელ რიგებს შორის მანძილმა უნდა შეადგინოს არანაკლებ ნარანდის სიღრმეების ნახევარჯამისა. ნარანდი ისე უნდა იყოს შეუღლებული კაშხლის ტანთან, რომ გამოიძიროს კაშხლიდან ნარანდზე დატვირთვების გადაცემა. ქვედა ნარანდის მოწყობა იწვევს უკუწნევის ზრდას, რის ასაცვლელბადაც ნარანდს აკეთებენ პერფორირებულს. მაღალეფექტურობითა და წყალშეუღწევობით გამოირჩევა ლითონის ნარანდები (ნახ. 21.14); ისინი შეიძლება ჩაეასოს 50 მ სიღრმემდე.

თუ საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების გამო ნარანდის გამოყენება მიუღებელია, საჭიროა კაშხალში ზედა და ქვედა კბილის მოწყობა.

წყალსაცემი კაშხლის ტანის გაგრძელებაა მოწყობილი ბეტონის ან დაარმატურებული ბეტონის მასიური ფაქისის (ფელის) სახით. ის თავის თავზე იღებს კაშხალზე გადაღინებული წყლის ნაკადის დარტყმას. ამასთანავე აგრძელებს ფილტრაციის გზას. წყალსაცემის ფილის სისქე განისაზღვრება ჰიდროტექნიკური ანგარიშის საფუძველზე; საშუალო დაწნევის კაშხლებში ის შეადგენს



ნახ. 21.14. ფილის ნარანდის განივი კვეთის სქემები.



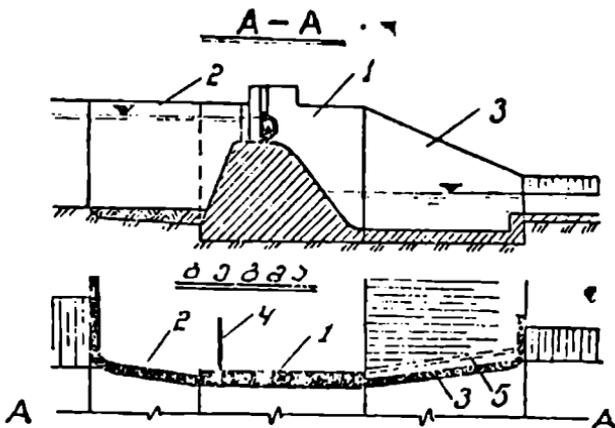
ნახ. 21.13. წყალსაცემის კინეტიკური ენერჯის ჩაქრობები. ა—შაშები; ბ—პირსები; გ—კბილა ზღურბლი; დ—სოლსებრი განმტკიცება.

4...5 მ-ს წყალსაცემის სისქეს ამცირებენ ფილაში ვერტიკალური ხერხე-ტების მოწობით, რომლებიც, უზრუნველყოფენ რა ფილტრაციული წყლების თავისუფლად ამოსვლას, განაპირობებენ წყალსაცემზე ფილტრაციული უკუწნევის შემცირებას. კაშხლის ტანთან წყალსაცემი შეუღლებულია მოქნილი ნაქერით, რომელიც კაშხალსა და წყალსაცემს აძლევს ურთიერთდამოუკიდებელი დაჯდომის საშუალებას.

ქვემო ბიუფში გადადინებულ წყლის ნაკადის ქარბი კინეტიკური ენერჯის უკეთ ჩაქრობის მიზნით წყალსაცემ ნაწილს ხშირად ანბორცილებენ წყალსაცემი კის, წყალსაცემი კედლის ან მათი კომბინაციის სახით. ენერჯის ჩაქრობი ნაგებობის ზომების განსაზღვრა წარმოებს ბიუფების შეუღლების თეორიის საფუძველზე [33, 51]. წყალსაცემისა და ენერჯის ჩაქრობი ნაგებობების გრძივი ზომების შემცირებას აღწევენ ნაკადის დინებისადმი ხელოვნური წინააღმდეგობის — წყალსაცემი შაშებისა და პირსების შექმნით (ნახ. 21.15); ისინი ანაწევრებენ ნაკადს ცალკეულ ქვებდად, რითაც ხელს უწყობენ ენერჯის უფრო სწრაფად ჩაქრობას.

რისხერხა წყალმდწვევადი მოქნილი საფარია, რომელიც იცავს მდინარის ფსკერს ღრმა წარეცხვებისაგან და ამასთანავე უზრუნველყოფს ფილტრაციული წყლის თავისუფალ გამოსვლას ქვედა ბიუფში. რისხერხული გაშვარების შესაქმნელად გამოიყენება ბეტონის მასივები (ბლოკები), ბეტონის შასიური ფილები, ბეტონის ან რკინაბეტონის ლეიბები, ხისა და რკინაბეტონის ძეგლორები, გაბიონები, ქვაყრილი და სხვ.

● არაკლდოვანი გრუნტების შემთხვევაში მნიშვნელოვანია ნაგებობის ფუძის დრენაჟის ორგანიზაციის საკითხი. განარჩევენ ფუძის პორიზონტალურ და ვერტიკალურ დრენაჟს. ჩვეულებრივ, პორიზონტალურ დრენაჟს იგებენ კაშხლის ტანის, წყალსაცემის (ენერჯის ჩაქრობის) და ძირულის ქვეშ. დრენაჟის დანიშნულებაა შეკრიბოს ფილტრა-



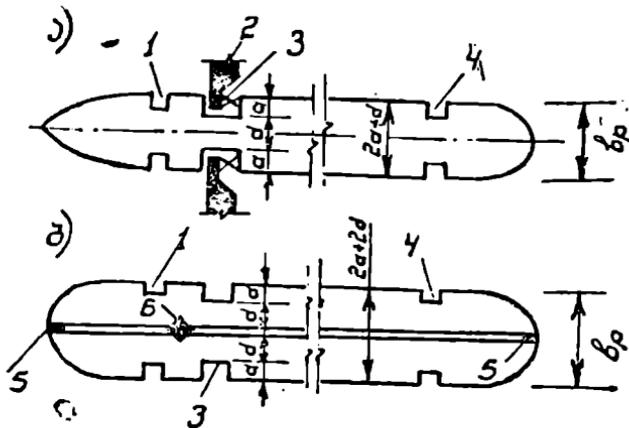
ნახ. 21.16. სანაპირო ბურჯისა და შემაუღლებელ მოწყობილობათა სქემა. 1—სანაპირო ბურჯი; 2—ზედა შემაუღლებელი კედელი; 3—ქვედა შემაუღლებელი კედელი; 4—შემოვლითი ფილტრაციისაწინააღმდეგო დიფრაქტორი; 5—დრენაჟი.

ციული წყლების რაც შეიძლება დიდი ნაწილი და კაშხლის ტანსა და ბურჯებში განლაგებული სადრენაჟო გალერების საშუალებით გაიყვანოს ქვედა ბიეფში. პორიზონტალური დრენაჟი შედგება მსხვილმარცვლოვანი (ხრეში, კენჭი) მასალისაგან და დალამებისაგან დატულია უკუფილტრით. პორიზონტალური დრენაჟის სისქე დაინიშნება კაშხლის კონსტრუქციული თავისებურებებისა და სამუშაოთა წარმოების პირობების გათვალისწინებით, მაგრამ არანაკლები 0,2 მ-სა. ჰიდროტექნიკური მშენებლობის პრაქტიკაში შედარებით იშვიათია არაკლდოვანი ფუძეების ვერტიკალური დრენაჟი; მას აწყობენ მაშინ, როდესაც ფუძეში განლაგებულია ანიზოტროპული გრუნტები.

● წყალსაშვები კაშხლების ერთ-ერთი მთავარი კონსტრუქციული ელემენტებია სანაპირო (შემაუღლებელი) და შუალედი ბურჯები.

სანაპირო ბურჯი ზედა და ქვედა შემაუღლებელი კედლებით წარმოადგენს წყალსაშვები კაშხლის მდინარის ნაპირებთან ან გრუნტის კაშხლის ტანთან შემაუღლებელ მოწყობილობას (ნახ. 21.16). იგი იცავს ნაპირს (გრუნტის კაშხალს) კაშხალზე გადადინებული წყლის ზემოქმედებისაგან, ამცირებს კაშხლის შემოვლით ფილტრაციას, არის საკეტებისა და კაშხლის ხიდების საყრდენი.

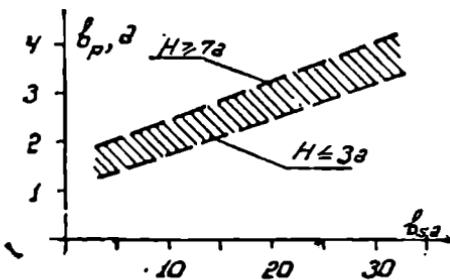
როგორც აღვნიშნეთ, წყალსაშვები კაშხალი ცალკეულ წყალგამშვებ მალეზად იყოფა შუალედი ბურჯების მეშვეობით (ნახ. 21.17). ბურჯები ღებულობენ საკეტებიდან გადაცემულ წყლის წნევას, უზრუნველყოფენ საკეტების განლაგებას, ასრულებენ ხიდების და ამჟამად მოწყო-



ნახ. 21.17. შუალედი ბურჯის სქემები. ა—უკრი კონსტრუქცია; ბ—გაქრილი კონსტრუქცია; 1—კილო საფარიო-სარემონტო საკეტისათვის; 2—მუშა საკეტი; 3—კილო მუშა საკეტისათვის; 4—კილო სარემონტო საკეტისათვის; 5—კონტრული გამკერევა; 6—შიგა გამკერევა.

ბილობების საყრდენების მოვალეობას. შუალედი ბურჯების სისქე განისაზღვრება წყალსაგდები ხერცების (შალბის) ზომების, საკეტების ტიპების, ბურჯებზე განლაგებული ხიდების და ამწე მექანიზმების კონსტრუქციებისა და ზომების შესატყვისად.

ბურჯი შეიძლება იყოს გაქრილი და უკრი კონსტრუქციის. კაშხლის ტანის გრძივ სექციებად დაყოფას უპირატესად აწარმოებენ ბურჯების გრძივ ლერძზე გამავალი დეფორმაციული ნაკერებით.



ნახ. 21.18. უკრი კონსტრუქციის ბურჯის სისქის (\$b_p\$) დამოკიდებულება წყალსაგდები მალის სიგანისა (\$b_a\$) და დაწნევაზე (\$H\$).

გრუნტების არაერთგვაროვნობის შესაბამისად ცალკეული სექციების სიგრძემ ანუ მანძილმა გაქრილი ბურჯების დეფორმაციულ ნაკერებს შორის შეიძლება შეადგინოს 40...50 მ და მეტიც და მოიცვას რამდენიმე წყალსაგდები მალი. უკრი შუალედი ბურჯის სისქის საორიენტაციო მნიშვნელობა ბრტყელი საკეტების შემთხვევაში შეიძლება დაინიშნოს 21.18 გრაფიკის მიხედვით წყალსაგდები მალის სიგანის (\$b_a\$) და წყალსაგდების თხემზე \$H\$ დაწნევის

შესაბამისად [11, ნაწ. I, გვ. 256]. ბურჯის ყელის მინიმალური სისქე მუშა საკეტების კილოების ზონაში უნდა იყოს 0,8...1,5 მ. ვინაიდან გაჭრილი ბურჯი შედგება ორი ნახევარბურჯისაგან, ამიტომ ისინი შედარებით მეტი სისქისაა. ბურჯის სიგრძე ინიშნება იმ ვარაუდით, რომ მასზე განლაგდეს სასამსახურო და სატვირთო ბიდეები, საკეტები, ამწე მექანიზმები. ბურჯების სიმაღლე საკმარისი უნდა იყოს იმისათვის, რომ საკეტი მთლიანად ექნეს ამოღებული წყლიდან. ჩვეულებრივ, ბურჯებში აკეთებენ საავიაციო-სარემონტო, მუშა და სარემონტო კილოებს, რომელთა ზომები და ფორმები შეესაბამება საკეტების ტიპებს. ბურჯების სათავისის მოხაზულობა გარსშემოდენილი ფორმისაა.

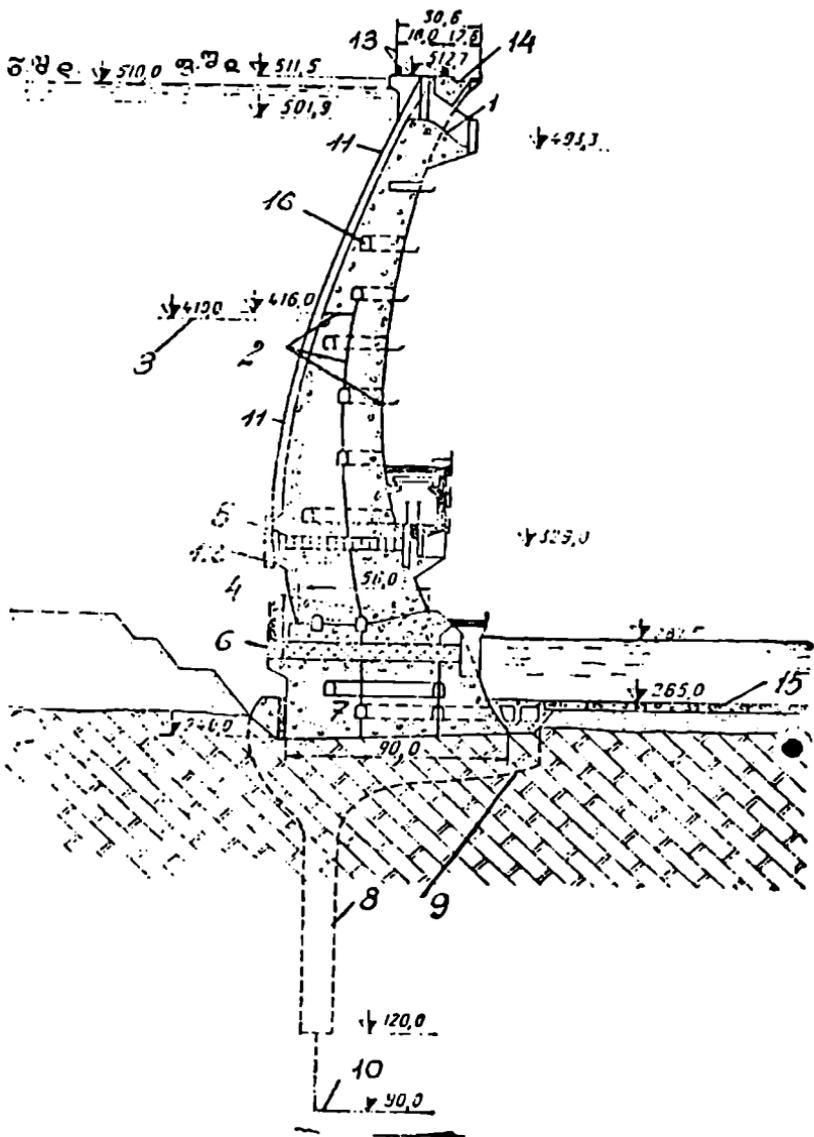
როგორც აღვნიშნეთ, არაკლდოვან (არაერთგვაროვან და კუმშვად) გრუნტებზე მიზანშეწონილია კაშხლების სექციებად დაყოფა ბურჯებზე გამავალი დეფორმაციული ნაკერებით; ასეთ შემთხვევებში შუალედი ბურჯები და განაპირა ნახევარბურჯები მუშაობენ კაშხლის ტანთან ერთად, როგორც ერთი მთლიანი ნაგებობა.

ზოგჯერ შუალედი ბურჯები კაშხლის ტანიდან გამოყოფილია დეფორმაციული ნაკერებით; ამ შემთხვევაში ბურჯები მუშაობენ როგორც ცალკე მდგომი ნაგებობები. ცალკე მდგომი ბურჯის სიშტყიეზე და მდგრადობაზე გაანგარიშება ტარდება გრავიტაციული კაშხლის გაანგარიშებათა ანალოგიურად (§ 21.3.2; § 21.3.3). განიხილავენ ბურჯის მუშაობის სამშენებლო, საექსპლუატაციო და სარემონტო მდგომარეობას [11, ნაწ. I, გვ. 256; 14, გვ. 361; 25, ნაწ. I, გვ. 206; 26, გვ. 32].

§ 21. 4. თაღოვანი კაშხლები

თაღოვანი კაშხლები წარმოადგენენ გეგმაში მრუდწირული მოხაზულობის წყალშემტბორ ნაგებობებს, რომლებიც გადასცემენ პორიზონტალური დატვირთვების დიდ ნაწილს ხეობის კლდოვან ნაპირებს ან სპეციალურად აგებულ საყრდენ ბურჯებს [25, ნაწ. I, გვ. 210]. თაღოვანი კაშხლები მიეკუთვნება თანამედროვე, ეკონომიკურად ხელსაყრელ და ექსპლუატაციაში საიმედო კაშხლების ტიპს. მათ საიმედოობაზე მიუთითებს თუნდაც ის ფაქტი, რომ მსოფლიოში არაა შემთხვევა თაღოვანი კაშხლის ავარიისა საკუთრივ კაშხლის კონსტრუქციის მიხედვით.

ამჟამად მსოფლიოში ყველაზე უფრო მაღალი (271,5 მ) თაღოვანი კაშხალია ენგურის კაშხალი საქართველოში (ნახ. 21.19) [58].



ნახ. 21.19. ენგურის ჰიდროელსტრუქტურის თაღოვანი კაშხლის გინივი კრილი. 1—ზე-
 ლაბარული წყალსაგდები; 2—შუშენებლობის 1 რიგის კონტური; 3—ექსპლუატაციის
 1 რიგის ღონე; 4—პერიმეტრული ხაყარა; 5—წყალჩასაშვები; 6—საშუენებლო წყალ-
 სიგდები; 7—ბუტონის სიკობი; 8—ცემენტაციური ფარდა; 9—განმამტკიცებელი ცე-
 მენტაციის საზღვარა; 10—ცემენტაციური ფარდას სადაზვერკო კაბურტილის ჩიარმა-
 ეების საზღვარა; 11—მისაყარღნობა სიკეტის ხეილი (გზა); 12—მისაყარღნობა სიარ-
 ზონტი სიკეტი; 13—საექსპლუატაციო ანწის გზა; 14—საიეტომობილი გზა ტრიტუ-
 რგბთ; 15—ჩაპკრობი ჰესი ფილა; 16—გალერეები.

21. 4. 1. თალოვან კაშხლავის მთავარი მახასიათავლები და კლასიფიკაცია

თალოვანი კაშხლის პორიზონტალური კვეთები — თალები უმეტესწილად წრიული მოხაზულობისაა (ნახ. 21.20). თაღის გარე (r_g), ღერძული (r_0), შიგა (r_s) რადიუსები და თაღის სისქე (e) ერთმანეთთან დაკავშირებულია ტოლობით

$$r_0 = r_s + 0,5 \cdot e = r_g - 0,5 \cdot e. \quad (21.27)$$

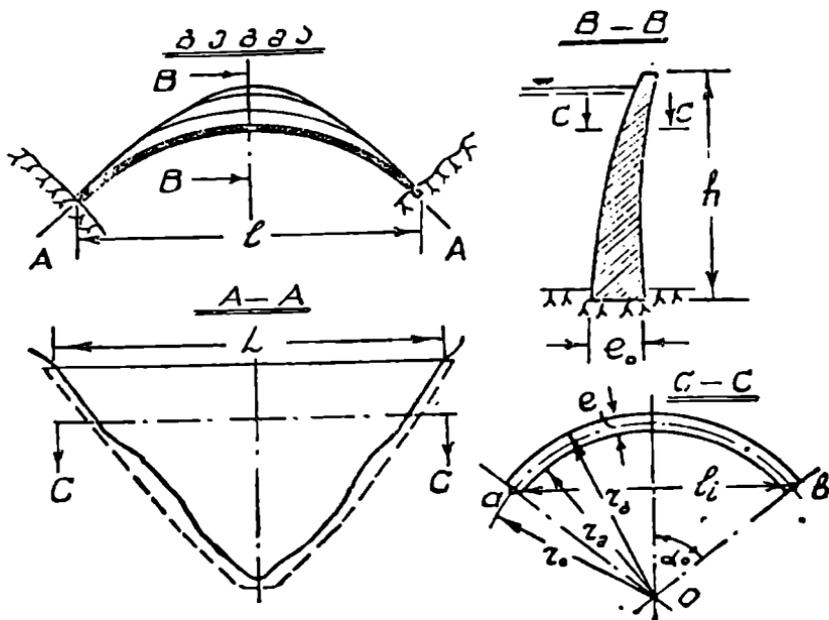
რაც შეეხება კაშხლის ვერტიკალურ (რადიალურ) კვეთებს — კონსოლებს, ისინი ხასიათდება ზედა და ქვედა წახნაგების რთული და შრავალფეოვანი მოხაზულობით; თალოვანი კაშხლის კონსოლური კვეთის მახასიათავლები დახასიათება შესაძლებელია ე. წ. მოყვანილობის კოეფიციენტიტ

$$\beta = e_0/h, \quad (21.28)$$

სადაც e_0 არის კაშხლის სიგანე ძირში;

h — კაშხლის სიმაღლე.

კაშხლების ფარდობითი სისქე დამოკიდებულია კაშხლის გასწორებაში ხეობის განიკვეთის ფორმასა და ზომებზე; ამ ფაქტორების ნაწი-



ნახ. 21.20. თალოვანი კაშხლის ძირითადი მახასიათავლები ელემენტები.

ლობრივი შეფასებისათვის შემოაქვთ გასწორის კოეფიციენტის ცნება (ნახ. 21.20)

$$n = l/h \text{ ან } n' = L/h. \quad (21.29)$$

აქ l არის თალის ქორდის სიგრძე კაშხლის თემის ნიშნულზე;

L — თალის სიგრძე კაშხლის თემის გასწვრივ.

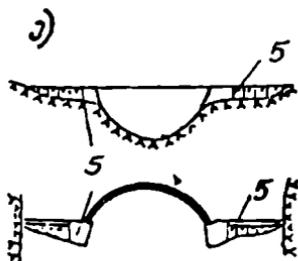
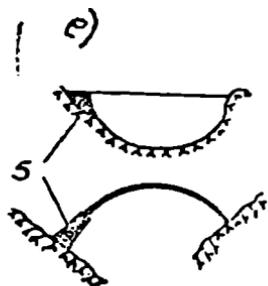
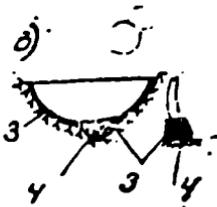
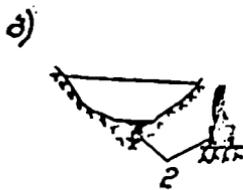
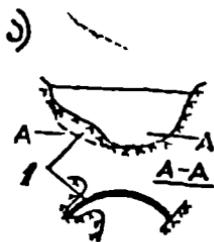
თალოვანი კაშხლების კლასიფიკაცია ხდება სხვადასხვა მახასიათებლების საფუძველზე: მაგალითად, სიმაღლის მიხედვით განარჩევენ დებალ $h < 40$ მ, საშუალო $40 \dots 100$ მ და მაღალ $h > 100$ მ კაშხლებს; მოყვანილობის კოეფიციენტის შესაბამისად — თხელ $\beta < 0,2$, სქელ $\beta = 0,2 \dots 0,35$ და თალოვან-გრაფიტაციულ $\beta > 0,35$ კაშხლებს.

21. 4. 2. თალოვანი კაშხლების დაპროექტების ზოგადი საკითხები

თალოვანი კაშხლები, მკვეთრად განსხვავდებიან რა სხვა ტიპის კაშხლებისაგან, დამატებით (განსაკუთრებულ) მოთხოვნებს უყენებენ გასწორის სამშენებლო პირობებს. ეკონომიკურად ხელსაყრელი და საიმედო თალოვანი კაშხლები შეიძლება აშენდეს მხოლოდ შესაფერის გეოლოგიურ და ტოპოგრაფიულ პირობებში.

● თალოვანი კაშხლების მიერ ხეობის ფერდობებზე (ბორტებზე) გადაცემული დატვირთვები აღწევენ $10 \dots 12$ მპა-ს ($100 \dots 120$ კგძ/სმ²), რაც მიუთითებს გასწორის გეოლოგიური პირობების შესაბამისობის გადამწყვეტ მნიშვნელობაზე. თალოვანი კაშხლების ფუძეებდალ უპირატესად გამოსადეგია მაგმატური ქანები (ცხრ. 20.3). მაგრამ, როგორც მტკიცეც არ უნდა იყოს კლდე, ის მაინც ხასიათდება ფორიანობით, ბზარონობით, ნაპრალებით და მოითხოვს სამუშაოების ჩატარებას კაშხლის გასწორის გეოლოგიური მდგომარეობის გასაუმჯობესებლად. ასეთი ღონისძიებებია ფუძეებისა და ფერდობების ცემენტაცია, დიდი ზომის ბზარებისა და ნაპრალების ბეტონით დაჯამონება, არასაიმედო კლდოვანი უბნების ჩაანკერება. კლდოვანი გრუნტების ხელოვნური გამაგრების ტექნიკის თანამედროვე დონემ მნიშვნელოვნად გააფართოვა თალოვანი კაშხლებისათვის გამოსადეგი გასწორების დიაპაზონი.

● შესაფერის გეოლოგიურ პირობებში კაშხლის თალოვანი ვარიანტის არჩევა თუ მისი კონსტრუირების მთავარი საკითხების დასაბუთება ხდება ტოპოგრაფიული გარემოს საფუძველზე. ტოპოგრაფიული მახასიათებლებიდან განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება გასწორის (21.29) კოეფიციენტს. სამშენებლო ნორმები და წესები განსაზღვრავენ გასწორის კოეფიციენტის, ხეობის ფორმისა და თალოვანი კაშხლის ტიპის შემდეგ შებამებას [43]: თუ $n < 2$ და ხეობა სამკუთხა ფორმისაა, უნდა განხორციელდეს თალოვანი კაშხალი მუდმივი სსქის თალებით; თუ $2 \leq n \leq 3$ და ხეობა ტრაპეციული ფორმისაა — ორმევი სიმრუდის



ნახ. 21.21. თაღოვანი კაშხლების მოწყობის სქემები გასწორის რთული ფორმების შემთხვევაში. 1—ღრმა ჩაქრა ამონეჭილ ფერდობზე; 2 — ბეტონის საცობი; 3—პერამეტრული (კონტურული) ნაქრა; 4—უნაგირა; 5—სანაპირო ბურჯი (მიხაბჯენი).

თაღოვანი კაშხალი ცვლადი სისქისა და სიმრუდის თაღებით; თუ $n > 3$ — თაღოვან-გრაფიტაციული კაშხალი. თაღოვანი კაშხლის ასაგებად ყველაზე უფრო მიზანშეწონილია სამკუთხა ფორმის გასწორები. სიმეტრიულ თაღოვან კაშხლებში უკეთესი დაბეითი მდგომარეობაა, ამიტომ, ცხადია, უპირატესობა ენიჭება ხეობის სიმეტრიულ ფორმას.

როგორც ვთქვით, თაღოვანი კაშხალი თავისი ქუსლებით დატყეობებს გადასცემს ხეობის ბორცვებს, ამიტომ ფრიალ საუკრალღებოა თაღოვანი კაშხლის ტოპოგრაფიულ გეგმაში მოთავსების (ჩახაზვის) საკითხი. ამ მხრივ ყველაზე უფრო მოსახერხებელია ხეობის შევიწროებული იდგილი გაშლილი რელიეფით (პორიზონტალებით) ზედა ბიევისკენ; უკეთესია, თუ კაშხლის სხვადასხვა ნიშნულის თაღის გრძივი ღერძი მისი ქუსლის ზონაში მართობულად კვეთს შესაბამის იზოპიფსს.

ბუნებაში იშვიათია გასწორი, რომლის ტოპოგრაფიული გარემო სრულად პასუხობდეს თაღოვანი კაშხლის თავისებურებებს; იმ მიზნით, რომ შერჩეული გასწორის ტოპოგრაფიული პირობები შეუსაბამონ თაღოვანი კაშხლის მოთხოვნებს, მიმართავენ ხეობის პირობებში გაუშვობენების სხვადასხვა ხერხებს მისაბჯენების, საცობების, უნაგირის მოწყობით (ნახ. 21.21).

● თალოვანი კაშხლების მშენებლობის პრაქტიკაში ყველაზე უფრო გავრცელებულია წრიული ფორმის მუდმივისისქიანი თალები (ნახ. 21,20). ლიდი მნიშვნელობა აქვს თაღის $2\alpha_0$ ცენტრალური კუთხის სათანადო შერჩევას. ცენტრალური კუთხის ის მნიშვნელობა, რომელსაც შეესაბამება თაღის პორიზონტალური კვეთის მინიმალური ფართობი და თაღის მინიმალური მოცულობა შეიძლება განისაზღვროს ელემენტარულად [75, გვ. 253] ერთეული სიმაღლის წრიული თაღის მოცულობა (ნახ. 21,20, C—C)

$$V = L_{00} \cdot e \cdot l = r_0 \cdot 2\alpha_0 \cdot e. \quad (21.30)$$

თაღის e სისქე ჩაეწეროს სიმტკიცის „საქვებზე“ ფორმულის შესაბამისად [11, ნაწ. I, გვ. 356; 25, ნაწ. I, გვ. 245; 75, გვ. 349]

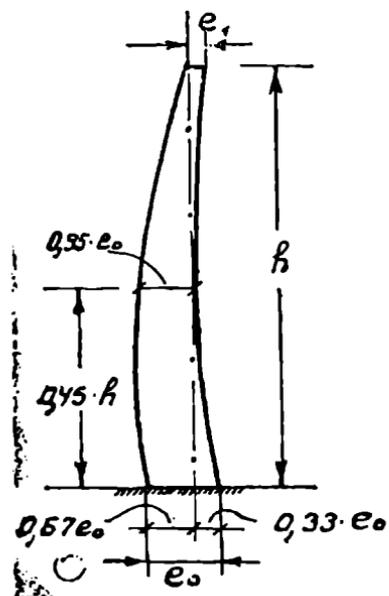
$$e = \rho \cdot r_0 / [\sigma], \quad (21.31)$$

სადაც ρ არის თაღზე პიდროსტატიკური წნევის ინტენსიურობა;

$[\sigma]$ — კუმშვაზე დასაშვები ძაბვა კაშხლის ბეტონისათვის.

(21.31) გამოსახულება ჩავსვათ (21.30)-ში და, მისი გათვალისწინებით, რომ $l_1 = 2 \cdot r_0 \cdot \sin \alpha_0$, $r_0 \approx r_0$ გვექნება

$$V = \frac{\rho \cdot l_1^2}{2[\sigma]} \cdot \frac{\alpha_0}{\sin^2 \alpha_0}. \quad (21.32)$$



ნახ. 21.22. თალოვანი კაშხლის ცენტრალური კონსოლიდაციის პროფილის მაგალითი.

მიღებული გამოსახულების მინიმუმში შეესაბამება $\alpha_0 / \sin^2 \alpha_0$ თანამართლის მინიმუმს, ანუ $\frac{d}{d\alpha_0} \left(\frac{\alpha_0}{\sin^2 \alpha_0} \right) = 0$

პირობას. მისი ამონხსნა გვაძლევს $2\alpha_0 = 133^\circ 30'$; ასე რომ, პრაქტიკაში ცდილობენ შეინარჩუნონ ცენტრალური კუთხეები $130^\circ \dots 140^\circ$ -ის ფარგლებში.

იმასთან დაკავშირებით, რომ მუდმივისისქიანი თალებში ძაბვები ქუსლებისაკენ იზრდება, თალებს ქუსლების ზონაში კონსტრუქციულად ასქელებენ.

თაღის r_0 რადიუსი კაშხლის სიმაღლეზე შეიძლება იყოს მუდმივი ან ცვალებადი.

● ბევრად უფრო რთულია თალოვანი კაშხლების კონსოლიდაციის კვეთების ფორმის თუ ზომების შერჩევა. ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში მოიშველიებენ არსებული კაშხლების პროფილებს და ანალოგებს. თალოვანი კაშხლის

საორიენტაციო პროფილის და მთავარი ზომების დასადგენად აჩვენობს რიგი რეკომენდაციებისა. მაგალითად, აშშ-ს ზელიორაციის ბიუროს მი-
თითებით [12, გვ. 272] კაშხლის კონსოლური პროფილის (ნახ. 21.22) საორიენტაციო სისქე თხემის (e_1) და ძირის (e_0) სიმაღლეზე მიახლოებით შეიძლება განისაზღვროს ფორმულებით

$$e_1 = 0,01(h + 2 \cdot l_1), \quad (21.33)$$

$$e_0 = \sqrt[3]{0,0012 \cdot h \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot \frac{h}{122}}, \quad (21.34)$$

სადაც l_1 არის თალის ჭორღის სიგრძე კაშხლის თხემის ნიჰნულზე;

l_2 — იგივე, თალისათვის ძირიდან $0,45 \cdot h$ სიმაღლეზე

ასევე მიახლოებითაა ა. სტუკის აქ მოყვანილი რიცხვითი დამოკი-
დებულებები, რომელთა შესაბამისად შეიძლება დაინიშნოს კაშხლის e_0
სისქე ძირში [75, გვ. 249]:

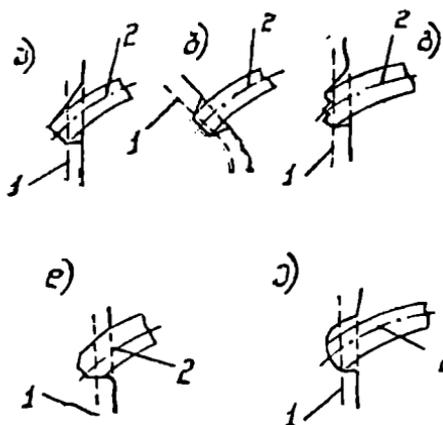
$n = l_1/h$	1.0	2.0	3.0	3,75
$\beta = e_0/h$	0,21	0,39	0,5	0,8 (თალოვან-გრაეიტაციული)

● როგორც ვხედავთ, სამშენებლო ნორმებისა თუ ა. სტუკის მითი-
თებების მხედვით, როცა $n > 3$ უპირატესობა ეძლევა თალოვან-გრაეი-
ტაციულ კაშხლებს. აქვე საკუთრად შეენიშნოს, რომ თანამედროვე კლდე-
ვების შესაბამისად თალოვანი კაშხლების მშენებლობა შესაძლებელი და
ეკონომიკურია იმ შემთხვევაშიც, როდესაც n აღწევს 11-ს.

21. 4. 8. თალოვანი კაშხლების კონსტრუქციულ-სამშენებლო თავისებურებანი

თალოვანი კაშხლების ზოგიერთი თვისება ბეტონის გრაეიტაციული
კაშხლების შესადარისა, შეტწილად კი გამოირჩევა თავისებურებებით.

● თალოვანი კაშხლებში გამოიყენება ბეტონი, რომელიც თავისი
თვისებებით უნდა აკმაყოფილებდეს იგივე პირობებს, რასაც გრაეიტა-
ციული კაშხლებისათვის. თანამედროვე თალოვან კაშხლებში დასაშვებია
ფრიალ დიდი ძაბვები: მკუმშავი — $10 \dots 13$ მპა-მდე, გამჭიმო — $2,5 \dots 3,0$
მპა-მდე. გრაეიტაციული კაშხლების მსგავსად აქაც მიმართავენ კაშხლის
ტანის ბეტონის ზონირების პრინციპს. თალოვან კაშხლებში ჩრმატურას
ათავსებენ მხოლოდ იმ ადგილებში, სადაც მოსალოდნელია ძაბვების დი-
დი ადგილობრივი კონცენტრაცია.



ნახ. 21.23. თაღოვანი კაშხლის ქუსლების მოხაზულობის სქემები ა, ბ—ჩადიალური; გ—ხ.ფენური; დ—პოლიგონური; ე—მლოვრე მოხაზულობის; 1—მტკიცე ქანების განღებების ხაზღვარი; 2—თაღის ღერძი.

მოვლენების გათვალისწინება, რათა გამოვიყენოთ კაშხლის მდგრადობის დარღვევის საშიშროება. მაგალითად, კარობას კაშხლის ქვედა ბიეფში წარეცხვის ორშოს სიღრმემ 1981 წლისათვის 50 მ-ს გადააჭარბა [68, გვ. 512].

● კაშხლის თაღების ქუსლების ხეობის ფერდობებთან დაკავშირება წარმოებს სხვადასხვა სქემით (ნახ. 21.23). უპირველესად საჭიროა ქუსლების დაფუძნების ზონაში ხეობის ფერდობები ჩაღრმავდეს მტკიცე ქანებამდე. ქუსლის კლდესთან შეუღლება უპირატესად ჩადიალური სებრტყის სქემით ხდება. ზოგ შემთხვევაში მიზანშეწონილია (მით უფრო სქელი თაღების დროს) საფეხურიანი ქუსლების მოწყობა. ძაბვითა კონცენტრაციის შემცირების მიზნით აკეთებენ მლოვრე მოხაზულობის ქუსლებსაც.

არაერთგვაროვანი გეოლოგიური პირობებისა თუ გასწორის ასიმეტრიულობის შემთხვევაში, ცდილობენ რა უზრუნველყონ კაშხლის ტანის სიმეტრიულობა, თაღოვან კაშხლებში აწყობენ კონტურულ (პერიმეტრულ) ნაკერს (ნახ. 21.21), რომლითაც საკუთრივ კაშხლის თაღოვანი ტანი გამოყოფილია კლდეში ჩამაგრებული ბეტონის ხელოვნური საძირკვისაგან („უნაგირისაგან“). ხელოვნურ „უნაგირს“ კონტურული ნაკერის გასწვრივ მლოვრე ან პოლიგონური მოხაზულობა აქვს, რაც ქმნის იმის პირობას, რომ კაშხლის თაღები შედარებით თანაბრად იყენენ დატვირთული. კლდეზე გადაცემული ძაბვების შემცირების მიზნით „უნაგირის“ სივანე შეიძლება იყოს კაშხლის ქუსლების სისქეზე მეტი.

● თაღოვანი კაშხლების სისქე თხემზე ფრიად მცირეა (მაგალითად, ტოლას თაღოვან კაშხალში, საფრანგეთში, იგი შეადგენს 1,5 მ-ს), ამიტომ კაშხლის თავზე გზის მოწყობა მოითხოვს სპეციალურ კოქოვან კონსოლიდირებულ ბეტონის კონსტრუქციების განხორციელებას.

საპროექტო და საექსპლუატაციო გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ ეკონომიკურად გამართლებულია წყალსაგდები თაღოვანი კაშხლების მშენებლობა. ამ დროს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ქვედა ბიეფში ფუძის წარეცხვის

● ფილტრაციული წნევა თაღოვანი კაშხლის ფუქეში და ტანში თი უქმის არაერთარ გაუღენას ო ახლენს კაშხლის სიპტკიცესა და მდგრა-
ლობაზე. ამიტომ კაშხლის ფუქისა და ტანის დრენაჟს, ჩვეულებრივ,
არ აწყობენ. მიუხედავად ამისა, ზოგიერთ, მით უფრო სკელ კაშხლებში,
დრენაჟის ჩოწყობა მიზანშეწონილია.

● თაღოვანი კაშხლების ნარმალური ექსპლუატაციისათვის შის
ტანში აკეთებენ სათვალეიერებელ და დასაკვირ გაღერებებს, რომელთა
დანაშნულება იგივეა რაც გრავიტაციული კაშხლების შემთხვევაში.

● თაღოვანი კაშხლის მშენებლობა, ისევე როგორც გრავიტაციუ-
ლის, წარმოებს სამშენებლო ბლოკების პრინციპით. ბლოკებს შორის
სამშენებლო ნაკერებში შეიძლება იყოს ცემენტირებადი. ბეტონირებად
და კომბინირებულს. ნაკერების გამოწლითებას ასრულებენ ბეტონის
წყობის შესაძლო დაბალი, შაგალითად, 2...4°C ტემპერატურის პირო-
ბებში.

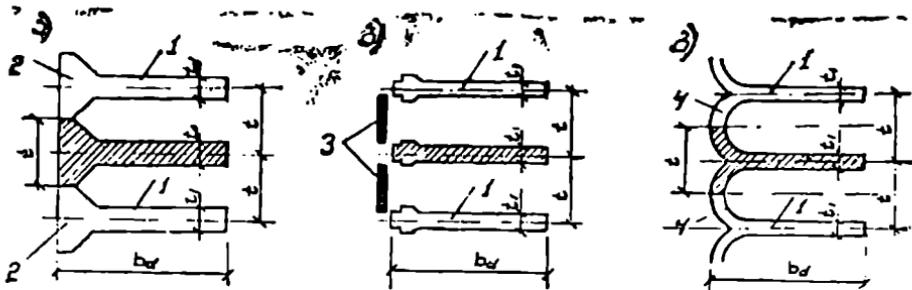
§ 21. 5. კონტროლისული კაშხლები

კონტროლისული კაშხლები წარმოადგენს წყალშემტორ
ნაგებობას ვერტიკალურ კედლებზე — კონტროლისებზე დაყრდნობილი
სხვადასხვა ტიპის სადაწნეო გადახურვით; კონტროლისების საშუალებით
კაშხალზე მოსული დარტირთვები გადაეცემა ნაგებობის ფუქს.

კონტროლისული კაშხლის მოცულობა მნიშვნელოვნად უფრო შცი-
რეა გრავიტაციულთან შედარებით (თუმცა ეკონომიკური ეფექტი შედა-
რებით ნაკლებად საგრძნობია, რადგან კონტროლისული კაშხლის ბე-
ტონი უფრო ძვირია). ამეამად კონტროლისული კაშხლები ყველაზე ეკო-
ნომიკურია ბეტონისა და რკინაბეტონის კაშხლებს შორის განიერ ხე-
ობებში.

§ 21. 5. 1. კონტროლისული კაშხლების კლასიფიკაცია

როგორც ვთქვით, კონტროლისული კაშხლები შედგება ერთმანე-
თისაგან პრინციპულად განსხვავებული ორი ნაწილისაგან: სადაწნეო გა-
დახურვა და კონტროლისები. სადაწნეო გადახურვის ტიპის მი-
ხედვით განარჩევენ კაშხლებს მასიური თავებით (მასიურ-კონტროლი-
სული), თაღოვანი გადახურვით (მრავალთაღოვანი) და ბრტყელი გადა-
ხურვით (ნახ. 21.1; 21.24) [11, 25, 43]. კონტროლისების კონ-
სტრუქციის მიხედვით განასხვავებენ კაშხლებს: ბეტონის მასიურ
მთლიანი ან ღრუ კონტროლისებით, ბეტონისა და რკინაბეტონის თხე-
ლი მთლიანი ან გამჭოლი კონტროლისებით.



ნახ. 21.24. კონტროლული კაშხლების სქემები ძირითადი ელემენტებისა და ზომების ჩვენებით. ა — მასიურ-კონტროლული; ბ — გაჭრილი კონსტრუქციის ბრტყელი გადახურვით; გ — უჭრე კონსტრუქციის თაღოვანი გადახურვით; 1 — კონტროლული; 2 — მასიური კონტროლული ხითვისები; 3 — აკანაბრების ფენები; 4 — თაღები.

დამატებითი ელემენტების საბით კონტროლსებს შორის შეიძლება მოეწყოს სიხისტის კოჭები (გამბზუგენები), რომელთა დანიშნულებაა გამოირეცხოს კონტროლსების გრძივი ლენვის (გამობურცვის) შესაძლებლობა (ნახ. 18.1, დ).

კონტროლსულ კაშხლებს შორის მსოულიოში ყველაზე მაღალია: მასიურ-კონტროლსული კაშხალი ბატანაგი (იაპონია) — 125 მ, მრავალთაღოვანი კაშხალი დანიელ ჯონსონი ანუ მანიკუგან — 5 (კანადა) — 215 მ, კაშხალი ბრტყელი გადახურვით ესკაბა (არგენტინა) — 88 მ.

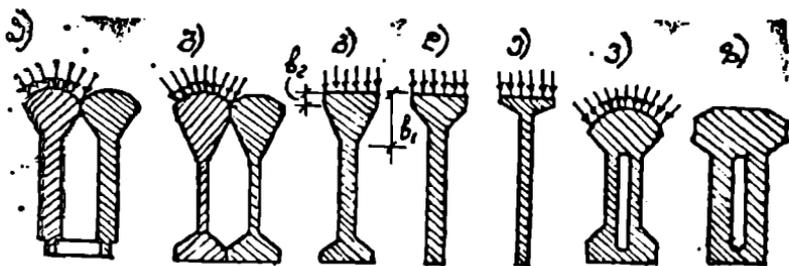
კონტროლსული კაშხლების მშენებლობა საბჭოთა კავშირში დიდი ხანი არაა რაც დაიწყეს; უდიდესია კიროვის (83 მ), ზეის (111 მ), ანდიანის (115 მ) კონტროლსული კაშხლები.

21. 5. 2. კონტროლსული კაშხლების კონსტრუქციულ-საშენებლო თავისებურებანი

კონტროლსული კაშხლის ტიპის შერჩევისას უპირატესობა ენიჭება მასიურ-კონტროლსულ კაშხლებს.

● მასიურ-კონტროლსულ კაშხლებს (ნახ. 21.24. ა) აგებენ ზეტონისაგან, არმატურა კი გაითვალისწინება მხოლოდ იმ ცალკეულ ზონებში, სადაც მოსალოდნელია ძაბვათა ადგილობრივი კონცენტრაცია, სადაწნეო გადახურვა ამ ტიპის კაშხლებში იქმნება კონტროლსების მასიური კონსოლური სათავისებოთ (ნახ. 21.25). მასიურ-კონტროლსული კაშხლების ძირითად კლასიფიკაციას ახდენენ კონტროლსების კონსტრუქციის მიხედვით; განსხვავებენ კაშხლებს ცალფა კონტროლსებით და გაორმაგებული (ღრუ) კონტროლსებით.

მასიურ-კონტროლსული კაშხლების სათავისის სადაწნეო წახნაგი, როგორც წესი, უნდა იყოს ბრტყელი [43, გვ. 30], თუმცა პრაქტიკაში



ნახ. 21.25. მასიურ-კონტრფორსული კაშხლების კონტრფორსების ტიპები. ა, ბ, გ, დ, ე — ცალფე კონტრფორსები; ვ, ზ — გორბაგებული (ღრუ) კონტრფორსები; მრუდწიკული (ა, ვ), ზოლიგონური (ბ, ზ) და ბრტყელი (გ, დ, ე) ხელაწევი წახლავები.

შრავალია ისეთი კაშხლები, რომელთა კონტრფორსების სათაეისებს აქვთ შრულწიკული ანდა პოლიგონური შობაზულობა. კონტრფორსის სათაეისის ტანში საკიროა დრენაეის გათვალისწინება. მეზობელი კონტრფორსების სათაეისებსშორისი პირაპირი კვლდება გრავიტაციული კაშხლის კონსტრუქციული ნაქერის ანალოგიურად (§ 21.3.4) და უზრუნველყოფს წყალშეუღწევობას.

კაშხლის (კონტრფორსის) ძირითადი სქემის წინასწარ შეჩვენება ბდება არსებულ ანალოგებისა და რეკომენდაციების საფუძველზე, ხოლო შემდეგ მოწმდება (კორექტირდება) სათანადო გაანგარიშებების შესაბამისად. მასიურ-კონტრფორსული კაშხლის კონტრფორსების ბიჯი (f) ანუ კაშხლის სექციის ზომა კაშხლის გასწვრივ (ნახ. 21.24, ა), ჩვეულებრივ, შეადგენს ირა უშეტეს 15...18 მ.ს ცალფე კონტრფორსებისათვის და იღწევს 25...26 მ-მდე ორმაგი (ღრუ) კონტრფორსების შემთხვევაში. კონტრფორსის სისქე (f_1) განისაზღვრება კონტრფორსების ბიჯის შესაბამისად

$$f_1 = (0,25 \dots 0,5) f. \quad (21.35)$$

ამ პირობის შესრულების დროს შეიძლება არ ჩატარდეს კონტრფორსის მდგრადობის შემოწმება გრძივ ღუნვაზე.

კონტრფორსის ვერტიკალური განივი პროფილისა და სათაეისის ძირითადი ზომებისათვის რეკომენდებულია შემდეგი მიხლოებითი თანაფარლობანი (ნახ. 21.1; 21.25):

$$\left. \begin{aligned} m_1 &= 0,4 \dots 0,5; \quad m_1 + m_2 = 0,85 \dots 1,0; \\ b_1 &= 0,8 \cdot f; \quad b_2 = (0,2 \dots 0,3) \cdot f. \end{aligned} \right\} \quad (21.36)$$

მასიურ-კონტრფორსული კაშხლები შენდება გრავიტაციული კაშხლების მშენებლობის პრინციპით — სამშენებლო ბლოკებალ დაყოფით.

• კონტრფორსული კაშხალი ბრტყელი გადახურვით

(ნახ. 21.24, ბ) წარმოადგენს კონტრაფორსების რიგს გადახურულს რკინაბეტონის ფილებით. სადაწნეო გადახურვა, როგორც წესი, უნდა შესრულდეს გაჭრალი სქემით. უკრე გადახურვის არსებითი ნაკლია ფუძის დეფორმაციებისადმი (კონტრაფორსების დაჯდომისადმი) დიდი მგრძობელობა, რასაც, ჩვეულებრივ, თან სდევს ხზარების წარმოშობა. არსებული ნორმებით [43] ბრტყელგადახურვიანი კონტრაფორსული კაშხლების დაგეგმარება ლიმიტირებულია 50 მ-მდე სიმაღლით. თუ ამ ტიპის კაშხლის მშენებლობა გამიზნულია არაკლდოვან ან ნახევრადკლდოვან ფუძეებზე, მაშინ აუცილებლად აწყობენ რკინაბეტონის მთლიან საძირკველს.

გადახურვის ფილებისა და კონტრაფორსების ზომების დანიშვნა შესაძლებელია შემდეგი რეკომენდაციებით (ნახ. 21.1; 21.24):

$$\left. \begin{aligned} & \text{არაკლდოვანი (ნახევრადკლდოვანი) ფუძეების შემთხვევაში:} \\ & f = 4 \dots 5,5 \text{ მ; } m_1 = 0,9 \dots 1,3; m_2 = (1,2 \dots 2) - m_1; \\ & \text{კლდოვანი ფუძეების დროს: } f = 12 \dots 13 \text{ მ; } m_1 = 0,6 \dots 0,7; \\ & m_2 = 0,9 - m_1; \\ & \text{კონტრაფორსის საორიენტაციო სისქე } f_1 = (0,15 \dots 0,25) f; \\ & \text{გადახურვის ფილის სისქე } e = 0,5 \dots 3 \text{ მ;} \\ & \text{ფილების საყრდენი ბაქნების სიგანე } a = (0,5 \dots 1) \cdot e. \end{aligned} \right\} (21.37)$$

სიხისტის კოეფიციენტს სიმაღლეზე განალაგებენ ერთმანეთისაგან 4...8 მ-ის, ხოლო პორიზონტალური მიმართულებით — 5...12 მ-ის დაშორებით.

● კონტრაფორსული კაშხალი თაღოვანი გადახურვით ანუ მრავალთაღოვანი კაშხალი (ნახ. 21.24, გ) არის კონტრაფორსების რიგი გადახურული ბეტონის ან რკინაბეტონის წრიული თაღებით. სადაწნეო გადახურვა სრულდება უკრე სქემით — თაღების ქუსლებისა და კონტრაფორსის თავის ხისტი შეერთებით.

მრავალთაღოვანი კაშხლები ფართოდ ეკონომიკური და ექსპლუატაციაში საიმედო ნაგებობებია: კონტრაფორსებს შორის მანძილი (f) აიღება გაცილებით უფრო დიდი — 18...25 მ, ხოლო ცალკეულ შემთხვევაში — 50...60 მ და მეტიც.

ნაგებობის საერთო მდგრადობის გაზრდის მიზნით სადაწნეო მრავალთაღოვანი გადახურვა კეთდება დახრილი. პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ კონტრაფორსის ქვედებულები ცვალებადობს ფარგლებში:

$$\left. \begin{aligned} & \text{რკინაბეტონის კაშხლებში } m_1 = 0,45 \dots 0,9; m_2 = \\ & = (1,1 \dots 1,3) - m_1; \\ & \text{ბეტონის კაშხლებში } m_1 = 0,45 \dots 0,7; m_2 = (0,9 \dots 1,2) - m_1. \end{aligned} \right\} (21.38)$$

კონტაქტორის სისქე დაინიშნება ბრტყელგადაბურვიანი კონტაქტორის კაშხლის ანალოგიურად: $t_1 = (0,15 \dots 0,25) \cdot t$. კონტაქტორის სათავისის სისქე შეიძლება აღემატებოდეს კონტაქტორის ტანის t_1 სისქეს, ვინაიდან თავს ეფუძნება კონტაქტორის ეზობელი თაღების ქუსლები.

დაბრალ თაღიდან გადაბურვას შისი მსახველის ნორმალურ კვეთში, როგორც ზემოთ შევნიშნეთ, აქვს წრიული მონახულობა და, ჩვეულებრივ, მუდმივი სისქე; რკინაბეტონის თაღების სისქე კაშხლის თავში შეადგენს 0,3...0,4 მ-ს, ბეტონის თაღებისათვის კი 1,7...2 მ-ს; კაშხლის ძირისაკენ თაღის სისქე მატულობს. თაღების 2α , ცენტრალური კუთხე ცვალებადობს $160^\circ \dots 180^\circ$ -ის საზღვრებში.

კაშხლის თაღები კეთდება მკვრივი, წყალშეუღწვევი ბეტონისაგან; მიუხედავად ამისა საიმედოობის გაზრდის მიზნით თაღების საღიწნეო ზედაპირს ფარავენ ტრაქრეტით ან ბიტუმის ფენით.

● თაღიანი (ერთმაგი სიმრუდის) საღიწნეო გადაბურვის ნაცვლად შეიძლება განსორკიედდეს ორმაგი სიმრუდის — გუმბათოვანი საღიწნეო ზედაპირები; ასეთ გუმბათოვან-კონტაქტორსულ კაშხლებს მრავალ-გუმბათოვანი ჰქვია.

XXII თავი

გრუნტის მასალის კაშხლები

გრუნტის კაშხლები წყალშემტბორ ნაგებობათა ყველაზე ძველი და გავრცელებული სახეობაა: კაშხლების მსოფლიო რაოდენობის დაახლოებით 60%-ს გრუნტის კაშხლები შეადგენენ. გრუნტის კაშხლების პოპულარობის ახსნა შესაძლებელია მათი მრავალი უპირატესობით: მშენებლობის შესაძლებლობა თითქმის ნებისმიერ ფუძეებზე, კაშხლის ტიპების კონსტრუქციული მრავალფეროვნება, საშენ მასალად მისაღობლად არსებული პრაქტიკულად ყველა სახის გრუნტის გამოყენების შესაძლებლობა, კაშხლის მშენებლობის ტექნოლოგიური პროცესის მთლიანი მექანიზაცია, საგრძნობი ეკონომიკურობა და სხვ. გრუნტის კაშხლების მშენებლობაჲ ფართო გაქანება ჰპოვა ჩვენს დროში. მსოფლიოში უდიდესი გრუნტის კაშხლებია: ნურეკის (სსრკ) — 305 მ, ოროვილის (კანადა) — 235 მ, ჩირეაკის (სსრკ) — 168 მ.

გრუნტის კაშხლების უპირატესობებთან ერთად საჭიროა აღინიშნოს ის ფაქტიც, რომ მსოფლიოში აღრიცხული კაშხლების კატასტროფებისა თუ ავარიების უმეტესი რაოდენობა მოდის ამ ტიპის კაშხლებზე.

კატასტროფების ძირითადი მიზეზია გრუნტის კაშხლების ტანში თუ ფუძეში დაუშვებელი ფილტრაციული ლეფორმაციების განვითარება და ზღინარის საანგარიშო მაქსიმალური ხარჯის არასწორი პროგნოზი [6, 59, 65, 70, 72].

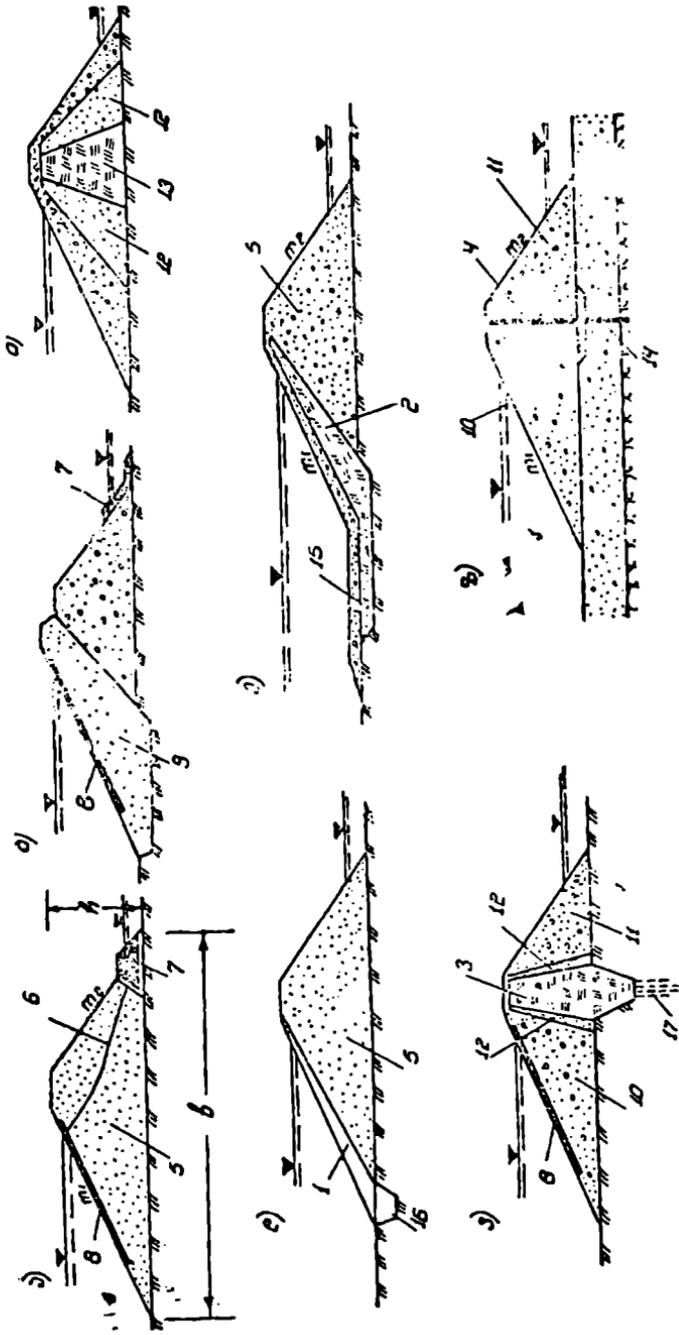
§ 22. 1. ზოგადი ცნობები. გრუნტის მასალის კაშხლების კლასიფიკაცია

გრუნტის კაშხლების ძირითად კლასიფიკაციას (ცხრ. 22.1) საფუძვლად უდევს კაშხლის ტანისა და ფილტრაციისაწინალო მოწყობილობის (წყალშეუღწევი ზღუდის) მასალის სახე და კაშხლის აგების ხერხი [44, გვ. 1]. კაშხლის ტანის შერჩევა ხდება მრავალი საწყისი მონაცემის გათვალისწინებით, რომელთა შორის მთავარია: ხეობის ფუძეებისა და ფერდობების ტოპოგრაფიული და საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები, ჰიდროლოგიური, კლიმატური და სეისმური გარემო, ადგილზე საშენი მასალის არსებობა, სამშენებლო სამუშაოთა წარმოებისა და ორგანიზაციის სქემა, კაშხლის მშენებლობის ვადები და ექსპლუატაციის

ცხრილი 22.1

გრუნტის მასალის კაშხლების ძირითადი კლასიფიკაცია

№№	კაშხლის ტანი	განმასხვავებელი ნიშნები	
		კაშხლის ტანისა და ფილტრაციის-საწინალო მოწყობილობის გრუნტი	კაშხლის აგების ხერხი
1	მიწის ნაყარი	თიხოვანი გრუნტებიდან ხრუშოვან-კენჭნარ გრუნტებამდე	მშრალი დაყრა შემდგომი გამკვრივებით (დატკეპენით) ან ჩაყრა წყალში
2	მიწის მონილევი	თიხოვანი გრუნტებიდან ხრუშოვან-კენჭნარ გრუნტებამდე	მოლექვა ჰიდრომექანიზაციის ხერხებით
3	ქვი-მიწის	კაშხლის ტანი - მსხვილმარცვლოვანი გრუნტები; ფილტრაციისაწინალო მოწყობილობა - თიხოვანი გრუნტებიდან წვრილმარცვლოვან ქვიშებამდე	მშრალი დაყრა შემდგომი გამკვრივებით
4	ქვიარაილი	კაშხლის ტანი - მსხვილმარცვლოვანი გრუნტები; ფილტრაციისაწინალო მოწყობილობა — არაგრუნტის მასალებისაგან	ჩაყრა ესტაკალიდან ან პონერული მეთოდით; დამატებითი გამკვრივება ჰიდრომონოტორებით



ნახ. 22.1. პიწის ნიჟი კოშხუბის ქართლი სსრუბ. ა-ერთვეპროცენი; ბ, გ-ბიჟოტოკოცენი; დ-ბიჟოტოკოცენის მასლის ექანთი (1); ე-ჭოტოკოცენის ექანთი (2); ვ-ჭოტოკოცენის მულო (3); ზ-ბიჟოტოკოცენის დიჟოტოკოცენი (4); 5-კოშხუბის ბანი; 6-დ-ბიჟოტოკოცენის ჭოტოკოცენი; 7-დ-ბიჟოტოკოცენის ჭოტოკოცენი; 8-ფილტვის ექანთი; 9-ფილტვის ექანთი; 10, 11-კოშხუბის ზედა და ქვედა ქობი; 12-ფილტვის ექანთი; 13-ფილტვის ექანთი; 14-შენიშნული ქობი; 15-ბიჟოტოკოცენი; 16-ბიჟოტოკოცენი; 17-ბიჟოტოკოცენი.

პირობები. კაშხლის საბოლოო ტიპი და კონსტრუქცია შეირჩევა შესაძლო ვარიანტების ტექნიკურ-ეკონომიკურად შედარების გზით.

ზოგჯერ გრუნტის კაშხლების კლასიფიკაციას ახდენენ კაშხლის სიმაღლის შესაბამისად: განარჩევენ დაბალ $h < 30$ მ, საშუალო 30...75 მ, მაღალ 75...125 მ და ზემაღალ $h > 125$ მ კაშხლებს.

გრუნტის კაშხლების ძირითადი კლასიფიკაცია (ცხრილი 22.1) არ იძლევა ინფორმაციას კაშხლის კონსტრუქციულ თვისებებსა და თავისებურებებზე, ამიტომ ქვემოთ მოგვყავს გრუნტის კაშხლების ცალკეული ტიპების სამშენებლო-კონსტრუქციული სახეები.

● მიწის ნაყარი კაშხლები ტანსა და ფუძეში ფილტრაციის-საწინაღო მოწყობილობის კონსტრუქციის შესაბამისად იყოფა 22.2 ცხრილში მითითებულ ქვეტიპებად (ნახ. 22.1). მიწის ნაყარი კაშხლებიდან უპირატესობა უნდა მიენიჭოს ერთგვაროვან კაშხლებს, კაშხლებს გრუნტის ეკრანით და გრუნტის გულით.

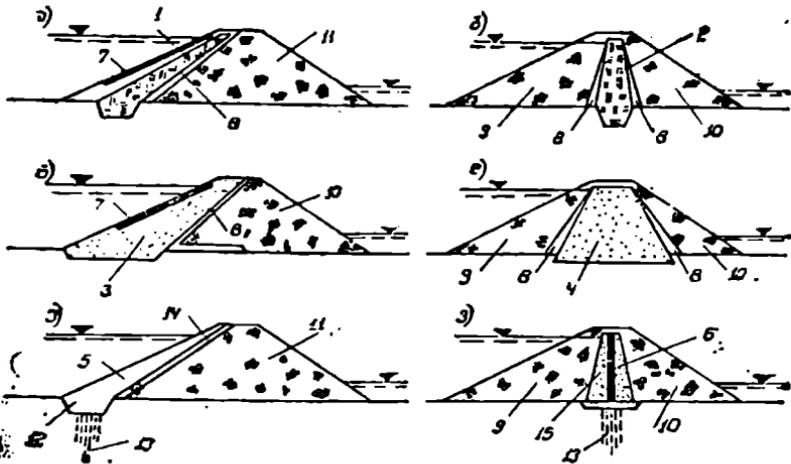
● მიწის მონალექი კაშხლების კლასიფიკაციას ახდენენ კაშხლის ტანის გრუნტის და კაშხლის იგების (მოლექვის) ხერხის შესაბამისად [44, გვ. 13].

● ქვა-მიწის და ქვაყრილი კაშხლების კლასიფიკაცია ფილტრაციის-საწინაღო მოწყობილობის ტიპისა და სამშენებლო საშუალოთა წარმოების ხერხების შესატყვისად მოცემულია 22.3 ცხრილში (ნახ. 22.2).

ცხრილი 22.2

მიწის ნაყარი კაშხლების ძირითადი სახეები

განმასხვავებელი კონსტრუქციული ნიშნები	კაშხლის სახე	ნახაზი 22.1.
კაშხლის ტანის	ერთგვაროვანი	ბ, გ დ ე ვ ზ
	არაერთგვაროვანი	
	არაგრუნტის მასალის ეკრანით	
	გრუნტის მასალის ეკრანით	
	გრუნტის მასალის ვერტიკალური ან დახრილი გულით	
	არაგრუნტის მასალის დიაფრაგმით	
ფილტრაციის-საწინაღო მოწყობილობის კაშხლის ფუძეში	კბილით	დ
	ცემენტაციური თუ სხვა სახის ფარდით	ვ
	კედლით, შპუნტით	ზ
	ძირულით	გ



ნახ. 22.2. ქვა-შივის და ქვაყრილი კაშხლების ძირითადი ხსებები. ქვა-შივის: ა—გრუნტის ეკრანით (1); ბ—გრუნტის გულით (2); გ—გრუნტის ფილტრაციისაწინააღმდეგო ზედა პრიზმით (3); დ—გრუნტის ფილტრაციისაწინააღმდეგო ცენტრალური პრიზმით (4); ქვაყრილი: ე—არაგრუნტის (რკინაბეტონის) ეკრანით (5); ვ—ლიაფრაგმით (6); ზ—ფერდოს გამაგრება; 8—გადასასვლელი ფენა (უკუფილტრი); 9, 10—კაშხლაცხ ზედა და ქვედა პრიზმა; 11—კაშხლის ტანი; 12—კბილი; 13—ცეპენტაციური ფარდა; 14—რკინაბეტონის სიგები; 15—გადასასვლელი ფენა.

ცხრილი 22.3

ქვა-შივის და ქვაყრილი კაშხლების ძირითადი ხსებები

კაშხლის ტიპი	ფილტრაციისაწინააღმდეგო მოწყობილობების კონსტრუქცია	ნახაზი 22.2,
ქვა - შივის	გრუნტის ეკრანით	ა
	გრუნტის გულით	ბ
	გრუნტის მასალის ზედა პრიზმით	გ
	გრუნტის მასალის ცენტრალური პრიზმით	დ
	ინექციური ლიაფრაგმით; კაშხლის აგება მიმართული აფეთქებით	—
ქვაყრილი	ეკრანით; კაშხლის აგება მიმართული აფეთქებით	—
	არაგრუნტის მასალის ეკრანით ლიაფრაგმით	ე ვ

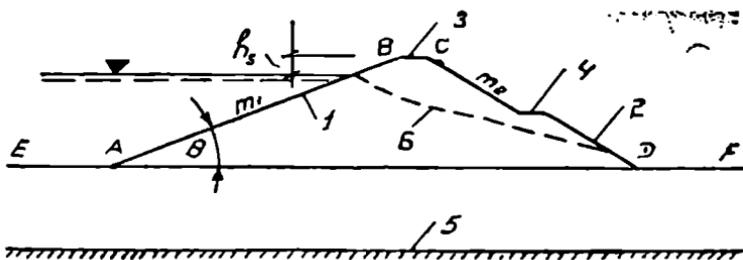
ყველა ტიპის გრუნტის კაშხლის განივკვეთით ტრაპეციული ფორმისაა ზედა (სადაწნო) და ქვედა ფერდოს სწორხაზოვანი ან ტუბილი მოხაზულობით (ნახ. 22.3). ფერდობების ზედა B და C პირი წარმოადგენს ფერდოს კიდეებს, ქვედა A და D კი — ფერდოს ძირს. თუ ფერდოს პორიზონტთან დახრის კუთხეა θ , მაშინ ფერდოს დახრილობას ახასიათებენ ფერდოს კოეფიციენტი ანუ ფერდოს ქვედა ბუჯით $m = ctg \theta$; შესაძლებელია აგრეთვე ასეთი ჩაწერაც 1 : m.

კაშხლის ფერდობების დახრილობის წინასწარი დანიშვნა ხდება არსებული კაშხალი ანალოგების შესაბამისად; არჩეული დახრილობის შესაფერისობა შემდგომ მოწმდება ფერდობების მდგრადობაზე გაანგარიშებით (§ 22.4). ფერდოს კოეფიციენტების საორიენტაციო მნიშვნელობები სხვადასხვა ტიპის გრუნტის კაშხლებისათვის აჩვენებია 22.4 ცხრილში.

კაშხლის ფერდობზე, კერძოდ პროფილის გადატეხის აღვილებში, აწყობენ პორიზონტალურ ბაქნებს — ბერშებს. ისინი საჭიროა სხვადასხვა მიზნისათვის: ფერდოს მოხერხებული ზედამხედველობა და რემონტი, სავალი ნაწილის მოწყობა, ფერდოს საშუალო ქანობის შემცირება, წვიმის წყლებით ფერდოს წარეცხვის თავიდან აცილება და სხვ. ბერშებს განაღდაგებენ კაშხლის სიმაღლეზე 10...20 მ ინტერვალებით; მათ სიგანე უნდა იყოს 1...2 მ და შეტიც.

კაშხლის თხემის სიგანეს იღებენ სამუშაოთა წარმოებისა და კაშხლის ექსპლუატაციის პირობების შესაბამისად; თუ თხემზე გათვალისწინებულია საავტომობილო ან სარკინიგზო მიმოსვლა, მაშინ — გზებისა და ხიდების დაგეგმარების ნორმატიული მასალების მიხედვით (მაგრიზ არა ნაკლები 4,5 მ-ისა).

კაშხლის ძირითადი განივი პროფილის დაგეგმარების დროს, როგორც წესი, წინასწარ ცნობილია ზედა ბიეფის ნორმალური და ფორსირებული შეტბორვის დონე.



ნახ. 22.3. გრუნტის კაშხლების განივი კვეთის ძირითადი სქემა. 1—ზედა (სადაწნო) წახნაგი; 2—ქვედა წახნაგი; 3—თხემი; 4—ბერში; 5—წვილისკივი; 6—დეპრესიის პრუღე.

გრუნტის კაშხლების ფერდობ კოეფიციენტის სიორიენტაციის მნიშვნელობა

კაშხლის ტიპი	განმისხვევებელი ნიშანი	ფერდობ კოეფიციენტი	
		m_1	m_2
მიწის ნაყირო	სიმაღლე, მ: < 5	2.0 . . 2.5	1.5 . . 1.75
	5 . . 10	2.5 . . 2.75	1.75 . . 2.25
	10 . . 15	2.5 . . 3.0	2.0 . . 2.5
	15 . . 50	3.0 . . 4.0	2.5 . . 4.0
	> 50	4.0 . . 5.0	4.0 . . 4.5
მიწის მონალექი (ერთგეაროვანი)	კაშხლის ფუძის გრუნტები: — ქვიშები, ქვიშნარები	3.5	5.0
	— ღანაღებები, ტორფი, ლამი	5.0	8.0
მიწის მონალექი (ორგეაროვანი — გულით)	— კლოვიანი, მკერძო თიხები	3.0	4.0
ქვა-მიწის	გრუნტის გულით	1.75 . . 3.0	1.75 . . 2.5
	გრუნტის მკრანით	2.2 . . 3.0	1.3 . . 1.75
ქვაურილი		0.5 . . 2.0	

კაშხლის თხემის შემადგენლობა (h_s) წყალსაცავში წყლის საანგარიშო პერიოდშიდან განისაზღვრება ფორმულით [44, გვ. 5]

$$h_s = \Delta h + h_{s1x} + a, \quad (22.1)$$

სადაც Δh არის ქარის მიმართულებით წყლის მოდენის სიმაღლე, ფორმულა (20.1);

h_{s1x} — კაშხლის ფერდობზე ქარის ტალღის მიგორვის სიმაღლე 1%-იანი უზრუნველყოფის აღმატებით [41, გვ. 6];

$$h_{s1x} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot h_{1x}; \quad (22.2)$$

k_1, k_2, k_3, k_4 — კოეფიციენტები, რომლებიც ითვალისწინებენ შესაბამისად ფერდობს გამაგრების კონსტრუქციის ხორკლიანობას, წყალშეღწევადობას, ფერდობს დახრილობას და ქარის ტალღის დამრეცობას;

- k_{1x} — ტალის სიმაღლე 1%-იანი უზრუნველყოფის ოლმატე-
ბით (§ 20.2.3);
- a — მარაგი, რომელიც ეტოლება უდიდეს სიდიდეებიდან
0,5 მ და $0,1 \cdot k_{1x}$.

§ 22. 3. გრუნტის კაშხლების განაგარიშების ძირითადი დებულებები

მოკლედ ჩამოვყალიბოთ გაანგარიშებათა ის სახეები, რომლებიც
დამახასიათებელია საერთოდ გრუნტის კაშხლებისათვის.

● კაშხლის ტანის გრუნტი თუ კაშხლის ფილტრაციისაწინალო
მოწყობილობის მასალა, ყოველთვის ცოტად თუ ბევრად წყალშეღწევა-
ლია, რის გამოც გრუნტის კაშხლები იმყოფებიან ფილტრაციული ნაკა-
დის მუდმივი ზემოქმედების ქვეშ. ჰიდრონაგებობათა ფუნქცია ფილტრა-
ციული მოვლენებისაგან განსხვავებით (§ 20.5) ფილტრაცია გრუნტის
კაშხლის ტანში უდაწნეა. გაანგარიშებას, ჩვეულებრივ, აწარმოებენ
ბრტყელი ამოცანის პირობებში; ფილტრაციული ნაკადის საზღვრები
შეიძლება წარმოედგინოთ შემდეგი ზოგადი სქემით (ნახ. 22.3): ზედა
ფერდოს და წყალსაცავის ფსკერის *EAB* სველი სიბრტყე (ხაზი), ქვედა
ფერდოს ასეთივე *CDE* ტუბილი, ქვემოთ — კაშხლის ფუძის წყალსაცავი
ზემოთ — დეპრესიის მრუდი.

გრუნტის კაშხლების ფილტრაციულ გაანგარიშებებს ეკისრებათ
გაზრდილი პასუხისმგებლობა. მათი მთავარ მიზანია კაშხლის ტანში,
ფუნქცია და ნაპირებში დეპრესიის მრუდის მდებარეობის, ფილტრაციული
ხარჯების, სიჩქარეებისა და გრადიენტების განსაზღვრა. კაშხლის ტანი-
სა და ფუძის გრუნტების ფილტრაციული სიმტკიცის შემოწმე-
ბა ტარდება სუფოზიის, ამობურცვის თუ სხვა დაუშვებელი ფილტრა-
ციული დეფორმაციის თავიდან აცილების მიზნით. ფილტრაციული ნა-
კადის ორგანიზებული რეგულირება (შეკრება, ქვედა ბიფივი გაყვანა)
ხდება კაშხლის ტანსა და ფუნქცია სათანადო დრენაჟების, გადა-
სასვლელი უბნების და უკუფილტრების მოწყობით (ნახ. 22.1;
22.2), რომელთა მასალებისა და ზომების გაანგარიშება შეადგენს გრუნ-
ტის კაშხლების დაპროექტების ერთ-ერთ ძირითად ამოცანას. განსაკუ-
თრებით საშიშვანთა კაშხლის ტანში შექანიკური სუფოზიის შეყურსული
სასვლელების წარმოქმნა.

გრუნტის კაშხლების ტანში წყლის ფილტრაციის ამოცანები ხასიათ-
დება დიდი მრავალსახეობით: კაშხლები წყალშეღწევე თუ წყალშეღწევად
ფუნქციაზე; კაშხლები ერთგვაროვანი და არაერთგვაროვანი (გრუნტის თუ
არაგრუნტის მასალის გულით, ეკრანით, დიფრაგმით); კაშხლები და ფუნქ-
ციები დრენაჟის სისტემის სხვადასხვაგვარი გადაწყვეტებით; ფილტრაციუ-
ლი ნაკადები მოძრაობის დამყარებული თუ დაუმყარებული რეჟიმით და

სხვ. დამუშავებულია ფილტრაციული ამოცანების ამოხსნის სამი ძირითადი მეთოდი: პიდრომექანიკური, პიდრავლიკური და ექსპერიმენტული. პირველი, რომელიც ეყარება მკაცრ მათემატიკურ აპარატს და შიდა რაოდენობის დაშვებებს გამოსადგვია „კაშხალი — ფუძის“ სისტემის მარტივი სქემებისათვის. რეალური ფილტრაციული ამოცანების გადაწყვეტა მეტწილად წარმოებს პიდრავლიკური მეთოდით, რომლის ძირითადი შემთხვევები დეტალურადაა ახსნილი სპეციალურ ლიტერატურაში [11, ნაწ. I, გვ 94; 12, გვ. 168 და დან.]11; 13, გვ. 121; 25, ნაწ. I, გვ. 362]. ექსპერიმენტული ბერბებიდან ყველაზე ფართოდ გამოიყენება ელექტროპიდროდინამიკური ანალოგიის (ეპდა) მეთოდი, რომელიც მით უფრო მოსახერხებელია ფუძის აჩაერთგვაროვან გეოლოგიური წყობისა და კაშხლის რთული კონსტრუქციის პირობებში.

* როგორც არ უნდა იყოს გრუნტის კაშხლის აგების ბერბი და მისი დატკეპენის ხარისხი, ექსპლუატაციის პერიოდში კაშხლის ფუძე და კაშხლის ტანი განიცდის დაჯდომას გრუნტების დროში გაშვარიების (კონსოლიდაციის) მიზეზით; კაშხლის ტანისა და ფუძის დაჯდომის გაანგარიშება ტარდება კაშხლის საშენებლო შემადგენლის დასადგენად და კაშხლის ტანის საშენებლო მოცულობის დასაზუსტებლად. საექსპლუატაციო დაჯდომის ($S_{კაშ}$) სიდიდის წინასწარი განსაზღვრა შესაძლებელია ლაუტონის ფორმულით [11, 14]

$$S_{კაშ} = 0,001 \cdot h^2 / z, \quad (22.3)$$

სადაც h არის კაშხლის სიმაღლე, მ.

პორიზონტალური საექსპლუატაციო გადაადგილებები, ჩვეულებრივ, შეადგენენ $(0,5 \dots 1,0) \cdot S_{კაშ}$

არსებული ნორმატიული დოკუმენტის [44] მიხედვით გათვალისწინებულია I და II კლასის გრუნტის კაშხლების დამატულ-დენფორმაციული მდგომარეობის შესწავლა.

● ნებისმიერი ტიპისა და კლასის გრუნტის კაშხლის გაანგარიშების უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა კაშხლის ფერდობების მდგრადობის შემოწმება. ფერდობების მდგრადობის გაანგარიშებას უფრო ხშირად აწარმოებენ იმ თეორიის მიხედვით, რომელიც ეფუძნება კაშხლის ფერდოს ერთიანი (გამყარებული) ტანით დაქვრის მოდელს (§ 22.4).

§ 22. 4. გრუნტის კაშხლების ფერდობის მდგრადობაზე გაანგარიშება

გრუნტის კაშხლები, ხასიათდება რა დიდი წონით, ძვრზე მდგრადობის შემოწმებას არ საკიდრებენ; არამდგრადი შეიძლება აღმოჩნდეს კაშხლის ფერდობში. ფერდოს მდგრადობის შემოწმებისას იყენებენ ძვრის წრიულცილინდრული ზედაპირების ზოგად მეთოდს

[44, გვ. 21], რომელსაც საფუძველი ჩაუყარეს შეედმა ინჟინრებმა („შეედური მეთოდი“) [10, 11, 12, 14, 25, 67, 76]. ამ მეთოდის მიხედვით დაშვებულია, რომ ძალთა მოქმედების შედეგად კაშხალში და მის ფუძეში შეიძლება წარმოიშვას ძვრის წრიულცილინდრული ზედაპირი და მის გასწვრივ მოხდეს ფვრდოს გარკვეული ნაწილის ერთიანი ტანით ძვრა (ჩამონგრევა) ფუძის გრუნტის ამობურცვით. გაანგარიშებისას განიხილავენ კაშხლის 1 მ სიგრძის უბანს ანუ ბრტყელ ამოცანას.

მ. 4. 1. შარღოვანის მდგომარეობის შემოწმება ძვრის წრიულცილინდრული ზედაპირიანი მეთოდით

ძვრის წრიულცილინდრული ზედაპირით კაშხლის ტანიდან (ნახ. 22.4) გამოყოფილი ფრაგმენტის მკვრადობის კრიტერიუმში გამოისახება ზღვრული მდგომარეობის დადგომის არდაშვების ზოგადი (22.11) პირობით, რომელიც ძვრის ყველაზე საშიფათო ზედაპირის გამოვლენის მიზნით მოხერხებულია ჩაწვროს ძვრაზე მდგომარეობის კოეფიციენტის (k_c) ფორმით

$$k_c = R/F \geq \gamma_c \cdot \gamma_a / \gamma_r \quad (22.4)$$

აქ γ_c არის მოქმედ დატვირთვათა შეხამების კოეფიციენტი (ცხრ. 20.1);

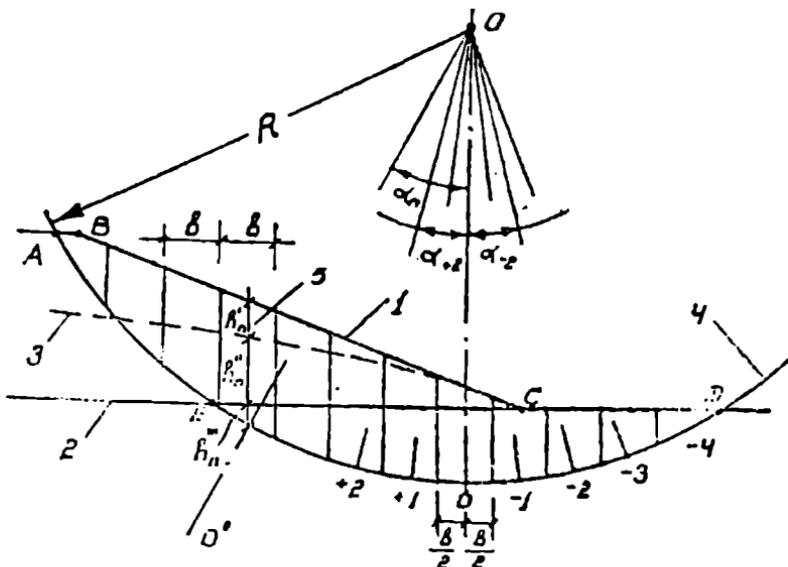
γ_c — მუშაობის პირობების კოეფიციენტი; გაანგარიშების მიახლოებით მეთოდების შემთხვევაში $\gamma_c = 0.95$ [44, გვ. 22, ცხრ. 11]

γ_a — საიმედოობის კოეფიციენტი ნაგებობის ქასუბისმგებლობაზე (ცხრ. 20.2);

F — განზოგადებული ძალური ზემოქმედების საანგარიშო მნიშვნელობა (განსაზღვრული დატვირთვაზე საიმედოობის γ_r კოეფიციენტის მხედველობაში მიღებით [39, გვ. 23, დან. 3]); უფრო ზწირად იგი გამოისახება ძვრის ზედაპირის ცენტრის მიმართ აქტიური (დამძვრელი) ძალების მომენტების ტოლქმედით;

R — განზოგადებული ზიდვისუნარიანობის საანგარიშო მნიშვნელობა (განსაზღვრული გრუნტზე საიმედოობის γ_r კოეფიციენტის მხედველობაში მიღებით [45, გვ. 4]); უფრო ზწირად იგი გამოისახება ძვრის ზედაპირის ცენტრის მიმართ რეაქტიული (დამძვრელი) ძალების მომენტების ტოლქმედით.

კაშხლის ტანის მოცულობის ეკონომიის მიზნით k_c უნდა აღემატებოდეს $\gamma_c \cdot \gamma_a / \gamma_r$ გამოისახულებას არა უმეტეს 10%-ისა.



ნახ. 22.4. ფერდოს მდგრადობის შემოწმების საინჟანოო სქემა. 1—გრუნტის კაშხლის ფერფი; 2—კაშხლის ძირი; 3—ლერების მართალი; 4—ძერის წრიული ინდრულო ზედაპირი; 5—ზოგილი მ-ური ნაკვეთი.

რომელიც \$O\$ ცენტრიდან \$R_0\$ რადიუსით მოხაზული ძერის წრიული ზედაპირი (ნახ. 22.4) ზოგიდ შემთხვევაში მოიცავს კაშხლის სხეიდასხვა ზონებს განსხვავებული თვისების გრუნტებით და ფილტრაციული მდგომარეობით. იმ მიზნით, რომ ფერდოს მდგრადობის შემოწმება შესრულდეს კაშხლისა და ფუძის გრუნტების რაც შეიძლება სრული ასახვით, ჩამონგრევის (ძერის) ტანს კყოფენ თანატოლი \$b\$ სიგანის ვერტიკალურ ნაკვეთურებად. ნულოვანი ნაკვეთურის ღერძს ამთხვევენ \$O\$ ცენტრზე გამავალ ვერტიკალს, დანაოიენ ნაკვეთურებს აღნიშნავენ რიგითი ნომრით მარცხნივ (პლუსი ნიშნით) და მარჯვნივ (მინუსი ნიშნით); ნაკვეთურის სიგანე განისაზღვრება ტოლობით

$$b = 0,1 \cdot R_0 \quad (22.5)$$

იმისათვის, რომ ძერაზე მდგრადობის (22.4) კოეფიციენტს მიეცეს პრაქტიკულად გამოსაყენებელი სახე, გამოეყოთ რომელიცა ზოგადი \$n\$ ნაკვეთური (ნახ. 22.5) და განვიხილოთ მისი წონასწორობა. საინჟანოო ნაკვეთურზე მოქმედებს:

- ზახუნის ძალები ნაკვეთურის გვერდით წახნაგებზე — \$T_{n-1}, T_{n+1}\$;
- ფილტრაციული წნევის ძალები ამავე წახნაგებზე — \$W_{n-1}, W_{n+1}\$;
- ფორული წნევის ძალა ნაკვეთურის ძირში — \$p_n \cdot l_n\$;

ნაკვეთურის საკუთარი წონა

$$G_n = b_n \cdot (\rho_s' \cdot g \cdot h_n' + \rho_s'' \cdot g \cdot h_n'' + \rho_s''' \cdot g \cdot h_n''' + \dots) \quad (22.6)$$

აქ მიღებულია შემდეგი აღნიშვნები:

ρ_n — ფორული წნევა ნაკვეთურის ძირში;

l_n — ნაკვეთურის ძირის ოკალის სიგრძე

$$l_n = b_n / \cos \alpha_n; \quad (22.7)$$

α_n — კუთხე, რომელსაც კვანის ნაკვეთურის ძირის შუა წერტილსა და ძვრის წრეწირის O ცენტრზე გაშვებული წრფე ვერტიკალთან;

$\rho_s', \rho_s'', \rho_s''', \dots$ — გრუნტის სიმკვრივე შესაბამისად ნაკვეთურის h_n', h_n'', h_n''' და ა. შ. ზონებში.

ნაკვეთურზე მოქმედი ძალების ზეგავლენით ძვრის (ნაკვეთურის ძირის) სიბრტყეში წარმოიქმნება აქტიური ($\tau_{აქ}$) და რეაქტიული ($\tau_{რეაქ}$) მხები ძაბვები ანუ აქტიური $\tau_{აქ} \cdot l_n$ და რეაქტიული $\tau_{რეაქ} \cdot l_n$ ძალები. ძვრის წრიულცილინდრული ზედაპირის მთელ სიგრძეზე ამ ძალების ტოლქმედი ჩაიწერება ჯამის სახით: $\Sigma \tau_{აქ} \cdot l_n$, $\Sigma \tau_{რეაქ} \cdot l_n$, ხოლო ძვრაზე მდგრადობის (22.4) კოეფიციენტი, R და F სიდიდეების განმარტების თანახმად, გამოისახება შემდეგნაირად

$$k_n = \frac{R_0 \cdot \Sigma \tau_{რეაქ} \cdot l_n}{R_0 \cdot \Sigma \tau_{აქ} \cdot l_n} \quad (22.8)$$

თუ საანგარიშო ნაკვეთური იმყოფება ზღვრული წონასწორობის მდგომარეობაში, მაშინ $\tau_{რეაქ}$ აღწევს თავის მაქსიმალურ მნიშვნელობას და კულონის ფორმულის შესაბამისად

$$\tau_{რეაქ} = \sigma_n \cdot \text{tg} \varphi_n + c_n \quad (22.9)$$

სადაც σ_n არის ვექტორი ნორმალური ძაბვა ნაკვეთურის ძირში;

φ_n, c_n — ნაკვეთურის ძირის გრუნტის შიგა ხახუნის კოეფიციენტი და შეკიდულობა.

გადავიტანოთ ნაკვეთურის G_n წონის ვექტორი მისი მოქმედების ხაზის გასწვრივ ძვრის ხაზის გადაკვეთამდე (ნახ. 22.5) და დაეშალოთ ნორმალურ $N = G_n \cdot \cos \alpha_n$ და მხებ $T = G_n \cdot \sin \alpha_n$ შემდგენებად. დაეწეროთ ნაკვეთურზე მოქმედი ძალების წონასწორობის განტოლებები ნაკვეთურის ძირის $O-O'$ ნორმალის მიმართ იმ დაშვებებით, რომ $T_{n-1} = -T_{n+1} = 0$, ხოლო E_{n-1}, E_{n+1} და W_{n-1}, W_{n+1} ძალები, როგორც შიგა, ერთმანეთს აწონასწორებენ; მივიღებთ

$$\sigma_n \cdot l_n = G_n \cdot \cos \alpha_n - \rho_n \cdot l_n \quad (22.10)$$

და (22.9) ტოლობის საფუძველზე გვიქნება

$$\tau_{კვ} \cdot l_n = (G_n \cdot \cos \alpha_n - p_n \cdot l_n) \operatorname{tg} \varphi_n + c_n \cdot l_n. \quad (22.11)$$

საინგარიშო სქემიდან ცხადი ხდება აქტიური $\tau_{კვ} \cdot l_n$ ძალის გამოსახულება

$$T = G_n \cdot \sin \alpha_n = \tau_{კვ} \cdot l_n. \quad (22.12)$$

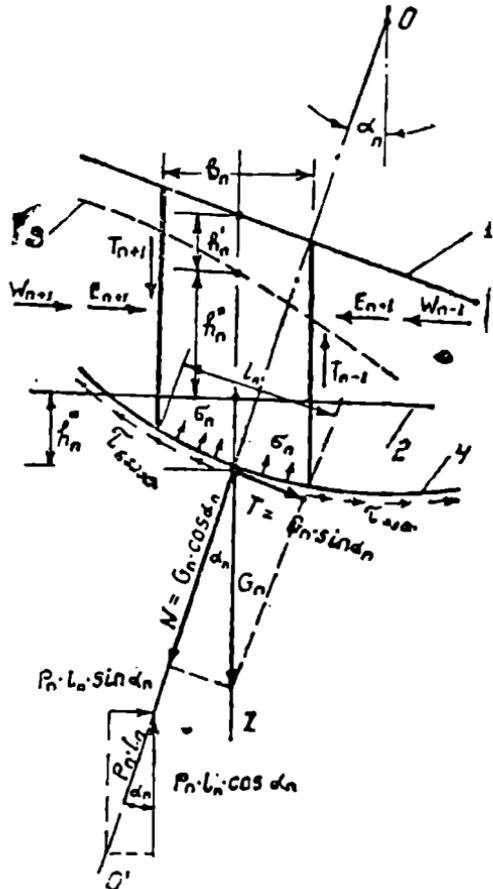
ბოლო ტოლობების (22.8) ფარდობაში ჩასმის შედეგად ძვრახე მდგრადობის კოეფიციენტი მიიღებს საინგარიშო სახეს

$$k_s = \frac{\sum (G_n \cdot \cos \alpha_n - p_n \cdot l_n) \cdot \operatorname{tg} \varphi_n + \sum c_n \cdot l_n}{\sum G_n \cdot \sin \alpha_n} \quad (22.13)$$

აღნიშნული მეთოდი (ფორმულა) გამოარჩევა სისადავით, უნივერსალობით და, რაც მთავარია, შეზღუდვების პრაქტიკით [12, გვ. 177]. ჰიდროდინამიკური ძალების გათვალისწინების აქ მიღებული სქემა განაპირობებს ძვრახე მდგრადობის k_s კოეფიციენტის ნაწილობრივ შემცირებული მნიშვნელობის მიღებას, რაც კმნის გაანგარიშებათა სიმედობის გაჩვეულ მარაგს.

თუ ფილტრაციული ნაკადის $p_n \cdot l_n$ ძალის (ნახ. 22,5) ნაცლად მხედველობაში მივიღებთ მხოლოდ მის ვერტიკალურ შემდგენს $p_n \cdot l_n \times \cos \alpha_n$, ე. ი. უგულვებლევოფთ ჰორიზონტალურ $p_n \cdot l_n \cdot \cos \alpha_n$ შემდგენს, მაშინ (22.10)-ის ნაცლად გვიქნება

$$\begin{aligned} \sigma_n \cdot l_n &= G_n \cdot \cos \alpha_n - \\ &- p_n \cdot l_n \cdot \cos^2 \alpha_n \quad (22.14) \end{aligned}$$



ნახ. 22.5. ზოგადი ფორმის ნაკვეთარზე მოქმედი ძალები. 1-ფერლი; 2-კაშხლის სიარ; 3-ღებრესის მრული; 4-ძვრის ზღდაიარი.

და ძერაზე მდგრადობის კოეფიციენტი ჩაიწერება ფორმით, რომელიც ასევე ფართოდა ხმარებაში

$$k_n = \frac{\sum (G_n - p_n \cdot l_n) \cdot \cos \alpha_n \cdot \operatorname{tg} \varphi_n + \sum c_n \cdot b_n / \cos \alpha_n}{\sum G_n \cdot \sin \alpha_n} \quad (22.15)$$

ნაკვეთურის ძირში გრუნტის ფორებში ფილტრაციული წყლების წნევა (ფორული წნევა) p_n ზოგად შემთხვევაში შეიცავს სამ შემდგენს

$$p_n = p_{n\alpha} + p_{\beta} + p_{\gamma}, \quad (22.16)$$

სადაც $p_{n\alpha}$ არის წყლის შემატივტივებელი წნევა;

p_{β} — ფილტრაციული წნევა;

p_{γ} — ქარბი ფორული წნევა თიხოვანი გრუნტების კონსოლიდაციის შედეგად [11, ნაწ. I, გვ. 446; 12, გვ. 198; 13, გვ. 231].

თუ ფერდოს მდგრადობაზე გაანგარიშება სრულდება დროის იმ მომენტისათვის, როდესაც კაშხლის თიხოვანი გრუნტების კონსოლიდაცია დასრულებულია, ამასთანავე ფილტრაციული ნაკადის მოძრაობა დამყარებულია, $p_{\gamma} = 0$ და ფორული წნევა განისაზღვრება მართივად

$$p_n = p_{n\alpha} + p_{\beta} = p_{\alpha} \cdot g \cdot h_n \quad (22.17)$$

სადაც h_n არის წყლის პიეზომეტრული სიმაღლე საანგარიშო ნაკვეთურის ძირის ცენტრში.

22. 4. 2. ფერდოვანის მდგრადობის შემოწმების საანგარიშო შემთხვევა

გრუნტის კაშხლის ზედა და ქვედა ფერდო იმყოფება მუშაობის სხვადასხვა პირობებში; მკვეთრად განსხვავებული შეიძლება იყოს მოქმედ ძალთა შეხამება, დონე ბიეფებში, ფილტრაციისაწინალო მოწყობილობების გამართულობა და სხვ. ძერაზე მდგრადობის კოეფიციენტის მინიმალური მნიშვნელობა მოსალოდნელია ფერდოების მუშაობის გარკვეულ პირობებში, რომლებიც განსაზღვრულია სათანადო ნორმებითა და წესებით [44, გვ. 22].

გრუნტის კაშხლის ქვედა ფერდოსათვის. პირველი საანგარიშო შემთხვევა (ძირითადი): ზედა ბიეფში არის ნორმალური შერბორვის დონე (ნშდ), კაშხლის ტანში — დამყარებული ფილტრაცია, ქვედა ბიეფში — შეაძლო მაქსიმალური დონე, მაგრამ არაუმეტესი 0,2 · h -ისა, სადაც h არის ფერდოს სიმაღლე.

მეორე საანგარიშო შემთხვევა (ძირითადი): წყალსაგდები ხერტები გახსნილია და ბიეფების დონე განისაზღვრება შაქსიმალური გადასაგდები ხარჯით.

მესამე საანგარიშო შემთხვევა (განსაკუთრებული): ზედა ბიფფში არის ფორსირებული შეტბორვის ღონე (ფ შ დ), ქვედა ბიფფში კი ღონე, რომელიც შეესაბამება ფ შ დ-ს.

გრუნტის კაშხლის ზედა ფერდოსათვის. პირველი საანგარიშო შემთხვევა (ძირითადი): მაქსიმალური შესაძლო სიჩქარით წყლის დონის დაწვევა წყალსაცავში ნ შ დ-დან შესაძლო უდაბლეს დონემდე; მხედველობაში შიილება დაუმყარებელი ფილტრაციის ძალები.

მეორე საანგარიშო შემთხვევა (სამშენებლო პერიოდის): წყლის დონე ზედა ბიფფში არის ყველაზე დაბალ ნიშნულზე, მაგრამ არა უდაბლეს $0,2 \cdot h$ -ისა; წყლის ფილტრაცია კაშხლის ტანში დამყარებულია.

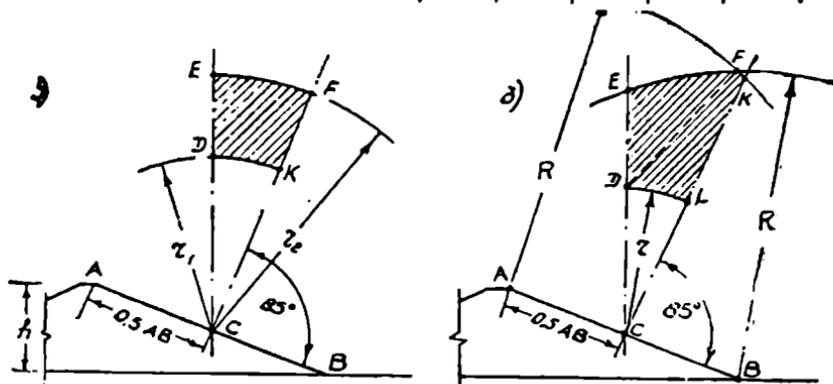
მესამე საანგარიშო შემთხვევა (განსაკუთრებული): მაქსიმალური შესაძლო სიჩქარით წყლის დონის დაწვევა წყალსაცავში ფ შ დ-დან შესაძლო უდაბლეს დონემდე; მხედველობაში შიილება დაუმყარებელი ფილტრაციის ძალები.

მ 2. 4. 8. ფარდოს ძვრის საშინი ზედაპირების დადგენის ხარხაბი

ფერდოს მდგრადობის გაანგარიშების ძირითადი არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ყოველი საანგარიშო შემთხვევისათვის შიიძებნოს ძვრაზე მდგრადობის k , კოეფიციენტის შინიშალური შინიშენლობა ანუ, რაკ იგივეა, ყველაზე საშიში წრთულცილნდრული ზედაპირი. ზოგადად, ძვრის წრეწირის მდებარეობა კაშხლის ტანსა და ფუძეში განისაზღვრება წრეწირის O ცენტრის განლაგებით და წრეწირის R_0 რადიუსის სიღლით (ნახ. 22.4). ასე რომ, ძვრის ყველაზე საშიში ზედაპირის დადგენა ხდება საანგარიშო შემთხვევების, ცენტრების და რადიუსების უმრავი შესაძლო ვარიანტების, სიილიდების, მდებარეობისა და შეხამების განხილვის საფუძველზე, რაკ, რა თქმა უნდა, შეუძლებელია ელექტრონულ-გამომთვლელი მანქანების გამოყენების გარეშე. მანქანა-საათების ეკონომიისა და, შით უმეტეს, „ხელით“ გაანგარიშების სამეშაოთა შოკულობის შემოფარგვის მიზნით, შესაძლებელია შემდეგი პრაქტიკული ხერხების მოშველიება.

● ვ. ფანდევის წინადადებით ფერდოს მდგრადობის გაანგარიშების ძვრის საშიში წრეწირის ცენტრი უნდა ვეძიოთ $DEFK$ მრულწირულ ოთხკუთხედში (ნახ. 22.6, ა), რომლის საზღვრებია: ფერდოს შუა C წერტილიდან აღმართული CE ვერტიკალი, ამავე წერტილზე გატარებული ფერდოსადმი 85° -ით დახრილი CF ხაზი და C წერტილიდან, როგორც ცენტრიდან, $r_1 = CD$ და $r_2 = CF$ რადიუსებით შემოხაზული რკალები. ამ რადიუსების ფარდობითი შინიშენლობებია აილება 22.5 ცხრილიდან.

ფარდობები	ფერდოს კოეფიციენტი 1 : m	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6
r_1/h		0,75	0,75	1,0	1,5	2,2	3,0
r_2/h		1,5	1,75	2,3	3,75	4,8	5,5



ნახ. 22.6. ფერდოს ძერის ყველაზე საშიში წრიულცილინდრული ზედაპირების დადგენის ხერხები.

ვ. არისტოვსკის მონაცემების შესაბამისად ძერის საშიში მრუდის ცენტრი მდებარეობს $DEFKL$ მრუდწირულ მრავალკუთხედში (ნახ. 22.6, ბ), რომელიც აიგება შემდეგი წესით: ფერდოს შუა C წერტილიდან აღიმართება ვერტიკალური CE და 85° -ით დახრილი CK ხაზები; ფერდოს კიდეუბა A და B წერტილებიდან, როგორც ცენტრებიდან, R რადიუსით მოიხაზება რკალები F წერტილში გადაკვეთიამდე; R რადიუსი მოიხაზება ფორმულით

$$R = 0,5 \cdot (R_1 + R_2), \quad (22.18)$$

სადაც R_1, R_2 არის ძერის ზედაპირის რადიუსის ექსტრემალური -- ქვედა და ზედა მნიშვნელობები, რომელთა ფარდობითი სიდიდეები მოცემულია 22.6 ცხრილში.

ფარდობები	ფერდოს კოეფიციენტი 1 : m	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5	1:6
R_1/h		1,1	1,4	1,9	2,5	3,3	4,3
R_2/h		2,2	2,5	3,2	4,7	5,8	6,7

საბოლოოდ, თუ C წერტილიდან მოვხაზავთ $r = CF/2$ რკალს, საძიებელი მრუდწირული მრავალკუთხედი საესებით განსაზღვრული იქნება. დაკვირვებები ცხადყოფენ, რომ ყველაზე საშიში ზედაპირების ცენტრები განლაგებულია DF მონაკვეთზე.

● ასეთივე პრაქტიკული ხერხები ძირსებობს ძვრის წრიული ზედაპირის R_0 რადიუსის ანუ წრის მდებარეობის დასადგენად. რადიუსის სიდიდე აიღება დაახლოებით $R_0 = (4 \dots 8) \cdot h$ -ის ფარგლებში. ამასთან შესაძლებელია შემდეგი მითითებით სარგებლობა: თუ კაშხლის ფუძის გრუნტის სიპტკიცე აღმატება კაშხლისას, მაშინ ძვრის წრეწირმა შეიძლება არ მოკვეთოს კაშხლის ფუძე; წინააღმდეგ შემთხვევაში ძვრის ზედაპირი მოიცავს ფუძის ნაწილსაც. ფუძის მოკვეთილი ნაწილის სიღრმე, ჩვეულებრივ, არ აღმატება $2 \cdot h$ -ს.

§ 22. 2. ზღუნბის კაშხლავის კონსტრუქციულ-საგონეწალო თაჲისაგურეწანო

გრუნტის კაშხლების კლასიფიკაცია (§ 22.1) ცხადყოფს მათ ტიპობრივ მრავალფეროვნებას, კონსტრუქციულ სირთულეს, გამოყენებული მასალების დიდ დიაპაზონს, აგების ხერხების სხვადასხვაობას და ა. შ. მიუხედავად ასეთი მრავალსახეობისა შევეცადოთ ცალკე მოვეხსენიოთ ის კონსტრუქციულ-საგონეწალო თვისებები (თავისებურებები), რომლებიც ძირითადად შეიძლება დამახასიათებელია ყველა სახის გრუნტის კაშხლისათვის.

● გრუნტის კაშხლების დაპროექტების ყველაზე საპასუხისმგებლო ამოცანაა კაშხლის ტანში გათვალისწინებული გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების განსაზღვრა-შერჩევა. ეს მახასიათებლებია: მარცვლოვანი შემადგენლობა, გრუნტისა და მისი მარცვლების სიმკვრივე, შიდა ხაზუნის კუთხე, შექიღულთობა, ფილტრაციის კოეფიციენტი და სხვა [44, გვ. 2]. კაშხლის ტანის შესაქმნელად გამოსადგეგია თითქმის ყოველგვარი ქვიშოვანი და თიხოვანი გრუნტები, გარდა ისეთი გრუნტებისა, რომლებიც შეიცავენ წყალში ხსნად მარილებს ანდა ორგანულ ჩანარებს მასის 5...10%-ის და მეტე ოდენობით. კაშხლის ასაგებად ყველაზე ხელსაყრელია გრუნტები, რომელთა ჩონჩხი შექმნილია მსხვილი ნაწილაკებით, ფორები კი შევსებულია თიხოვანი მასალით. მონალექი კაშხლების მშენებლობისას უპირატესობა ეძლევა ქვიშოვან გრუნტებს. ქვა-პიწის და ქვაყრილი კაშხლებისათვის ჭარკ მასალად ჩაითვლება მთის ქანები კუჭხავზე წინალობის მაღალი მაჩვენებლით (არანაკლები 50...70 შა-ისა). კაშხლის ტანში ფლეთილი ქვის გამოყენების შემთხვევაში უკეთესად მიიჩნევენ ქვებს მაქსიმალური და მინიმალური ხაზოვანი ზომების დაახლოებით ფარდობით 4:3. წყალშეუღწევობისა და უკეთ გამკვრი-

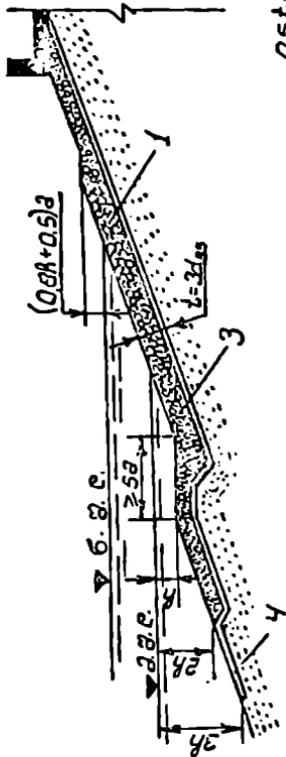
გების თვალსაზრისით უფრო გამოსადეგია გრუნტები არაერთგვაროვნობის (9.10) კოეფიციენტით $\eta \geq 30 \dots 100$; გრუნტები, რომლებსთვისაც $\eta < 5 \dots 10$, ხასიათდებიან მაღალი ფორიანობით და ცუდად იტკეპნებიან.

● კაშხლის ფერდობები განიცილიან ქარის ტალღების, ყინულის, წყლის დინების, დონეთა ცვლადობის, ატმოსფერული ნალექების, ქარის და სხვა დამანგრეველი ფაქტორების მოქმედებას. ამ დატვირთვებისაგან კაშხლის დაცვის მიზნით კაშხლის ფერდობებზე ეწყობა სპეციალური გამაგრება ქვაყრილის, ქვაფენილის, ბეტონის, რკინაბეტონის, ასფალტბეტონისა თუ ბიოლოგიური საფარის სახით. ფერდობების გამაგრება საჭიროა მიწის ნაყარი და მიწის მონალექი კაშხლგმისათვის; ზოგ შემთხვევაში კი ქვა-მიწისა და ქვაყრილისათვისაც.

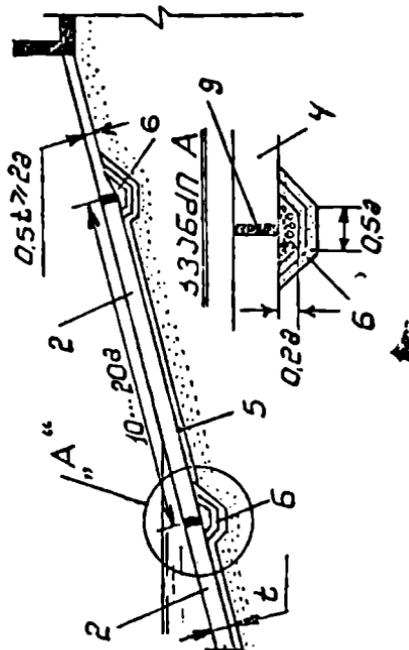
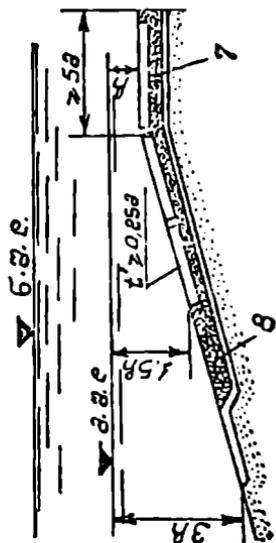
კაშხლის ზედა ფერდოს გამაგრების ზედა საზღვრად, როგორც წესი, მიიჩნევენ კაშხლის თხემის ნიშნულს [44, გვ. 6]; თუ კაშხლის თხემის h , შემალება წყალსაცავში საანგარიშო პორიზონტიდან საკმაოდ დიდია, ძირითადი გამაგრების ზედა საზღვარი ინიშნება ტალღის მიგორვის სიმაღლის (§ 22.2) ნიშნულზე, ზევით კი ეწყობა შემსუბუქებული გამაგრება. ფერდოს ძირითადი გამაგრების ქვედა საზღვარი აიღება წყალსაცავში საანგარიშო მინიმალური დონიდან 2- h_1 , სიღრმეზე, სადაც h_1 , არის 1%-იანი უზრუნველყოფის ტალღის სიმაღლე (§ 20.2.3).

ფერდოს ქვაყრილით გამაგრება საკმაოდ გავრცელებული ხერხია და ძირითადში სრულდება არასორტირებული ქვებით (ნახ. 22.7, ა). ქვაყრილის ფენის ξ სისქე განისაზღვრება სხვადასხვა ფაქტორის და მათ შორის ქვაყრილის ექსპლუატაციის გამოცდილების გათვალისწინებით, მაგრამ ათა ნაკლები 3- d_{85} -ისა, სადაც d_{85} არის ქვაყრილის მასალის გრანულომეტრიული შემადგენლობის შრუდიდან აღებული იმ ქვის დიამეტრი, რომელიც უფრო მცირე დიამეტრის ქვებთან ერთად შეადგენს ქვაყრილის მისის 85%-ს. ქვების საანგარიშო მასა და ზომა გაიანგარიშება სათანადო ნორმატიული მითითებებით [41, გვ. 8]. ზოგჯერ ფერდოს გამაგრებას ასრულებენ ქვის მოკირწყვლით ანუ ქვაფენილის სახით. ეს გამაგრება კეთდება 0,25...0,3 მ ზომის სორტირებული ქვებით ერთ ან ორ ფენად. ამჟამად ქვაფენილის მოწყობას ერიდებიან იმის გამო, რომ ქვის მოკირწყვლის სამუშაოები არ ექვემდებარება მექანიზაციას. ქვაყრილი და ქვაფენილი, როგორც წესი, ეწყობა ერთ ან მრავალფენიან მოშადებაზე უკუფილტრის სახით; თითოეული ფენის სისქე არ უნდა იყოს 15 სმ-ზე ნაკლები. ფერდოს ქვით გამაგრებას მიმართავენ მაშინ, როდესაც ქარის ტალღის საანგარიშო სიმაღლე აღწევს 2...2,5 მ-ს და მშენებლობის მახლობლობაში მოიპოვება სათანადო ქვის კარიერი.

რკინაბეტონის და დაარმატურებული ბეტონის ფილებით გამაგრება ხდება ქარის ტალღების ნებისმიერი პარამეტრების



ბ)



ნახ. 22.7. ფურის ემბეგრების სახეები: 1) — ექვილითი; 2) — ბეტონის (კინამეტონის) ფურები; 3) — უკუფლტის; 4) — ხეშის ან ლოლის ფენა (~0,3 მ); 5) — ჩატანლი ლოლის ფენა (~0,1 მ); 6) — ლენტები ღრევი ნაკრის ქვეშ; 7) — ფურის ქვიშ; 8) — ხეშის ან ლოლის ფენა (~0,2 მ); 9) — მასალის ფურები; 10) — ძლის საინჟინერო სმარტი.

შემთხვევაში (ნახ. 22.7, ბ). მონოლითური რკინაბეტონის გამაგრება სრულდება ცალკეული სექციების სახით, რომელთა ზომები აიღება არა უმეტეს 45×45 მ-სა; სექციებს შორის ეწყობა განივი (ტემპერატურული) და გრძივი (დაჯდომის) დეფორმაციული ნაკერები. რკინაბეტონის გამაგრების სექცია იქმნება უშუალოდ ფერდოზე დაბეტონებული მონოლითური სწორკუთხა ფილებისაგან. სექციის ფარგლებში უნდა შესრულდეს უწყვეტი სახის დაარმატურება. ცალკეული მონოლითური ფილების პირაპირების ქვეშ აწყობენ უკუფილტრიან „ლენტურ“ დრენაჟს. ნაკერებს (პირაპირებს) ფილებს შორის ამონოლითებენ ასფალტბეტონით ან ფასონური რეზინით.

რკინაბეტონის გამაგრების სექცია შეიძლება შეიქმნას ასაწყობი რკინაბეტონის ფილებისაგან ($1,5 \times 1,5 \dots 5 \times 5$ მ) მათი შემდგომი გამოწვლით სექციის ფარგლებში. ზოგჯერ, სათანადო დასაბუთების შემთხვევაში, დასაშვებია ასაწყობი ფილების პირაპირებს შორის არ განხორციელდეს გამონოლითება და მოეწყოს ღია ნაკერები. ასაწყობ ფილებს ათავსებენ უკუფილტრიანი დრენაჟის მთლიან ფენაზე.

მონოლითური და ასაწყობი რკინაბეტონის ფილების სისქის საორიენტაციო მნიშვნელობებია: მონოლითური — $15 \dots 50$ სმ-ს, ასაწყობი — $8 \dots 20$ სმ-ს.

შედარებით მცირე სიმაღლის ფერდოს გამაგრება (წყალსაცავში დონეთა დიდი რყევადობისა და მძლავრი ყინულის ახარსებობის შემთხვევაში) შესაძლებელია ასფალტით ან ასფალტბეტონით; ასეთი გამაგრება მოიცავს $2 \dots 3$ ფენას $6 \dots 8$ სმ საერთო სისქით. გამაგრების ქვეშ შეიძლება მოეწყოს დრენაჟი.

გრუნტის კაშხლის ქვედა ფერდო, თუ ის განიცდის ტალღებისა და ყინულის ზემოქმედებას. საჭიროა გამაგრდეს ზედას ანალოგიურად. მეტწილად ქვედა ფერდო მთლიანად ან მისი უდიდესი ნაწილი იმყოფება მხოლოდ ატმოსფერული ნალექების ზეგავლენის ქვეშ, ამიტომ საკმარისია ბიოლოგიური გამაგრების განხორციელება, მაგალითად, ბალახის დათესვით.

● გრუნტის კაშხლების თხემის ნიშნულისა და განივი პროფილის ზომების დანიშვნის საკითხებს შევხებით 22.2 პარაგრაფში. თხემის კონსტრუქციული გადაწყვეტის მაგალითი ნაჩვენებია 22.8 ნახაზზე. ტალღებისაგან თხემის დაცვის მიზნით, ზოგ შემთხვევაში, წვალსაცავის მხრიდან აწყობენ $0,8 \dots 1,2$ მ სიმაღლის პარაპეტს; ასეთი გადაწყვეტის დროს შესაძლებელია თხემის საანგარიშო ნიშნულის რამდენიმე დაწევა, რაც იძლევა საგრძნობ ეფექტს კაშხლის ტანის მოცულობაში.

● ფილტრაციისაწინააღმდეგე მოწყობილობებს გრუნტის კაშხლებში აწყობენ ფილტრაციული ხარჯისა და პიეზომეტრული ქანობის შესამოწმებლად, დეპრესიის მრუდის დასაწევად, რის შედეგადაც იზრდება კაშხ-

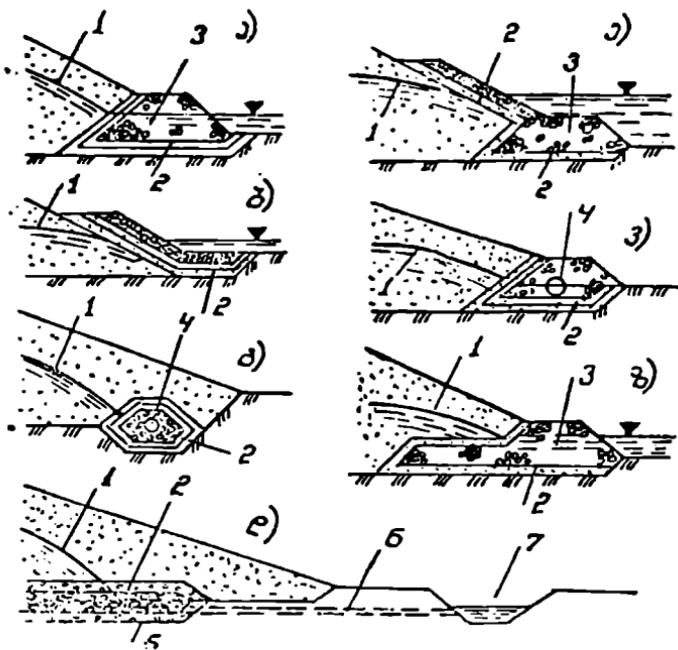
გრუნტის ეკრანის თხემის შემადგენლებს წყალსაცავში ფორსირებულად ჰორიზონტიდან იღებენ ტალღის მოღენისა (Δh) და ტალღის მიგორვის (h_a) სიმაღლეების მხედველობაში მიღებით. გრუნტის გულის თხემის ნიშნული აითვლება იგივე ჰორიზონტიდან, ოღონდ მხოლოდ ტალღის მიგორვის გათვალისწინებით.

თუ კაშხლის ძირითადი ტანი აგებულია მსხვილმარცვლოვანი გრუნტებისაგან (მაგალითად, ქვა-მიწის კაშხლებში), მაშინ გრუნტის ეკრანისა და გულის საზღვრებთან ითვალისწინებენ გადასასვლელ ფენებს შოწყობილ უკუფილტრის პრინციპით. ზოგჯერ გულის ზედა წახნაგთან ათავსებენ წვრილი ქვიშის ფენას, რათა გულში ბზარების წარმოშობის შემთხვევაში ისინი აშოიქოლოს ამ ქვიშით.

გრუნტის ეკრანისა და გულის შედარებისას აღნიშნავენ მათ ნაკლს და უპირატესობას. გულის უპირატესობა იმაშია, რომ იგი უკეთესად არის დაკული ყინვისაგან და მისი გამოყენება მოსახერხებელია მკაცრ კლიმატურ გარემოში მშენებლობისას; გარდა ამისა, გული საკვირებს უფრო ნაკლები რაოდენობის მასალას. ასევე საგრძნობია გრუნტის ეკრანის უპირატესობანიც: ფილტრაციული წყლით ჯერდება კაშხლის ტანის შედარებით უფრო მცირე ნაწილი, ეკრანი შეიძლება აიგოს კაშხლის ტანის აშენების შემდეგ, შედარებით ადვილად და მისაწვდომია მისი შეკეთება და სხვ.

იმ შემთხვევებში, როდესაც კაშხლის მშენებლობის მახლობლობაში არაა ფილტრაციისაწინაღობა ეკრანისა თუ გულისათვის გამოსადეგი პლასტიკური გრუნტები, საჭიროა გაითვალისწინოთ არაგრუნტის წყალშეუღწევი მოწყობილობა: ასფალტბეტონის, ბეტონის, რკინაბეტონის, პოლიმერული თუ სხვა მასალის ეკრანები და დიაფრაგმები. ბეტონისა და რკინაბეტონის ასაწყობი და მონოლითური დიაფრაგმები მეტწილად გამოიყენება კაშხლის მტკიცე კლდოვანი ფუძეების პირობებში, როცა მცირეა ფუძის დაჯდომით გამოწვეული დეფორმაციები. რკინაბეტონის ეკრანები უპირატესად ეწყობა ქვაყრილ კაშხლებში. კაშხლის ტანის დიდი დეფორმაციების პირობებში მიზანშეწონილია ასფალტბეტონის ეკრანისა თუ დიაფრაგმის განხორციელება. უკანასკნელ ხანს პრაქტიკაში ინერგება პოლიმერული მასალის (პოლიეთილენი, პოლივინილქლორიდი და სხვა) აფსკური ეკრანები და დიაფრაგმები. აფსკური ფილტრაციისაწინაღობა კონსტრუქციის მოწყობა დასაშვებია III და IV კლასის გრუნტის კაშხლებისათვის, სათანადო დასაბუთების შედეგად კი I და II კლასის 60 მ-მდე სიმაღლის კაშხლებისთვისაც.

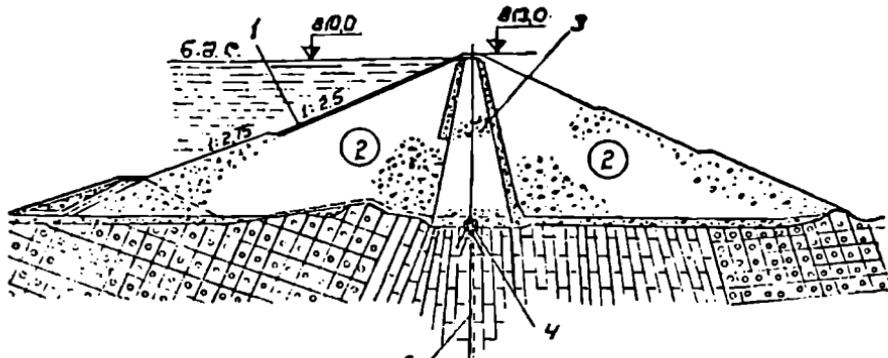
● ქვიშარი და თიხარი მასალის მაღალი კაშხლების ცენტრალური და ქვედა ნაწილის სიზრქეში შეიძლება მოეწყოს ჰორიზონტალური ან ვერტიკალური დრენები. დრენებში გაითვალისწინება აგრეთვე კაშხლის ძირში და ქვედა სოლის ბოლოში. დრენების დანიშნულებაა



ნახ. 22.9. კაშხლის ქვედა სოლის სადრენაეო მოწყობილობები. ა-სადრენაეო პრიზმა; ბ-შიფენილი დრენაეი; გ-მილოვანი დრენაეი; დ-ჰორიზონტალური დრენაეი; ე, ვ, ზ-კომბინირებული სახები; 1-დეკრესიის შრული; 2-უკუფილტრი; 3-სადრენაეო ბანკეტი; 4-მილი; 5-სადრენაეო ლენტი; 6-გამყვანი მილი; 7-გამყვანი თხრილი.

კაშხლის ტანისა და ფუძის ფილტრაციული წყლების შეკრება და ორგანიზებული გაყვანა ქვედა ბიეფში, ფილტრაციული ნაკადის ქვედა ფერდოზე ამოსოფლის არ დაშვება, ფორული წნევის გავლენის შემცირება, ზედა ფერდოს მდგრადობის გაზრდა უალსაკავის სწრაფი დატლის შემთხვევაში. კაშხლის ქვედა ნაწილის დრენაეების ძირითადი სქემები მოცემულია 22.9 ნახაზზე: სადრენაეო ბანკეტი და შიფენილი დრენაეი გამოიყენება კაშხლის ქვედა ფერდოს იმ უბანზე, რომელიც ემთხვევა მდინარის კალაპოტს; ქვედა ფერდოს ნარწულ უბნებზე ანუ ხეობის იმ ნაწილებზე, სადაც წყალი არ არის შეიძლება მოეწყოს მილოვანი, ჰორიზონტალური, ან კომბინირებული სახის დრენაეები.

● კაშხლის ტანის, ფუძის, ეკრანისა თუ გულის და დრენაეის კონტაქტის ადგილებში უნდა მოეწყოს უკუფილტრი, რომლის მთავარი დანიშნულებაა გამორიცხოს კაშხლის გრუნტის ნაწილაკების შეღწევა დრენაეში. უკუფილტრის ყოველი ფენის სისქე უნდა შეადგენდეს არა ნაკლებ 0,2 მ-ისა.



ნახ. 22.10. ურნვალის ჰიდროელსიდგურის ქვა-მიწის კაშხლის განივი კრილი. 1—არმო-ბეტონის ფილები; 2—კენჭხარი; 3—თხიხარის გული; 4—სიემენტაციო ვალერვა; 5—ემენტაციური ფარდა.

● როგორც დაინახეთ, გრუნტის კაშხლები ხასიათდება სახეებისა და კონსტრუქციების დიდი მრავალფეროვნებით. პროექტირების დროს საჭირო და აუცილებელია ჰიდროტექნიკურ პრაქტიკაში დაგროვილი გამოცდილებითა და ანალოგებით სარგებლობა. მაგალითისათვის 22.10 ნახაზზე ნაჩვენებია ურნვალის გრუნტის კაშხლის კონსტრუქცია.

● გრუნტის კაშხლების ტიპების სახელწოდება (ცხრ. 22.1) ძირითადად ასახავს კაშხლის მშენებლობის მეთოდსაც; გრუნტის კაშხლებს აგებენ გრუნტის ფენებად დაყრით და შემდგომი გამკვრივებით (დატკეპნით), წყალქვეშა და წყალზედა მოლეკვით, კაშხლის ტანში ქვის მასალის ჩაყრით, მიმართული აფეთქებით თუ კონბინირებული ხერხებით. ვრცლად ეს საკითხები განიხილება სპეციალურ კურსებში [60, 61].

XXIII თავი

წყალსაგდები, წყალჩასაშვები და წყალგამომშვები (წყალმიმღები) ნაგებობები

მდინარის წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) მაქსიმალური ჩამონადენისა და წყალსაცავში წყლის მოცულობის (ჰორიზონტის) რეგულირების, ამასთანავე ქვედა ბიეფში წყლის სასარგებლო გაშვებების მიზნით სამდინარო ჰიდროკანძის შემადგენლობაში გათვალისწინებულია სპეციალური წყალსაშვები ნაგებობები და ხერხები: წყალსაგდებები, წყალჩასაშვები და წყალგამომშვებები [39, გვ. 7]; ზოგადად ისინი შეიძლება განლაგდნენ კაშხლის ტანში ან კაშხლის ტანის გარეთ.

წყალსაგდები ნაგებობების ძირითადი დანიშნულებაა: წყალდიდობისა და წვიმების წყალმოვარდნების საინგარიშო მაქსიმალური ჩამონადენის ან სხვა გამოუყენებელი ხარჯების გატარება ქვედა ბიეფში; ყინულის, თოშის და მტურავე სხეულების გადაგდება (თუ ეს გათვალისწინებულია ექსპლუატაციის პირობებით); წყალსაცავში დალამული ნატანის პერიოდულე წარეცხვა (დაბალაწნეეიან პიდროკვანძებში).

წყალჩასაშვებების მთავარი მიზანია: უზრუნველყოს წყალსაცავის ნაწილობრივი ან მთლიანი დაცლა (ავარიულ შემთხვევაში, წყალდიდობისწინა პერიოდში, ზედა ბიეფის ნაგებობების დათვლიერების ან რემონტის მიზნით, წყალსაცავის სანიტარული გაწმენდისათვის); მოახდინოს კაშხლის წინ დალამული ნატანის ნაწილობრივი წარეცხვა; გაატაროს მაქსიმალური ხარჯების გარეეული ნაწილი.

წყალგამომშვებები ახორციელებენ წყლის ხარჯების სასარგებლო გაშვებებს არხებში, მილსადენებში, მდინარის კალაპოტში, ამიტომ მათ ხშირად წყალმიმღებებს ანდა წყალმიმღებ ნაგებობებს უწოდებენ [12, გვ. 101]. წყალგამომშვების (წყალმიმღების) შესასვლელი ბერეტის განლაგებას და პარამეტრებს განსაზღვრავენ ისეთნაირად, რომ წყლის მიწოდება უზრუნველყოფილი იქნეს წყალსაცავში მკვდარი მოცულობის პორიზონტის შემთხვევაშიც კი.

მთხედავად იმისა, რომ თითქოს განსაზღვრულია წყალსაგდების, წყალჩასაშვებისა და წყალმიმღების მთავარი დანიშნულება, მათი მკვეთარი კლასიფიკაციური დიფერენციაცია გამწვლეულია იმიტომ, რომ პიდროკვანძების მრავალრიცხოვან სქემებში ეს ნაგებობები ასრულებენ ერთმანეთისათვის დამახასათებელ ფუნქციებს: წყალჩასაშვები, გარდა თავისი ძირითადი მოვალეობისა, მონაწილეობს მაქსიმალური წყლების გატარებაში; წყალსაგდებების შესასვლელი ბერეტები შეიძლება მოეწყოს სიმალღებე რამდენიმე იარუსად და მაშინ ისინი გამოდგება წყალჩასაშვებადაც; წყალჩასაშვებმა შეიძლება შეასრულოს წყალგამომშვების (წყალმიმღების) ფუნქცია და ა. შ.

სწორკუთხა ზედაპირული და სიღრმული წყალსაშვებო ბერეტების ზომები დგინდება ნორმატიული მითითებების საფუძველზე [39, გვ. 25, დან. 6].

§ 28. 1. წყალსაგდები ნაგებობები

წყალსაგდებების ძირითადი დანიშნულებაა საინგარიშო $p\%$ აღბათობის მაქსიმალური ხარჯის ქვედა ბიეფში უსაფრთხო გატარების უზრუნველყოფა.

მე. 1. 1. წალსაგდებების საანგარიშობის ძირითადი მაჩვენებლები

მუდმივი სამდინარო ჰიდროტექნიკური ნაგებობების დაპროექტებისას წყლის მაქსიმალური ხარჯის საანგარიშო $p\%$ უზრუნველყოფა (ანუ აღმატების ყოველწლიური ალბათობა) დგინდება ნაგებობების კლასის შესაბამისად [39, გვ. 4] (ცხრილი 23.1).

ცხრილი 23.1

საანგარიშო შემთხვევა	საანგარიშო მაქსიმალური ხარჯის აღმატების ყოველწლიური ალბათობა ($p\%$) ნაგებობის კლასის შესაბამისად			
	I	II	III	IV
ძირითადი	0,1	10	3,0	5,0
შესაშოწმებელი	0,01*	0,1	0,5	1,0

* საგარანტიო შესწორების მხედველობაში მიღებით (§ 7.4).

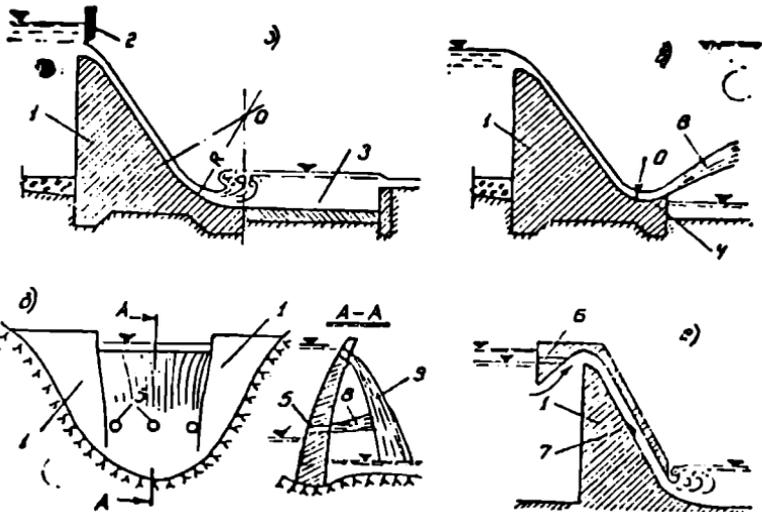
მაქსიმალური წყალი, რომელიც ჰიდროკვანძმა უნდა გაატაროს ქვედა ბიუფში განისაზღვრება ამ ცხრილის შესაბამისი საანგარიშო მაქსიმალური $Q_{p\%}^{max}$ ხარჯის (§ 7.3) მიხედვით და იმის გათვალისწინებით, რომ წყალსაცავში შეიძლება მოხდეს ამ ხარჯის ტრანსფორმაცია (§ 19.5).

წყალსაგდები ნაგებობების ტიპების, რაოდენობისა და წყალსაშვები ზერეტების ზომები შეიარჩევა ძირითადი საანგარიშო შემთხვევის პირობებში: წყალსაცავის პორიზონტი შეესაბამება ნორმალური შეტბორვის დონეს, სრულადაა გაღებული წყალსაგდები ნაგებობების ზერეტები, მეშაობს ყველა ტურბინა, ყველა სხვა წყალსაშვები ნაგებობა ფუნქციონირებს ნორმალური საექსპლუატაციო რეჟიმით.

საანგარიშო მაქსიმალური ხარჯის გატარების შესაშოწმებელი საანგარიშო შემთხვევა გულისხმობს წყალსაცავში ფორსირებული შეტბორვის დონის არსებობას და მთელ რიგ სხვა დაშვებებს [39, გვ. 4].

მე. 1. 2. წალსაგდებები კაშხლის ტანში

ბეტონისა და რკინაბეტონის კაშხლების შესწავლისას (თავი XXI) აღენიშნეთ, რომ, თუ არა რალაც განსაკუთრებული შემთხვევა, ეკონომიკურად ყოველთვის გამართლებულია წყალსაგდები კაშხლების განხორციელება ანუ წყალსაგდები ნაგებობების გათვალისწინება თავად კაშხალზე; დაბალდაწნევიანი ჰიდროკვანძების შემთხვევაში (§ 21.3.5) ასეთი გადაწყვეტა ერთადერთია.

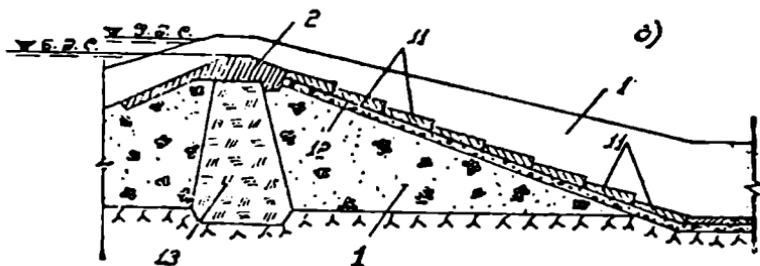
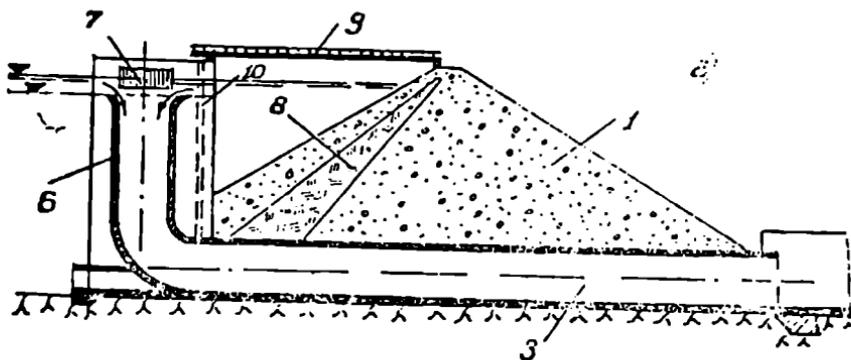
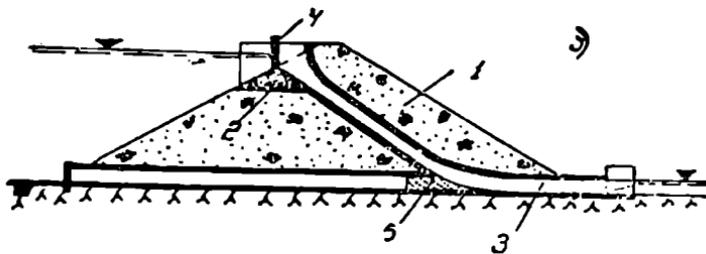


ნახ. 23.1. ბეტონის წყალსაგდები კაშხლების ძირითადი სახეები. ა—გრავიტაციული ზედაპირული საკეტო; ბ—გრავიტაციული უსაკეტო; გ—თაღოვანი ზედაპირული წყალსაგდებით; დ—საფონური; 1—კაშხლის ტანი; 2—საკეტი; 3—ენერჯის ჩ. შქარბი კა; 4—გრამპლინი; 5—წყილჩასაშვები; 6—უკუღრუპის შეწვევტის ზეკელი; 7—ნაშვერი (ცხვირი) წყალნაკლის გასტყორცნოდ სოფონრს ამოქმედების დროს.

წყალსაგდები გრავიტაციული კაშხლის თხემი მოხზება პრაქტიკული პროფილის წყილჩასაშვების კოორდინატებით, კაშხლის ქვედა წახნაგი კი წყალსაგდების სათაეისთან მხებით შეუღლებული სწორხაზოვანი გაგრძელებაა (ნახ. 23.1, ა, ბ); ქვედა ნაწილში წყალსაშვებ წახნაგს აულღებენ წყალსაცემის სიბრტყესთან წრიული ზედაპირით ან აწყობენ სპეციალურ ტრამპლინს წყლის ნაკადის რაც შეიძლება შორს გატყორცნის მიზნით. ბეტონის გრავიტაციული კაშხლებისაგან განსხვავებით თაღოვან კაშხლებში წყალსაგდები ეწყობა თავისუფლად ვარდნილი ჰაელის პრინციპზე (ნახ. 23.1, გ).

წყალსაგდები კაშხლის ტანი შეიძლება მოეწყოს, როგორც საკეტებით, ასევე უსაკეტებოდ; ორივე ვარიანტს გააჩნია თავისი უპირატესობა. უსაკეტო (თავისუფალი) წყალსაგდები მოსახერხებელია იმით, რომ წყლის თუ მტურავი სხეულების ქვედა ბიფეში გატარება (გადაღდება) სრულდება ავტომატურად, წყალსაცეში წყლის დონის აწევასთან ერთად; საკეტებისა და მათი მექანიზმების უქონლობა იძლევა მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტს; წყალსაგდების მუშაობა არაა დამოკიდებული საკეტების ავტომატური მართვისა თუ მომსახურე პერსონალის

გამართულობა-ოპერატიულობაზე (რაც ასე მნიშვნელოვანია, მაგალითად, წვიმის სწრაფი წყალშოვარდნების დროს). თავის მხრე საკეტებიანი ვარიანტის დიდი უპირატესობა საკეტების მანევრირებით წყალსაცავში წყლის ჰორიზონტის რეგულირების საშუალება, წყლის უფრო



ნახ. 23.2. წყალსაგლებზე გრუნტის კაშხლების ტიპში. ა-მილსებრი წყალსაგლები ზღაპირული წყალშოვანებით; ბ-მილსებრი წყალსაგლები კოშკური წყალშოვანებით; გ-გრუნტის წყალსაგლები კაშხალი; 1-კაშხლის ტანი; 2-ბეტონის წყალსაგები ზღერბლი; 3-ფსევრული შილი; 4-საკეტი; 5-ბეტონის საცობი; 6-კოშკი; 7-წრელი საკეტი; 8-გრუნტის ეკრანი; 9-სასამსახერო ხილი; 10-საიერაციო შილი; 11-რკინაბეტონის ფილები; 12-სიგები-ფენა; 13-გრუნტის გული.

მაღალი გამტარუნარიანობა, მეურავი სხეულების დაქერის შესაძლებლობა და სხე.

კაშხლის ტანში წყალსაგდების თავისებური ს. ხეობაა სი ფონური წყალსაგდებში, რომელსაც აწყობენ უშუალოდ კაშხლის ტანში ან მის ქვედა წახნაგზე (ნახ. 23.1, ლ) [11, ნაწ. I, გვ. 53; 25, ნაწ. II, გვ. 9].

როგორც დავინახავთ, გრუნტის კაშხლების შემთხვევაში უპირატესობას ანიჭებენ წყალსაგდებებს კაშხლის ტანის გარეთ (§ 23.1.3). ამისთანავე პილროტეჟნიკის პრაქტიკაში მრავლადაა მაგალითები, როდესაც წყალსაგდებები მოწყობილია უშუალოდ გრუნტის კაშხლის ტანში. მილისებრი წყალსაგდებები (ნახ. 23.2, ა, ბ), ჩვეულებრივ, გამოაყენება დაბალი სიმაღლის გრუნტის კაშხლებში, იშვიათად კაშხლებში 60...80 მ-მდე სიმაღლით. წყალსაგდებს ეს სახელწოდება აიხსნება იმით, რომ მისი საგდები ნაწილი შედგება ფსკერული მილსადენებისაგან (შესრულებული რკინაბეტონისაგან წრიული, ოვალური ანდა სწორკუთხეა გახივკვეთებით). ექსპლუატაციის პერიოდში გრუნტის კაშხლების დაჯლომისას წყალსაგდების მილსადენების ღეფორმაციის თავიდან აცილების მიზნით მათ ათავსებენ მკვირვ ფუძეებზე. კონტაქტური ფილტრაციის საწინააღმდეგოდ საჭიროა განხორციელდეს მილსადენების კაშხლის ტანთან და ფუძესთან საიშედო შეუღლება, მილისებრი წყალსაგდების სათავე (შესასვლელი) ნაწილი შეიძლება მოეწყოს სხვადასხვა სქემით (ნახ. 23.2, ა, ბ): ზედაპირული წყალმიმღებით, კოშკის სახით თუ სხვ. კოშკურ მილისებრი წყალსაგდებში წყალდიდობის ხარჯები შედის წყალსაცავში აღმართულ კოშკში, რომელსაც აქვს ან ზედაპირული თხელკედლიანი წყალსაშვები, ან წყალმიმღები ხერხები; კოშკში შეკრებილი წყალი გამყვანი მილსადენებით გატარდება ქვედა ბიეფში. კოშკი სასამსახურო ხილით უკავშირდება კაშხლის თხემს.

შიუხედავად იმისა, რომ გრუნტის კაშხლებში დაუშვებელია თხემზე წყლის გადატარება, ამგვარ მიმდინარეობს კვლევა წყალსაგდები გრუნტის კაშხლების დასაწერად (ნახ. 23.2, გ). იდეა იმაში მდგომარეობს რომ გრუნტის კაშხალზე მოეწყოს სპეციალური წყალსაშვები ნაწილი რომლის თხემი და წყალსაშვი წახნაგი სათანადოდ გამაგრდება ქვების ყრილით, გაბიონებით ან რკინაბეტონის ფილებით [11, ნაწ. I, გვ. 597; 14, გვ. 326].

23. 1. 8. წყალსაგდებები კაშხლის ტანის გარეთ

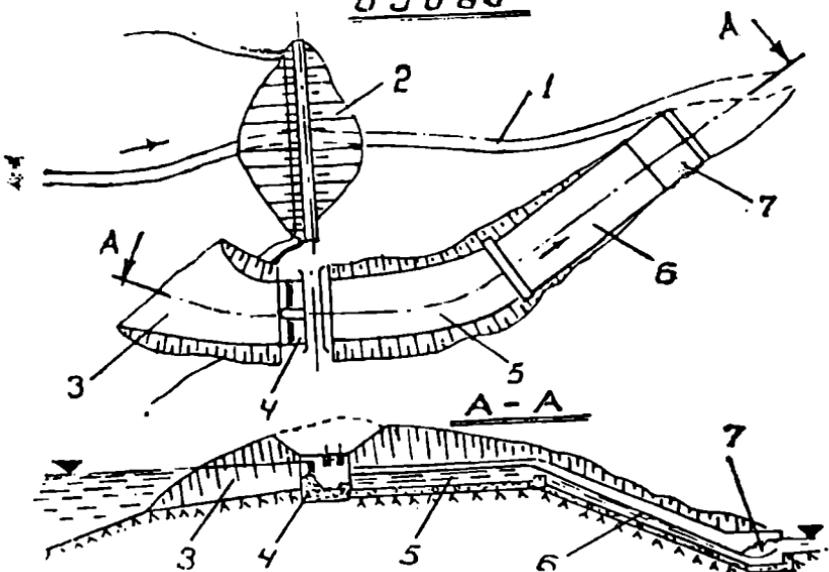
წყალსაგდები კაშხლის ტანის გარეთ ანუ ე. წ. სანაპირო წყალსაგდები ეწყობა კაშხლის უშუალო მახლობლობაში ან მისგან დაშორებით. ასეთი წყალსაგდებები ზოგადად წარმოადგენენ რთულ და ძვირად ღირებულ ნაგებობებს და მათი მოწყობა გამართლებულია მხოლოდ ტექნიკურ

-ეკონომიკურად დასაბუთებულ ან აუცილებელ პირობებში: პილროკვანძებში გრუნტის კაშხლებით; როცა ხეობა კაშხლის გასწორში იმდენად ვიწროა, რომ კაშხლის თხემს სიგრძე არაა საკმარისი საანგარიშო მაქსიმალური ხარჯის გასატარებლად; როდესაც უშუალოდ კაშხლის-ქვემოთ განლაგებულია რაიმე ნაგებობა; პილროკვანძებში, რომლებშიც სამშენებლო გვირაბები შემდგომში გამოიყენება წყალსაგდებებად და ა.შ.

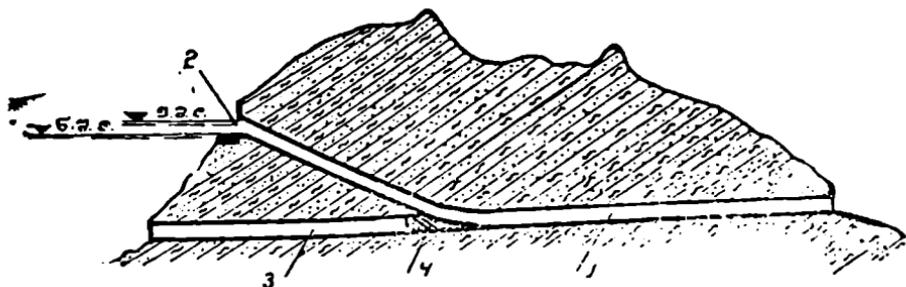
ნებისმიერი სანაპირო წყალსაგდები შედგება სათავე (შესასვლელი). საგდები და ბოლო (გამოსასვლელი) ნაწილისაგან. წყალსაგდებების კლასიფიკაციას ახდენენ შემადგენელი ნაწილების თავისებურებათა შესაბამისად, წყლის მოძრაობის რეჟიმის მიხედვით და სხვ. ქვემოთ მოყვანილი მასალა შეტნაკლებად პასუხობს სანაპირო წყალსაგდებების კლასიფიკაციის საგდები ნაწილის საფუძველზე.

● ღია სანაპირო წყალსაგდები არხები ყველაზე უფრო ხშირად გამოიყენება გრუნტის კაშხლების შემთხვევაში (ნახ. 23.3). მათი მთავარი კვანძებია: მიმყვანი არხი, წყალსაშუები ზღურბლი (ფართო-ზღურბლიანი ან პრაქტიკული პროფილის, რომლის დანიშნულებაცაა წყალსაგდები ხარჯებისა და წყალსაქაის პოროზონტის რეგულირება), შუილედური არხი, საგდები ნაწილი (სწრაფდენის, მრავალსაფეხურიანი ვარდნილის, კონსოლის ან კომბინირებული სახით), ბოლო ნაწილი

ბ ე მ მ ა



ნახ. 23.3 ღია სანაპირო წყალსაგდები არხი. 1—მდინარის კალაპოტი; 2—გრუნტის კაშხალი; 3—მიმყვანი არხი; 4—წყალსაშუები ზღურბლი; 5—შუილედური არხი; 6—საგდები ნაწილი (სწრაფდენი); 7—ენერჯის ჩაქრობე კა.



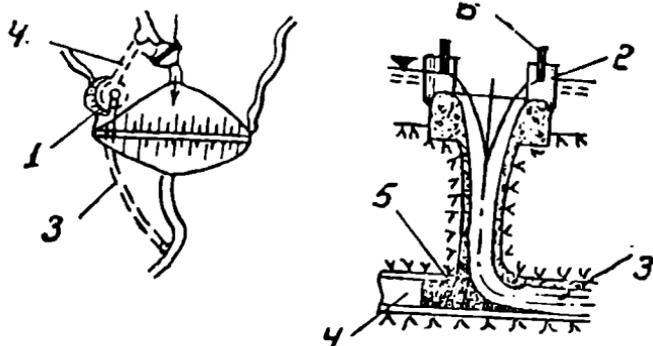
ნახ. 23.4. გვირაბული წყალსაგლები ზედაპირული წყალმიწებში. 1—წყალსაგლები გვირაბი; 2—ზედაპირული წყალმიწები; 3—სამშენებლო გვირაბის ნაწილი; 4—ბეტონის საცობი.

(ენერჯის ჩამკრობი ნაგებობა, გამყვანი არხი). ასეთი ტიპის წყალსაგლების დაპროექტების დროს არხის ტრასას თუ სიმაღლით ნიშნულებს განსაზღვრავენ იმის გათვალისწინებით, რომ წყალსაგლები განლაგდეს მდგრად და არაწარეცხვად გრუნტებში, მიწის სამუშაოები იქნეს მინიმალური, ქვედა ბიეფში გამოსავალი ნაწილი დაშორდეს კაშხალს იმდენად, რომ არ შეიქმნას კაშხლის ქვევიდან გამორეცხვის საშიშროება, წყლის სიჩქარე საგლებ ნაწილში (სწრაფდენი, ვარდნილი თუ სხვა) არ აღემატებოდეს მისი მასალის არაჩამრეცხ სიჩქარეებს.

ღია სანაპირო წყალსაგლები არხების საგლები ნაწილი მეტწილად სწრაფდენის სახით ხორციელდება. სწრაფდენი არის ბეტონის (რკინაბეტონის) ტრაპეციული ან მართკუთხა განივკვეთის არხი 3...8%-მდე კანობით და უფრო მეტიც. წყალი სწრაფდენზე მოძრაობს მხოლოდ რედუციით. დინების მნიშვნელოვანი სიჩქარეების დროს იწყება წყლის ნაკადის თვითაფრირების პროცესი; შედეგად იზრდება ნაკადის სიღრმეები, შვირდება სწრაფდენის გამტარუნარიანობა, რაც უნდა იქნეს გათვალისწინებული პროექტებისას.

● მთავორიანი რელიეფის პირობებში ვიწრო ხეობებითა და ციცაბო ფერდობებით უფრო მოსახერხებელია გვირაბული წყალსაგლების მოწყობა; ასეთად იწოდება წყალსაგლებები, რომელთა საგლები ნაწილი წარმოდგენილია დახრილი ან პორიზონტთან აბლო კანობის გვირაბით (ნახ. 23.4). წყალსაგლების გვირაბული ვარიანტი მთ უფრო მოშვებია, როდესაც საგლებ ნაწილად გამოიყენება სამშენებლო გვირაბები. გვირაბულ წყალსაგლებებს მიმართავენ მაღალდაწნევიან ჰიდროკვანძებში, იშვიათად — ჰიდროკვანძებში საშუალო დაწნევით.

გვირაბული წყალსაგლების სათავე (შესასვლელი) უზნის კონსტრუქციული გადაწყვეტა შეიძლება იყოს მრავალგვარი და ძირითადად გახშირობებულია რელიეფითა და გეოლოგიური გარემოთი. გვირაბული



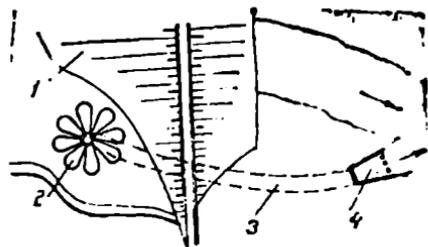
ნახ. 23.5. შახტური წყალსაგდები წრიული წყალსაშეხით. 1—წყალსაშეხი; 2—წყალშიშპართეული ბურჯები; 3—წყალსაგდები გვირაბი; 4—საშენებლო გვირაბის ნაწილი; 5—ბეტონის საცობი; 6—საკეტე.

წყალსაგდები, რომელიც წარმოდგენილია 23.4 ნახაზზე, შესრულებულია ზედაპირული წყალშიმღების ტიპის სათავით; ციცაბო ფერდობების პირობებში წყალსაგდების სათავე ნაწილი ზოგჯერ მიზანშეწონილია შესარულდეს წყალსაცავში წყლის კიდის გასწვრივ მოთავსებული ტრანშეის ტიპის წყალსაშეხის სახით, რომელშიც წყალი ვარდება ერთი ან ორი მხრიდან და მას ტრანშეის ტიპის წყალსაგდებსაც უწოდებენ [11, 12, 14, 25]. ორივე განხილულ მაგალითში წყალსაგდების შემადგენლობაში გამოყენებულია საშენებლო გვირაბის ნაწილი, გამოყოფილი ბეტონის საცობით.

● შახტური წყალსაგდების ტიპის მთავარი და განმასხვავებელი ნაწილია ვერტიკალური ან ციცაბოდ დახრილი შახტა (ნახ. 23.5). ამ ტიპის წყალსაგდების ძირითადი კვანძებია წყალსაშეხი ძაბრი (წრიული, არასრული წრიული, „ფურცლოვანი“ თუ სხვა მოხაზულობის), შახტი (ვერტიკალური, დახრილი), მუხლი და გამყვანი გვირაბი; უკანასკნელი, ჩვეულებრივ, არის საშენებლო გვირაბის მონაკვეთი.

შახტური წყალსაგდების თხემს აწყობენ წყალსაცავის ნორმალური შეტბორვის დონის ნიშნულზე (ნ შ დ), ამიტომ მისი ჩართვა მუშაობაში ავტომატურად ხდება. თუ სხვადასხვა მოსაზრებების გამო წყლის ჰორიზონტის აწევა ნ შ დ-ზე მაღლა დაუშვებელია, მაშინ თხემს ნიშნავენ უფრო დაბლა და მასზე აწყობენ საკეტებს. წრიული წყალსაშეხი ძაბრის გარე რადიუსი ათეული მეტრებით ფასდება, ამიტომ ძაბრის განლაგებისათვის სათანადო ტოპოგრაფიული ადგილის შერჩევას დიდი მნიშვნელობა აქვს კლდე-მიწის სამუშაოთა მოცულობის თვალსაზრისით. ციცაბო ფერდობების პირობებში ასეთი ადგილის მონახვა შეიძლება გაკირდეს და მაშინ უფრო გამართლებულია არასრული წრიული ფორ-

შის ძაბრის განხორციელება. ზოგჯერ წრიული ძაბრის წყალსაშეებო ფრონტის სიგრძე ჰიდრაულიკური გაანგარიშებით გამოდის ძალიან დიდ და პრაქტიკულად შეუძლებელია მისი განხორციელება; ასეთ შემთხვევებში შესაძლებელია იგარეთწოდებული



„ფურკლოვანი“ წყალსაშეების მოწყობი (ნახ. 23.6), რომელიც საშუალებას იძლევა მივიღოთ წყალსაშეები ფრონტის დიდი სიგრძე გეგმაში ნაგებობის ზომების შეუცვლელად [11, 69].

ნახ. 23.6. შახტური წყალსაგდები „ფურკლოვანი“ ტიპის წყალსაშეებით. 1--კაშხალი; 2--წყალსაშეები; 3--წყალსაგდები გვირაბი; 4--გამოსასვლელი ნაწილი.

გარკვეული ჰიდრაულიკური რეჟიმის პირობებში ძაბრში და შახტში მოსალოდნელია წყლის ხრახნილური მოძრაობის წარმოშობა, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს წყალსაგდების გამტარუნარიანობას. აღნიშნულის თავიდან აცილების მიზნით ძაბრის ზღურბლზე ეწყობა რადიუსის მიმართულების რკინაბეტონის ბურჯები.

● თუ წყალსაშეები ძაბრის განლაგება ციცაბო ფერდობზე პრაქტიკულად არ ხერხდება, შესაძლებელია კოშკური გვირაბული წყალსაგდების მოწყობა, რომელიც მუშაობის პრინციპით კოშკური მილისებრი წყალსაგდების ანალოგიურია (ნახ. 23.2, ბ).

§ 23. 2. წყალჩასაშვები ნაგებობები

როგორც უკვე ვიცით, წყალჩასაშვებების მთავარი დანიშნულებაა უზრუნველყოს წყალსაცავის ნაწილობრივი ან შთლიანი დაცვა; მათ ეკისრებათ აგრეთვე მაქსიმალური ხარჯების გარკვეული ნაწილის გადაგდების ფუნქცია. წყალჩასაშეები შეიძლება მოეწყოს კაშხლის ტანის გარეთ ან მის შიგნით. კაშხლგარეთა ვარიანტი ფრიალ იშვიათია, ამიტომ აქ განვიხილავთ მხოლოდ წყალჩასაშვებებს კაშხლის ტანში.

ბეტონისა და რკინაბეტონის გრავიტაციულ, თაღოვან და კონტრაფორსულ კაშხლებში წყალჩასაშვებებს წარმოადგენენ მათ ტანში ერთ ან რამდენიმე იარუსად მოწყობილი ხერხები, უპირატესად წრიული განივკვეთის (ნახ. 23.1, გ). წყალჩასაშვების განივკვეთის ფართობი განისაზღვრება ჰიდრაულიკის ცნობილი მეთოდებით. მაგრამ ამასთანავე საჭიროა კაშხლების სიმტკიცის პირობების გათვალისწინება: წყალჩასაშვების განივი ზომა არ უნდა აღემატებოდეს (0,5...0,6) ჯ.ს. სადაც ρ არის მანძილი მეზობელ მუდმივ დეფორმაციულ (კონსტრუქციულ) ნაკერებს შორის. წყალჩასაშვებს კონტურზე ატანენ არმატურას. 50 მ-ზე

მეტი დაწინებისა და დიდი სიჩქარეების (20...25 მ/წმ და მეტი) პირობებში წყალჩასაშვებ ხერხელს უკეთებენ ფოლადის მოკეთებას. წყალჩასაშვების შესასვლელი ნაწილი უნდა იყოს მდოვრე (გარსშემოდენილი) მოხაზულობის; ამ ნაწილის ფორმას და კონსტრუქციას მეტწილად განსაზღვრავს შერჩეული საკეტების ტიპი. უკანასკნელხანს, ხერხეტიდან გამოდენილი წყლის ქაელის კინეტიკური ენერჯიის წარმატებითი ჩაქრომის მიზნით წყალჩასაშვებებს აძლევენ სათანადო მიმართულებას [73, გვ. 19].

§ 28. 8. წყალმიმღავი ნაგებობა

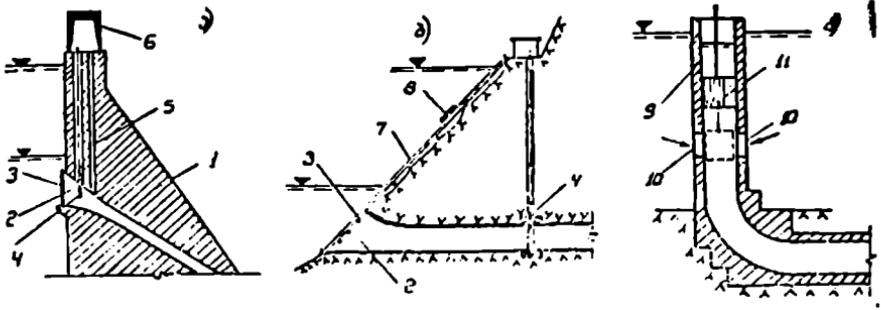
წყალმიმღები (წყალგამომშვები) ნაგებობების დანიშნულებაა წყლის აღება წყალსატრევიდან ან წყალდენიდან (მდინარე, არხი) და მისი შეუფერხებელი მიწოდება წყალსამეურნეო მიზნისათვის.

წყალმიმღებისა და წყალმიმღები ნაგებობების კლასიფიკაცია შესაძლებელია მრავალ საფუძველზე: გახსნავებულა წყლის მიღების წყაროები, წყლის აღების ხასიათი და მასშტაბი; არსებობს მრავალი ერთმანეთისაგან მეტ-ნაკლებად განსხვავებული კონსტრუქციული გადაწყვეტა, წყლის მიღება ხდება კომპლექსური დანიშნულებისათვის და სხვ. ამ შემოვიფარგლებით მხოლოდ იმ წყალმიმღებით, რომლებიც წყალს იღებენ წყალსაცავიდან ან უშუალოდ მდინარიდან. წყლის აღების პილრაელიკური პრინციპის შესატყვისად ისინი შეიძლება გაერთიანდნენ ორ დიდ ჯგუფოდ: კაშხლიანი წყალმიმღებები ანუ წყალმიმღებები კაშხლიანი პილროკვანძების შემადგენლობაში, უკაშხლო წყალმიმღები ანუ წყალმიმღებები უკაშხლო პილროკვანძებში.

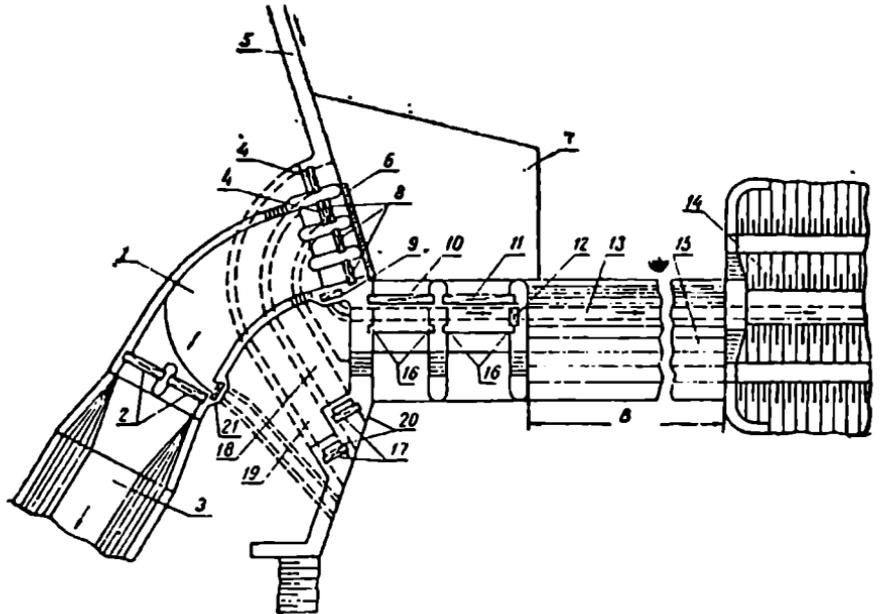
§8. 8. 1. კაშხლიანი წყალმიმღებები

თუ ამ ჯგუფის კლასიფიკაციისთვის ასევე მივმართავთ პილრაელიკურ საწყისებს, მაშინ კაშხლიანი წყალმიმღებების დაყოფა მოხერხებული იქნება სიღრმული (დაწინებით) და ზედაპირული (უდაწინეო) წყალმიმღებების სახით.

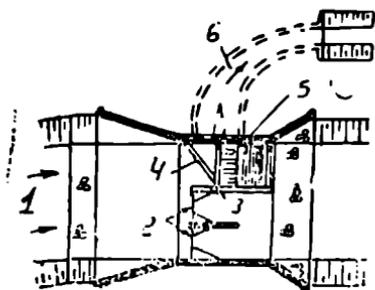
● სიღრმულ ანუ დაწინებით წყალმიმღებებს აწყობენ იმ შემთხვევებში, როდესაც წყლის დონე წყალსაცავში ცვალებადობს დიდ საზღვრებში. წყლის აღება წარმოებს დაწინებით წყალსატარებით (მიღებით ან გვირაბებით). ასეთი წყალმიმღები შეიძლება მოეწყოს უშუალოდ კაშხლის ტანში, ნაპირის ციკაბო ფერლობზე ან კოშკის სახით (ნახ. 23.7). სიღრმული წყალმიმღები ხერხეტი უნდა მოთავსდეს წყალსაცავის მინიმალური (მკედარი) პორიზონტის დაბლა, მაგრამ ნატანის დაღიქვის საანგარიშო დონეზე მაღლა.



ნახ. 23.7. სიღრმული (დაწნეით) წყალმიღების ძირითადი სახეები. ა—წყალმიღები კაშხლის ტანში; ბ—წყალმიღები ციკაბო ფერდობზე; გ—კოშკური წყალმიღები; 1—კაშხლის ტანი; 2—წყალმიღების შესასვლელი; 3—გისოსი; 4—ხაკეტი; 5—საფრაციო მილი; 6—ამწე; 7—უიწრო ლიანდაგი; 8—ნაგვის საწმენდი ურდო; 9—კოშკი; 10—წყალმიღები ბერელები; 11—წრიული (ცილინდრული) საკეტი.



ნახ. 23.8. კაშხლიანი გვერდითი წყალმიღები ნატანდამჭერი (ნდ) გალერეებით. 1—წყალმიღები; 2—არხის საკეტები; 3—არხი; 4—საკეტები ნდ გალერეების შესასვლელში; 5 კელამპარათევი კედელი; 6—მოსასნელი გისოსი; 7—ბეტონის ძირული; 8—წყალმიღების საკეტები; 9—დიუერის საკეტი; 10, 11—კაშხლის გამრტები ბერეტების საკეტები; 12—დიუერის სარეზერვო საკეტი; 13—დიუერი; 14—კაშხლის ურდ ნაწილი; 15—კაშხლის წყალსაშვები ნაწილი; 16—საშანდორე კილოები; 17—საკეტები ნდ გალერეებზე გამოსასვლელში; 18, 19—ნდ გალერეები; 20—ნდ გალერეების საშვარი კები; 21—წყალმიღების გამრტები.



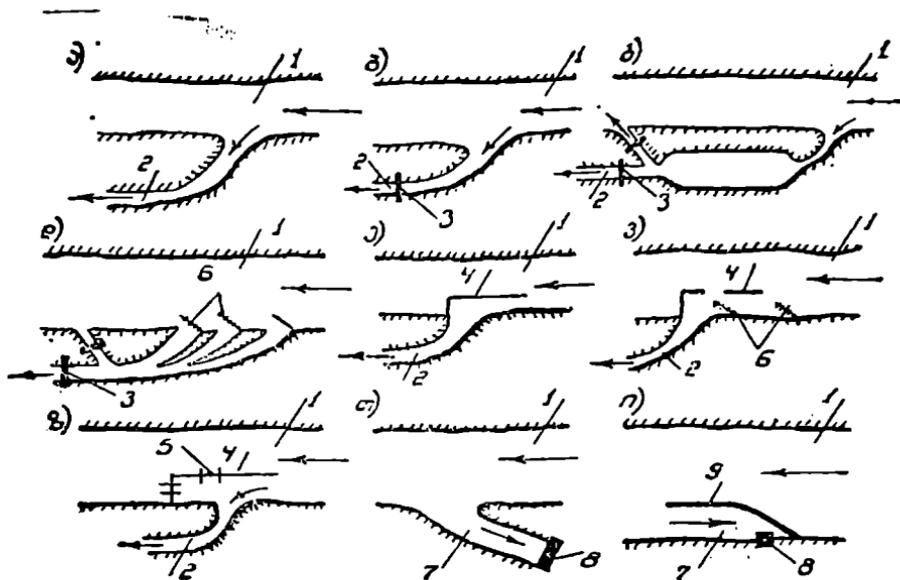
ნახ. 239. საშოო ტიპის წყალმომღებო. 1—მიმყვანი კალაოტო; 2—წყალსაგდები ხერხტები (მალბები); 3—გაბრეცხი ხერხტი; 4—ნატანმომპაროველი ზღურბლი; 5—წყალმომღები გალერეა ფსკერული ფისოსით; 6—წყალსატარი

ლერეებით. იგი გათვალისწინებულია წყლის ასაღებად ისეთი მდინარეებიდან, რომელთაც მოაქვთ დიდი რაოდენობის ფსკერული ნატანი. ამ ტიპის წყალმომღების მუშაობა ემყარება მდინარის ნაკადის განივი ცირკულაციისა და ნაკადის მიერ ზღუდეთა გარსშემოდენის მოელენების ეფექტურ გამოყენებას: როდესაც კაშხლის გამრეცხი ხერხტები ჩაკეტილია, წყალმომღების წინ წარმოიქმნება წყლის ნაკადის ისეთი პირობები, რომელიც გადაადგილებს ფსკერულ ნატანს ნატანდამკერი გალერეების შესასვლელი ხერხტებისაკენ; ამის შედეგად წყალსატარ არხში გაედინება ფსკერული ნატანისაგან გასუფთავებული წყალი. წყალმომღების ნორმალური მუშაობისათვის აუცილებელია ექსპლუატაციის გარკვეული წესის განუხრელი დაცვა.

უდაწნეო წყალმომღების ჯგუფს შეიძლება მივაკუთვნოთ ფსკერულგისოსიანი ანუ ე. წ. საშოო ტიპის წყალმომღები (ნახ. 239). იგი გამოიყენება მდინარეთა მაღალმთიან და მთიან უბნებზე, სადაც წყლის აღება დაკავშირებულია გარკვეულ სიძნელეებთან. საშოო ტიპის წყალმომღებებში წყლის აღება ხდება წყლის ნაკადის ქვედა ფენებიდან ფსკერულგისოსიანი გალერეის მეშვეობით.

23. 3. 2. უაპარული წყალმომღები

როგორც დასახელება ცხადყოფს, ასეთად მიჩნეულია წყალმომღები კვანძები, რომლის შემადგენლობაში არაა კაშხალი და წყლის აღება ხორციელდება უშუალოდ მდინარის ზედაპირული ან სიღრმული ფენე-



ნახ. 23.10 ზედაპირული უკაშხლო წყალმიმღების სხეულები. ა, ბ, გ, დ — გვერდითი უკაშხლო წყალმიმღებები; ე, ვ, ზ — ფრონტალური უკაშხლო წყალმიმღებები; თ, ი — ჩამჩიანი (ციცხვისებური) წყალმიმღებები; 1 — მდინარის კალაპოტი; 2 — არხი; 3 — სათავეს ნაგებობა (ჩუგუტორი); 4 — დეზი; 5 — საგდები; 6 — ნაკადმომშორთველი ფარეზი; 7 — ტიხვი (ჩამჩი); 8 — სატუმბო სადგური; 9 — უბიერი.

ზიდან: პირველ შემთხვევაში ესაა ზედაპირული უკაშხლო წყალმიმღები, ხოლო მეორეში — სიღრმული უკაშხლო წყალმიმღები [16, 25, 53, 74]. უკაშხლო წყალმიმღებების მოწყობა შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც მდინარის ჩამონადენის ბუნებრივი რეჟიმი და წყლის დონე წლის განმავლობაში (ან წლის საანგარიშო პერიოდებში) საშუალებას იძლევა შეუფერხებლად მივიღოთ წყლის საანგარიშო ჩარჯი.

● ზედაპირული უკაშხლო წყალმიმღები სრულდება მრავალი სქემით და შეთანწყობით (ნახ. 23.10). მდინარის ხეობის, კალაპოტის ხასიათისა თუ წყლის დონის რეჟიმის შესატყვისად წყლის აღება შეიძლება განხორციელდეს გვერდულად, ფრონტალურად, მდინარის დონების მიმაოთულებით და მის საწინააღმდეგოდ, ხიინეინრო ნაგებობების გამოყენებით ან მის გარეშე და სხვ. ყველაზე პრიმიტიულია ისეთი ერთ და მრავალსათავეანი წყალმიმღებები, რომელთაც არაფიოთარო საინეინრო ნაგებობა არ გააჩნია.

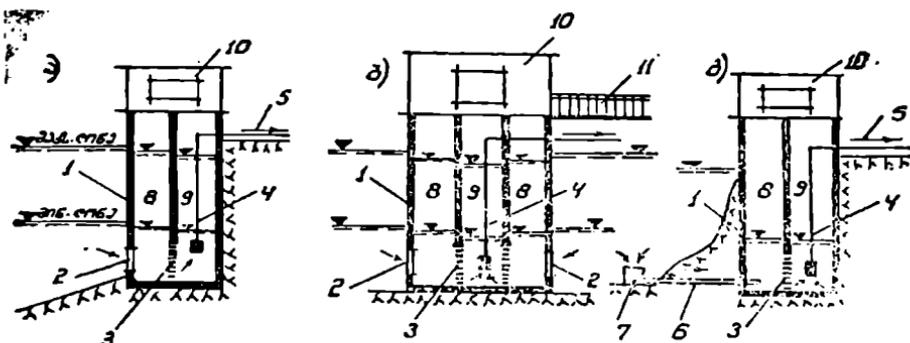
წყლის მიღების პიდრავლიკური პირობების გაუმჯობესების მიზნით უკაშხლო წყალმიმღებებში აწყობენ მარტივი კონსტრუქციის საინეინრო ნაგებობებს: წყალმიმღები არხის შესასვლელთან აშენებენ დეზს, რომე-

ლიც ქქნის ერთგვარ შეტბორვას და ზრდის წყლის აღების საიმედოობას წყალმიმღებში მოხვედრილ ნატანთან ბრძოლის მიზნით ზოგჯერ წყალსაღენ არხზე ითვალისწინებენ მიწის საღეპარს და გამრეცხ არხს; წყალმიმღები არხის შესასვლელის წინ წყლის სასურველი ციკულაციის შესაქმნელად მდინარეში განალაგებენ ზედაპირულ ან ფსკერულ ნაკადმიმართველ ფარებს და სხვ.

წყალმომარაგების დანიშნულების უკაშხლო ზედაპირული წყალმიმღებების თავში ხშირად ეწყობა ფართო აუზი — ჩაშჩა (ციცხვი); ჩაშჩაში უკაშხლო წყალმიმღების უპირატესობა იმაში ძდგომარეობს, რომ ჩაშჩის ზონაში ხდება შეწონილი ნატანის დაღეპვა, რომელიც დაგროვებისთანავე გააქვთ ამოხაპვით [53, ნაწ II, გვ. 77].

● იმ შემთხვევებში, როდესაც მდინარის მალალი ნაპირები აძნელებს ან შეუძლებელს ხდის ზედაპირული წყალმიმღების განხორციელებას, მიმართავენ სიღრმულ უკაშხლო წყალმიმღებს ვარიანტს. ასეთი წყალმიმღები უპირატესად გამოიყენება წყალმომარაგებაში და გათვალისწინებულია შედარებით მცირე ხარჯების ასახებად. მდინარეში წყლის დონის რეჟიმისა და ხეობის განივკვეთის თავისებურებათა შესაბამისად არსებობს სიღრმული უკაშხლო წყალმიმღების რამდენიმე სქემა [25, ნაწ. II, გვ. 105; 53, ნაწ. II, გვ. 52]:

— თუ მდინარეს აქვს ციკაბო ფერდობები, ხოლო ნაპირებთან წყლის სიღრმე უზრუნველყოფს საჭირო რაოდენობის წყლის მიღებას, მაშინ წყალმიმღების კას ათავსებენ მდინარის ნაპირთან (სანაპირო სიღრმული უკაშხლო წყალმიმღები; ნახ. 23.11, ა); კაში წყლის მიღება ხდება მდინარის მხრიდან მოთავსებული სიღრმული ხერტებით (ფანჯრებით):



ნახ. 23.11. სიღრმული უკაშხლო წყალმიმღების სახეები. ა — სანაპირო; ბ — კუნძულის ტიპი; გ — თვითდინებითილიანი; 1 — კა; 2 — სიღრმული წყალმიმღები ფანჯრები; 3 — გესოსი; 4 — შემწოვი მილი; 5 — ტუმბოსაყენი; 6 — თვითდინებითი (წყალმიმღები) მილი; 7 — წყალმიმღები მილის სათავისი; 8 — წყალმიმღები კაშხრა; 9 — შემწოვი კაშხრა; 10 — სასამსახურო სათავისი; 11 — სასამსახურო ხიდი.

— ზოგჯერ ნაპირთან წყლის მიღება არ ხერხდება და მაშინ იძულებული არიან კა განალაგონ უშუალოდ მდინარის კალაპოტში ნაპირიდან საკმაო მანძილზე (კუნძულის ტიპის სიღრმული უკაშხლო წყალშიმღები; ნახ. 23.11, ბ); წყალმიმღების ფანჯრები კეთდება კის ირგვლივ; კა გეგმაში უმეტესწილად წრითული ფორმისაა. იგი ნაპირთან დაკავშირებულია ხიდით;

— განხილულ ორივე სტემაში წყლის მიღება ხორციელდება კის სიღრმული ხერცტებით; ამისგან განსხვავებით, მილიან თვითღინებით სიღრმულ უკაშხლო წყალმიმღებში (ნახ. 23.11, გ) წყლის აღება ხდება მილის სათავისი ხერცტით და წყალი თვითღინებით მიემართება კაში. სათავისის განალაგებენ ისეთ ნიშნულზე, რომ ის ზამთარში არ მოჰყვეს ყინულის საფარში და მასში ნაკლებად მოხედეს ფსკერული ნატანი.

კები, ჩვეულებრივ, წარმოადგენენ რკინაბეტონის ნაგებობებს მიმღები და შემწოვი კამერებით (ნახ. 23.11). კამერებს შორის მოთავსებულია გისოსიანი ხერცტი. კის სიმაღლე ინიშნება წყლის მაქსიმალური და მინიმალური პორიზონტების შესაბამისად. სატუმბო სადგურის შემწოვი მილი მოთავსებულია შემწოვი კამერაში.

XXIV ტ ა 30

ჰიდროტექნიკური საპიტმები

ჰიდრონაგებობათა წყალსაშეები ხერცტების მექანიკურ მოწყობილობაში გულისხმობენ სპეციალურ კონსტრუქციებს და მოწყობილობებს, რომელთა მეშვეობითაც ხდება წყალსაშეები ხერცტების ჩაკეტვა, ნაწილობრივი ან სრული გაღება, მოძრავი მექანიკური ნაწილების გადაადგილება, ნაგებობის ტანთან კონტაქტების წყალშეუღწევობის უზრუნველყოფა, მტურავი სხეულების ქვედა ბიეფში გატარება ან დაქერა [11, 25]; ეს კონსტრუქციები და მოწყობილობებია: საკეტები, ჩასატანებელი ნაწილები. ამწე-სატრანსპორტო მექანიზმები, ნაგავდამქერი გისოსები, გისოსების გასაწმენდი მოწყობილობა.

საკეტები წარმოადგენენ მოძრავ კონსტრუქციებს, რომლებიც უშუალოდ კეტავენ და აღებენ წყალსაშეებ ხერცტს და არეგულირებენ წყლის ხარჯის გატარებას. ჩასატანებელი მოწყობილობა ჩამაგრებულია ნაგებობის ტანში და უზრუნველყოფს საკეტების მიმართულ მოძრაობას, საკეტების საყრდენ-სავალი ნაწილიდან დატვირთვების ნაგებობაზე გადაცემას, პირაპირების წყალშეუღწევობას და სხვ.

§ 24. 1. საკეტების კლასიფიკაცია

საკეტებით გაწყობილ ნაგებობათა და საკეტებისადმი წაყენებულ მოთხოვნათა სხვადასხვაობამ განაპირობა საკეტების კონსტრუქციების სიზრავლე. საკეტების კლასიფიკაცია შესაძლებელია შედარების შრავალი კრიტერიუმის შესაბამისად: მათი დანიშნულება, მდებარეობა, ნაგებობაზე წყლის წნევის გადაცემის პრინციპი, საკეტზე წყლის გადატარების ხერხი, საკეტის ამძრავის ტიპი, საკეტის ძირითადი მასალის გვარობა, კონსტრუქცია.

დანიშნულების მიხედვით განარჩევენ ძირითად, სარემონტო, ავარიულ, სამშენებლო და სათადარიგო საკეტებს. ძირითად საკეტებს ეყისრებათ შუდიფივი საექსპლუატაციო სამსახური, სარემონტო საკეტების დანიშნულებაა წყალსაშვი ხერეტების გადაკეტვა ძირითადი საკეტის რემონტის დროს, ავარიული საკეტები გათვალისწინებულია წყალსაშვებ ხერეტების რაც შეიძლება სწრაფად გადაკეტვისათვის ავარიულ სიტუაციებში, სამშენებლო საკეტები გამოიყენება მშენებლობის პერიოდში, სათადარიგო საკეტს ინახავენ ძირითადი საკეტის შეცვლის საკიროებისათვის.

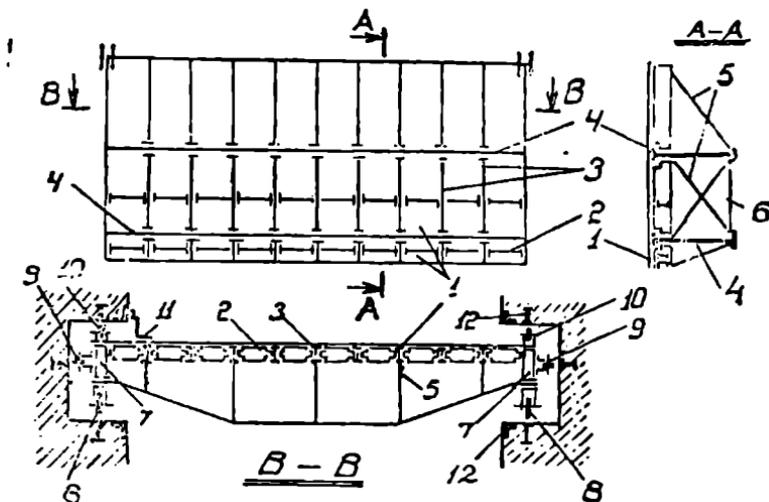
§ 24. 2. ზედაპირული ხვრელების საკეტები

ზედაპირული საკეტები გადახურავენ წყლის ზედაპირთან განლაგებულ წყალსაშვებ ხერეტებს და ხასიათდებიან იმით, რომ დაკეტილ მდგომარეობაში არ არიან მკალიანად ჩაძირული წყლის ჰორიზონტის ქვემოთ.

24. 2. 1. ბრტყელი ზედაპირული საკეტები

ბრტყელი საკეტები (ჟარები) ფართოდაა გავრცელებული, რაც აიხსნება მათი უნივერსალურობით, კონსტრუქციის, დამზადებისა და მონტაჟის სიმარტივით. ბრტყელ საკეტებს, ჩვეულებრივ, აკეთებენ ფოლადისაგან, იშვიათად — რკინაბეტონისაგან.

კონსტრუქციული თვალსაზრისით ფოლადის ბრტყელი საკეტი არის კოკოვანი სისტემა, რომლის ძირითადი მზიდი ელემენტია ჰორიზონტალური რიგელები (ნახ. 24.1); სადაწნო მზრიდან კოკოვანის სისტემა შემოსილია ფურცლოვანი ფოლადით. საკეტის სიშაღლეზე რიგელების განაწილება სრულდება მათი ტოლდატვირთულობის პრინცი-



ნახ. 24.1. ფოლადის ბრტყელი ზედაპირული საკეტის სქემა. 1—შემოსვა; 2—რიგელების პარალელური კოჭები; 3—განვი კოჭები; 4—რიგელზე; 5—განივი კაეშირები; 6—გრძივი კაეშირები; 7—საყრდენი კოჭები; 8—საყრდენ-სავალი ნაწილი; 9, 10—გვერდითი და უკანა საყრდენი და მიმართველი მოწყობილობები; 11—გვერდითი შემკიდრობა; 12—ჩასატანებელი ნაწილები.

პით; მანძილი საკეტის ზედიდან ნებისმიერი რიგელის ღერძამდე განსაზღვრება ფორმულით

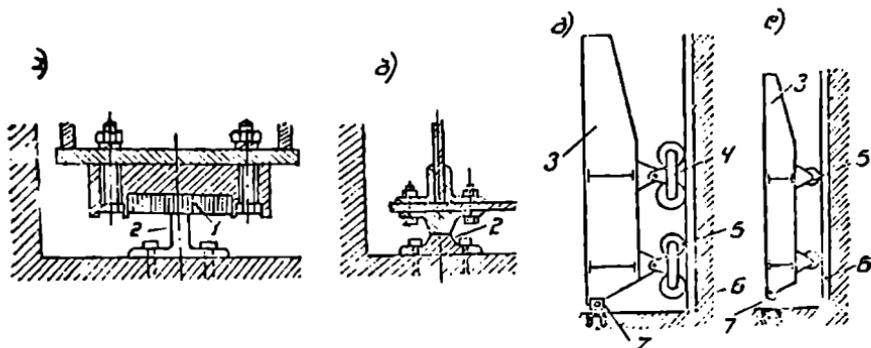
$$H_k = \frac{2}{3} \cdot \frac{H}{\sqrt{n}} \cdot [k^{3/2} - (k-1)^{3/2}], \quad (24.1)$$

სადაც H არის ბრტყელი საკეტის სიმაღლე;

n — რიგელების რიცხვი (2 და მეტი);

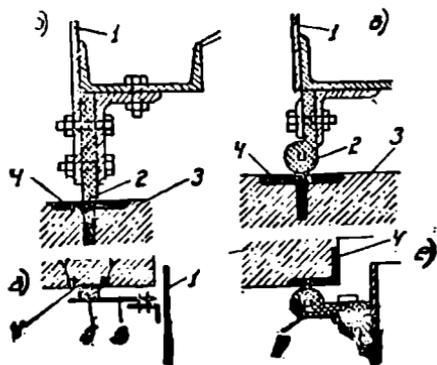
k — რიგელის რიგითი ნომერი საკეტის ზედიდან ათელისას.

ბრტყელი საკეტების საყრდენ-სავალი ნაწილი უზრუნველყოფს საკეტის მოძრაობას კილოებში და მასზე მოსული დიტვირთვების გადაცემას ნაგებობაზე. მოქმედების პრინციპის მიხედვით ისინი შეიძლება იყოს მოსრიალე ან ბორბლებიანი (ნახ. 24.2). მოსრიალე საყრდენ-სავალი ყველაზე უფრო ეკონომიკური და ექსპლუატაციაში საიმედო მოწყობილობაა. კილოებში საკეტების მოძრაობისას წარმოშობილი სრიალის ხახუნის შესამცირებლად საკეტის საყრდენ ღვარზე, აგრეთვე ბურჯის კილოებში, ამაგრებენ სპეციალური მასალისაგან დამზადებულ მოსრიალე ზედაპირებს. ბორბლებიანი საყრდენ-სავალის მთავარი უპირატესობა იმაში მდგომარეობს, რომ საკეტის მოძრაობისას



ნახ. 24.2. საყრდენ-სავალი ნაწილის ზეგნები. ა, ბ—მოსრიალე, გ, დ—ბორბლებიანი; 1—ხის შრეული პლასტიკის თავკაეი; 2—საყრდენი რელსი; 3—საკეცი; 4—მაბალანსირებელი ურიკეები; 5—ბორბლები; 6—რელსები; 7—შემკიდრობლები.

წარმოქმნილი ხახუნის ძალები რამდენიმეჯერ უფრო მცირეა და ამიტომ საკეტების მანევრირებას სკირდება შედარებით ნაკლები ამწევი ძალა.



ნახ 24.3. საკეტის შემკიდრობის სხეულები. ა, ბ—ფეკრული; გ, დ—გვერდითი; 1—საკეტის შემოსვა; 2—რეზინის მაპკიდრობელი; 3—წყალსაშვები მალის ზღურბლი; 4—ჩასატანებალი ნაწილები; 5—ფოლადის ფურცელი; 6—მაპკიდრობელი ხის ძელი.

საკეტის ნაგებობასთან კონტაქტის პირაპირის წყალუფონადობის უზრუნველსაყოფად კონტაქტის იდგილებში ეწყობა გვერდითი და ფსკერული შემკიდრობები (ნახ. 24.3); უშუალოდ შემკიდრობას უზრუნველყოფს ხის ძელი ან დაპროფილებული რეზინა; წყლის წნევით (გვერდითი შემკიდრობა) ან საკეტის წონით (ფსკერული შემკიდრობა) ისინი მიეჭირება ნაგებობაში ჩამაგრებულ (ჩასატანებელ) ნაწილს, რითაც უზრუნველყოფს წყალშეუღწევობას.

ფოლადის ბრტყელი საკეტების საკუთარი წონა (G) შეიძლება განისაზღვროს მიახლოებითი ემპირიული ფორმულით [11]

$$G = k \cdot (W \cdot L)^n, \quad (24.2)$$

სადაც W არის დატვირთვა საკეტზე, ტძ;

L — წყალსაშვები ხერტის სიგანე, მ;

k, n — ემპირიული კოეფიციენტები; სრილა საკეტებისათვის $k = 0,09$, $n = 0,73$; ბორბლებიანისათვის — $k = 0,12$, $n = 0,71$.

შეძლება აგრეთვე გა-
შოვიყენოთ ა. ბერეზინსკის
ფორმულა [14, 26, 46]

$$G = 0,055 AV/A, \text{ ტ. ძ. (24.3)}$$

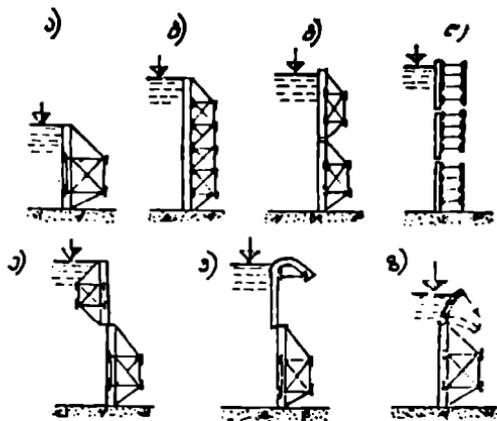
სადაც A არის საკეტის ფარ-
თობი, მ².

ბრტყელი საკეტის ასა-
წევად საჭირო ძალა მიხ-
ლოებით შეადგენს

$$S = 1,5 \cdot G. \text{ (24.4)}$$

ბრტყელ საკეტებს აქვთ
ნაკლოვანი მხარეები, რომ-
ლებიც ძირითადად ში მათი
კონსტრუქციული სიმარტი-
ვის შედეგია: იმისათვის,

რომ მოვახდინოთ წყალსაცავში წყლის დონის რეგულირება, საჭირო
ხდება მთლიანად საკეტით მანევრირება; შეუძლებელია საკეტზე წყლის
გადაღინება; ყინულისა და მტურავი სხეულების ქვედა ბიეფში გადასაგ-
დებად იძულებული ვხვდებით საკეტო მილიანად ამოწმით, რაც და-
კავშირებულია ზემო ბიეფიდან წყლის დანაკარგებთან; მაღალი საკეტები
მოითხოვს მაღალ ბურჯებს და სხვ. აღნიშნული ნაკლოვანებები მცირდ-
ება ან უმნიშვნელო ხდება ბრტყელი საკეტების ისეთ კონსტრუქციულ
გადაწყვეტებში, როგორცაა სექციური, შეწყვილებული და სარკველი-
ანი ვარიანტები; მათი მუშაობის სქემები და უპირატესობები აღვიღად
გასარჩევია 24.4 ნახაზის მეშვეობით. ამ საკეტების გამოსადგობის
ზღვრების დადგენა შესაძლებელია საორიენტაციო გრაფიკების საფუძ-
ველზე [11, ნაწ. II, გვ. 30].

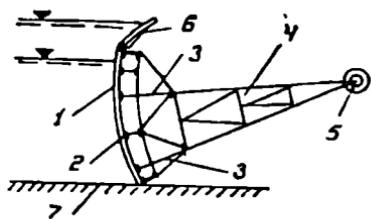


ნახ. 24.4. ბრტყელი საკეტის სხეულები. ა, ბ—ცილინ-
დრი; გ, დ—სექციური; ე, ფ—შეწყვილებული; ე, ზ—
სარკველიანი.

24. 2. 2. სეგმენტური ზედაპირული საკეტები

სეგმენტური საკეტები წარმოადგენენ მრუდხაზოვან ფარს, რომლის
სადაწნეო ზედაპირი, როგორც წესი, წრიულცილინდრული მოხაზულო-
ბისაა (ნახ. 24.5); საკეტების მანევრირება სრულდება ჰორიზონტალური
ღერძის გარშემო მათი ბრუნვით.

ფოლადის სეგმენტური საკეტის კონსტრუქციული ელემენტებია:
ფოლადის კოკოვანი სისტემა (რომელიც ბრტყელი საკეტის კონსტრუქ-
ციის ანალოგიურია), ფურცლოვანი ფოლადის საშოსი და საყრდენი ფე-
ხები. საკეტის ცილინდრული სადაწნეო ზედაპირის ცენტრი ემთხვევა
საკეტის ბრუნვის ღერძს; ასეთ შემთხვევაში საკეტზე მოქმედი ჰიდრო-



ნახ. 24.5. სეგმენტული ზედაპირული საკეტის სქემა. 1—შემოსავი; 2—კოკოვანის სისტემა; 3—ჩივლები; 4—საკეტის ფეხები; 5—საკეტის ზრუნვის ღერძი; 6—სარქველი.

სტატიკური წნევის ძალის ვექტორი გადის ბრუნვის ღერძზე, რითაც მნიშვნელოვნად უმჯობესდება საკეტის მანევრირების პირობები. ცილინდრული სადაწნეო ზედაპირის რადიუსი აიღება $(1 \dots 2,5) \cdot H$ საზღვრებში, სადაც H საკეტის სიმაღლეა.

სეგმენტურ საკეტებს აქვთ რიგი უპირატესობანი ბრტყელ საკეტებთან შედარებით: ბევრად

უფრო მცირე ამწევი ძალის საჭიროება; მანევრირების შედარებითი სიმარტივე. სისწრაფე და მოხერხებულობა; საკეტის, როგორც კონსტრუქციის გაზრდილი სიხისტე. ამასთანავე აღსანიშნავია რიგი ნაკლოვანებებიც: სეგმენტური საკეტი ეყრდნობა ბურჯებს, რის გამოც ისინი საპირობა ავადგომ უფრო გრძელი და სქელი; შეუძლებელია სეგმენტური საკეტების გადაადგილება და სხვ.

სეგმენტური საკეტის ფსკერული შემჭიდროება კეთდება ბრტყელი საკეტის შესაბამისი მოწყობილობის ანალოგიურად (ნახ. 24.3); გვერდითი შემჭიდროება რამდენადმე გართულებულია, რაც გამოწვეულია სეგმენტის წრიული გადაადგილებით.

სეგმენტური საკეტის წონა (G) მიახლოებით განისაზღვრება (24.2). ფორმულით ემპირიული კოეფიციენტების შესაბამისი მნიშვნელობებით; სწორი საყრდენი ფეხების შემთხვევაში

$$G = 1,5 \cdot (W \cdot L)^{0,7}, \text{ ტ.} \quad (24.5)$$

შესაძლებელია აგრეთვე უფრო მიახლოებითი ფორმულით საჩებლობა

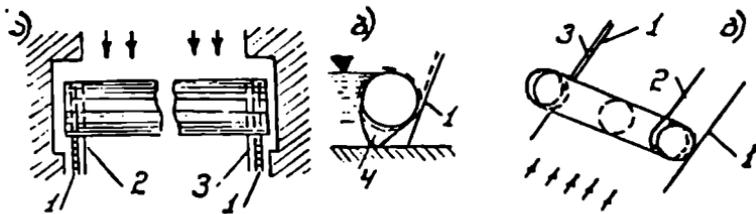
$$G = 0,15 \cdot A \sqrt[4]{A}, \text{ ტ.} \quad (24.6)$$

სეგმენტური საკეტის ასაწვეად საჭირო S ძალა ყოველთვის უფრო ნაკლებია მის G წონაზე.

სეგმენტური საკეტების გაშოყენების სფერო შემოიფარგლება ასეთი ზომებით: წყალსაშვები ძალის მაქსიმალური სიგანე — 35...40 მ, მაქსიმალური სიმაღლე — 9...10 მ [11, ნაწ. II, გვ. 40; 14].

24. 2. 2. ვალსური საკეტები

ვალური (ცილინდრული) საკეტი არის ორ საყრდენზე მდებარე კოკოვანი მილა კონსტრუქცია, რომელიც გორვით გადაადგილება ბურჯების კილოებში განლაგებულ დახრილ კბილანა გზებზე



ნახ. 24.6 ვალტური საკეტის სქემები. 1—დაბრილი კბიანა გზები; 2—ამწვევი (მუშა) ბაგირი (ჯაქვი); 3—უქმი ბაგირი; 4—ფარი.

(ნახ. 24.6). საკეტის მანევრირება სრულდება ამწვევი და უქმი ბაგირის (ჯაქვის) მეშვეობით: საკეტის ამოგორების დროს ამწვევი ბაგირი ეხსნება ცილინდრს, ხოლო უქმი — ეხვევა; ჩაგორების დროს კი პირიქით.

საკეტის ცილინდრის დიამეტრის შემცირების მიზნით, ამასთანავე ცილინდრის ქვეშ წყლის გამოდინების არახელსაყრელი პირობების აღსაკვეთად, ვალტურ საკეტებს უკეთებენ ქვედა ან ერთდროულად ქვედა და ზედა ფარს. საკეტის გზების ჰორიზონტთან დაბრის კუთხე აიღება 70°-ის ფარგლებში.

ვალტური საკეტის საორიენტაციო წონაა

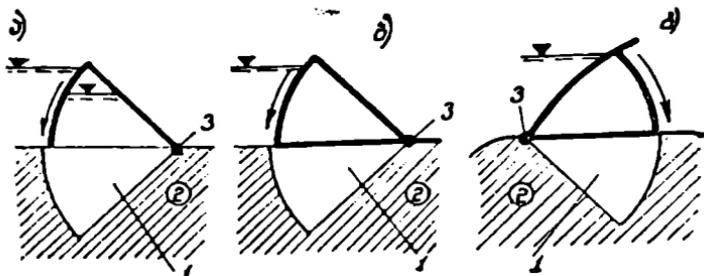
$$G = 0,5 \cdot A + 0,02 \cdot A \cdot \sqrt{A}, \text{ ტძ.} \quad (24.7)$$

ვალტური საკეტი გამოირჩევა დიდი სიხისტით და მოითხოვს შედარებით მცირე აძწვევ ძალას; ის ადვილად უძლებს ყინულისა და მკურავი სხეულების დარტყმებს და ამიტომ ფართოდ გამოიყენება მკაცრ ყინულოვან პირობებში. ვალტური საკეტების წყალსაშვები ხერხების საორიენტაციო საზღვრებია: მილის შაქსიმალური სიგანე — 51...60 მ, სიმაღლე — 8...9 მ [11, ნაწ. II, გვ. 40; 14].

აქამდე შესწავლილ საკეტებს (ბრტყელი, სეგმენტური, ვალტური) აერთიანებს ერთი საერთო თვისება: ისინი მათზე მოსულ დატვირთვებს გადასცემენ წყალსაშვის ხერხის ბურჯებს. ამისგან განსხვავებით, სექტორული, სახურავისებრი და ქსოვილის საკეტები, რომლებზეც ლაპარაკი გვაქვს ქვემოთ, წყლის წნევას გადასცემენ წყალსაშვების ზღურბლს.

24. 2. 4. სექტორული საკეტები

სექტორულს უწოდებენ საკეტს, რომელსაც აქვს წრიული სექტორის სახის ვერტიკალური განივკვეთი, დამაგრებულია ჰორიზონტალური ღერძით წყალსაშვების ზღურბლზე და მანევრირებისას ნაწილობრივ ან მთლიანად ეშვება კაშხლის ზღურბლში მოწყობილ საწნეო კამერაში (ნახ. 24.7); ბრუნვის ღერძი შეიძლება მოთავსდეს ქვედა ან ზედა მხრიდან.



ნახ. 24.7. სექტორული საკეტის სახეები. ა, ბ—ქვედა ბრუნვის ღერძით (2); გ—ზედა ბრუნვის ღერძით (3); 1—საწნეო კამერა; 2—წყალსაშე-
ბი მალის ზღურბლი.

ფოლადის სექტორული საკეტი წარმოადგენს ფოლადის კოპოვან სისტემას, რომელიც შექმნილია ფურცლოვანი ფოლადით ორი (ნახ. 24.7, ა) ან სამივე (ნახ. 24.7, ბ, გ) მხრიდან. სექტორის რადიუსი აიღება $(1,4 \dots 2) H$ -ის ფარგლებში, სადაც H არის წყლის დაწნევა წყალსაშე-ბი ზღურბლზე.

სექტორული საკეტები ჰიდრაულიკური და ნახევრადჰიდრაულიკური შოკმდების კონსტრუქციებია: საკეტი შეიძლება დიფიქსირებულ იქნეს ნებისმიერ მდგომარეობაში საწნეო კამერაში განვითარებული წყლის წნევის მეშვეობით. საწნეო კამერაში წნევა რეგულირდება ძირითადად ზედა ბიფის დაწნევით. აღნიშნულიდან ცხადი ხდება საკეტის საწნეო კამერის კედლებთან კარგი შეშქადროების განხორციელების დიდი მნიშვნელობა.

სექტორული საკეტის კუთრი წონა წყალსაშეები ხერცის 1 მ^2 -ზე შეიძლება განისაზღვროს ს. ტარანოვსკის ფორმულით [11]:

საკეტები ბრუნვის ქვედა ღერძით

$$g = 135 + 129 \sqrt{H} + 54 \cdot H, \text{ ტძ,} \quad (24.8)$$

საკეტები ბრუნვის ზედა ღერძით

$$g = 255 + 217 \sqrt{H} + (50 \dots 80) \cdot H, \text{ ტძ.} \quad (24.9)$$

აქ H არის საკეტის ზედის (ქიმის) სიმაღლე წყალსაშეების ზღურბლიდან, მ.

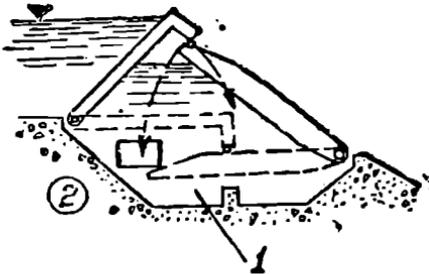
სექტორული საკეტების უპირატესობებიდან აღსანიშნავია საკეტის შოკმდების ავტომატიზირების შესაძლებლობა, მანევრირების სისწრაფე, ზედა ბიფში წყლის დონის რეგულირების სიზუსტე, ყინულისა და მტკრივი სხეულების უსაფრთხო გატარების შესაძლებლობა, კონსტრუქციის სიხისტე, წყალსაშეის ბურჯების დაბალი ზომები. ამასთანავე უნდა შევნიშნოთ, რომ საკმაოდ ძნელია სექტორული საკეტების მონტაჟი და რთუ-

ლია მათი ექსპლუატაცია (საწნეო კამერის წმენდა მასში მოხვედრილი ნატანისაგან, რემონტის შემთხვევაში საეკტის მთლიანად ამოწვევის აუცილებლობა, ზამთარში შემოყინვასთან ბრძოლა).

ჰიდრავლეკური მოქმედების სექტორული საეკტებით შეიძლება გადაიხიდოს წყალსაშვები ხერკები 60...65 მ სიგანით და 9...10 მ-მდე სიმაღლით; ნახევრად ჰიდრავლეკური მოქმედების საეკტებისათვის ეს რიცხვებია შესაბამისად — 40...50 და 8...9 მ.

24. 2. 6. სახურავისებრი საეკტები

სახურავისებრი საეკტი შედგება ორი კალთისაგან (ფარისაგან), რომლებიც ბრუნავენ წყალსაშვების ზღურბლზე დამაგრებული პირიზონტალური დერძების გარშემო და აწეულ მდგომარეობაში ქინიან შენობის სახურავის მსგავს კონსტრუქციას [25]; დაწვეულ მდგომარეობაში საეკტი მთლიანად თავსდება საწნეო კანერაში (ნახ. 24.8). საეკტის მანევრირება ხდება კამერაში წნევის რეგულირებით.



ნახ. 24.8. სახურავისებრი საეკტი. 1—საწნეო კამერა; 2—წყალსაშვები მალის ზღურბლი.

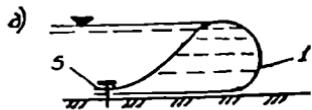
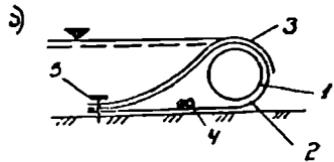
ისინი თავისუფლად ატარებენ მცურავ სხეულებს და ყინულს, უზრუნველყოფენ წყლის დონის ზუსტ რეგულირებას. ამისთანავე აღსანიშნავია, რომ მათი კონსტრუქცია შოითხოვს წყალსაშვების ფართო ზღურბლის განხორციელებას, რთულია მონტაჟი და ექსპლუატაცია.

სახურავისებრი საეკტები შეიძლება მოეწყოს 6...7 მ სიმაღლის 40...45 მ-იან ნალებზე. მათ გამოყენებენ სწრაფე წყალდილობის პირობებში: საეკტები მთლიანად იწვევა 2...10 წუთში.

სახურავისებრი საეკტები შეიძლება მოეწყოს 6...7 მ სიმაღლის 40...45 მ-იან ნალებზე. მათ გამოყენებენ სწრაფე წყალდილობის პირობებში: საეკტები მთლიანად იწვევა 2...10 წუთში.

24. 2. 6. ქსოვილის საეკტები

ჩვენი საუკუნის დაახლოებით 50 იანი წლებიდან დაბალდაწნევიან და დაბალზღურბლიან კაშხლებში გამოყენება ჰპოვა ქსოვილის საეკტებმა [14, გვ. 375]. ისინი სხვადასხვა ფორმის ქსოვილის შეკრული გარსებია, რომლებიც მიმაგრებულია წყალსაშვების ზღურბლზე (ნახ. 24.9). ასეთი საეკტე-



ნახ. 24.9. ქსოვილის საეკტის სახეები. 1—ქსოვილის გარსი; 2—დამკვირი გარსი; 3—დამკველი გარსი; 4—პერსტატორი; 5—წყალსაშვების ზღურბლზე დამაგრება.

ბის მასალად იყენებენ ერთ ან მრავალფენიან სინთეტიკურ ქსოვილებს ჰერმეტიული შუასაღებით. საკეტი მუშა მდგომარეობაში შოდის გაქსში წყლის, ჰაერის ან ორივეს ერთად დაქობნით.

თანამედროვე სინთეტიკური (რეზინის) ქსოვილების სისქეა 2...5 მმ; მათი მუშაობის ხანგრძლივობა 10...20 წელია. ქსოვილის საკეტების კონსტრუქციები საშუალებას იძლევა გადაეხილოთ 100...150 მ-ის მალე 7...8 მ-მდე სიძლივით.

§ 24. 2. სიღრმული ხვრატების საკეტები

სიღრმული საკეტები გადახურავენ წყლის დონის ქვეშ მოთავსებულ წყალსაშებ ბერეტებს. ზედაპირული საგან განსხვავებით (§ 24.2) ისინი განიცდიან წყლის მნიშვნელოვან წნევებს; საკეტის გაღება და ჩაკეტვა წყლის დიდი სიჩქარეების პირობებში ხდება, რაც ვაკუუმისა და კავიტაციის მოვლენების წარმოშობის მიზეზია. განსაკუთრებულ მნიშვნელობა ენიჭება კონტაქტებში წყლის გაქონვასთან ბრძოლას, რაც შეშვიდროების სრულყოფილ კონსტრუქციითა და მუშაობით უნდა იყოს უზრუნველყოფილი.

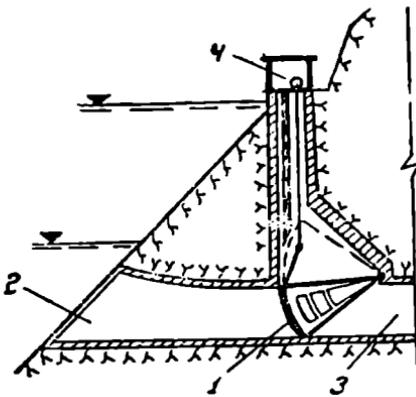
24. 2. 1. ბრტყელი სიღრმული საკეტები

სიღრმული ხვრატებისათვის ყველაზე უფრო ხშირად იყენებენ ბრტყელ საკეტებს. ისინი წარმოადგენენ ფოლადის შენადლ ან სხმულ კონსტრუქციებს; შენადლი საკეტები კეთდება მრავალრიგელიანი და კონსტრუქციულად ზედაპირული საკეტების მსგავსია (§ 24.2.1). საყრდენ-საველი მოწყობილობა ძირითადადში კეთდება მოსრიალე, ბორბლებიანი, ურიკიანი ან მუხლუხა. ამ ტიპის საკეტებთან შეიძლება გადახუროს სწორკუთხოვანი, კვადრატული თუ წრიული განიკვეთის სიღრმული ხვრატები.

სხვადასხვა ტიპის ბრტყელი სიღრმული საკეტების გამოყენების დიაპაზონზე შეიძლება ვიმსჯელოთ საორიენტაციო გრაფიკებით [11, ნაწ. II, გვ. 77].

24. 2. 2. სეგმენტური სიღრმული საკეტები

სეგმენტური სიღრმული საკეტები (ნახ. 24.10) კონსტრუქციულად ზედაპირული სეგმენტური საკეტებისაგან ძირითადად იმით განსხვავდებიან, რომ საკურობენ ზედა შეშვიდროებასაც. ბრტყელ სიღრმულ სა-



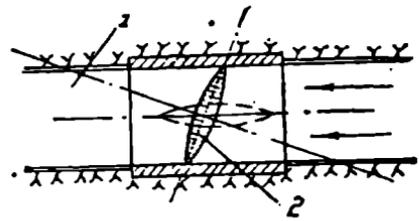
ნახ. 24.10. სეგმენტური სიღრმული საკეტის განლაგების სქემა. 1—სეგმენტური საკეტი; 2—სიღრმული წყალმიმღები; 3—გვირაზი; 4—ანწე მექანიზმის შენობა.

კორპუსს, რომელშიც კორიზონტალურ (ვერტიკალურ) ღერძზე ექსცენტრულად დამაგრებულია მბრუნავი დისკო (ნახ. 24.11); დისკოს ექსცენტრულად განლაგება უზრუნველყოფს მის ავტომატურად ჩაქეტვას საკეტის შართვის სისტემის მწყობრიდან გამოსვლის შემთხვევაში. დისკური საკეტები შეტწილად შეშაობენ სრული გაღების და სრული დაკეტვის რეჟიმით. მიუხედავად ამისა, დისკური საკეტებში ფართოდაა გავრცელებული სათადარიგო და საავარიო საკეტების სახით 55...150 მ დაწნევების პირობებში; უფრო მცირე დაწნევებისას (20...30მ) მათ შეიძლება დაეკისროთ ძირითადი საკეტის ფუნქცია.

კეტებთან შედარებით მათ აქვთ უკეთესი ჰიდრავლიკური სტრუქტურა, არ საჭიროებენ კილოებს, მოითხოვენ უფრო მცირე ამწევ ძალას. ჩვეულებრივ, სეგმენტური სიღრმული საკეტი ძირითადი დანიშნულებისაა. ამ ტიპის საკეტებით გადაიხურება ხეკეტები 60...65 მ-მდე დაწნევით და 40 მ-მდე ფართობით [11, ნაწ. II, გვ. 77].

24. 8. 8. დისკური საკეტები

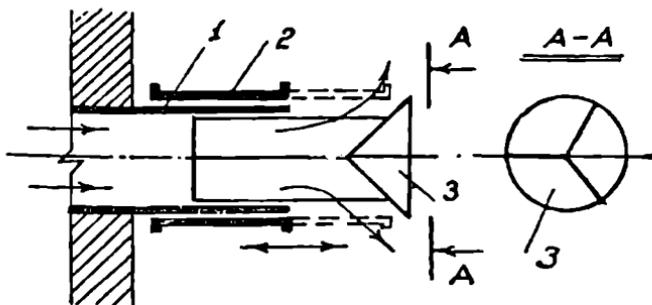
დისკური (დროსელური) საკეტი წარმოადგენს ცილინდრულ



ნახ. 24.11. დისკური საკეტის სქემა. 1—გვირაზი; 2—დისკო.

24. 8. 4. კონუსური საკეტები

კონუსური საკეტის მთავარი კონსტრუქციული ელემენტია უძრავი ცილინდრული ნაკში, ასევე უძრავად ჩამაგრებული კონუსური ეკრანი და ფოლადის მოძრავი ცილინდრი, რომლის გადაადგილებითაც ხორციელდება საკეტში გაღინებული ხარჯის რეგულირება (ნახ. 24.12). მოძრავი ცილინდრი გადაადგილდება ჰიდრავლიკური ან ელექ-

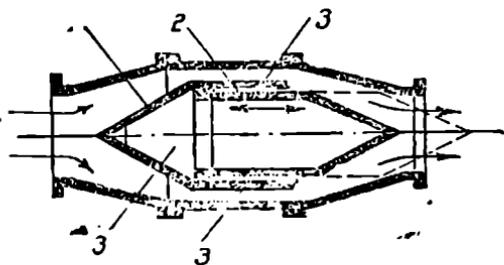


ნახ. 24.12. კონუსური საკეტის სქემა. 1—უძრავი ცილინდრი; 2—ცილინდრი გადატანითი მოძრაობით; 3—უძრავი კონუსური ეკრანი.

ტრული ამძრავის პრინციპით. საკეტო შეღარებით იაფია და მარტივია სამართავად. კონუსური საკეტების უდიდესი დიამეტრები აღწევს 2,2 მ-ს 150 მ-მდე დაწნევისას.

24. 3. 5. ნემსა ხაკიტმები

ნემსა საკეტის კონსტრუქცია და მუშაობის პრინციპი შემდეგი სქემით შეიძლება დაეხასიათოთ: წყალხასაშვებ ხერელში მოთავსებულ საკეტის კორპუსში მოწყობილია ორი—უძრავი და მოძრავი ცილინდრი (ნახ. 24.13). მოძრავი (შიდა) ცილინდრი წარმოადგენს დგუშს ძირის გარეშე; რგი გადაადგილება საკეტის ღერძის გასწვრივ ჰიდრაულიკური ამძრავის მეთოდით.



ნახ. 24.13. ნემსა საკეტის სქემა, 1—საკეტის უძრავი ნაწილი; 2—დგუშის მსგავსი ცილინდრი; 3—საწნეო კამერები.

ნემსა საკეტებს იყენებენ დიდი დაწნევების შემთხვევებში (600 მ-მდე), მათი დიამეტრი აღწევს 6,5 მ-ს.

XXV თა 30

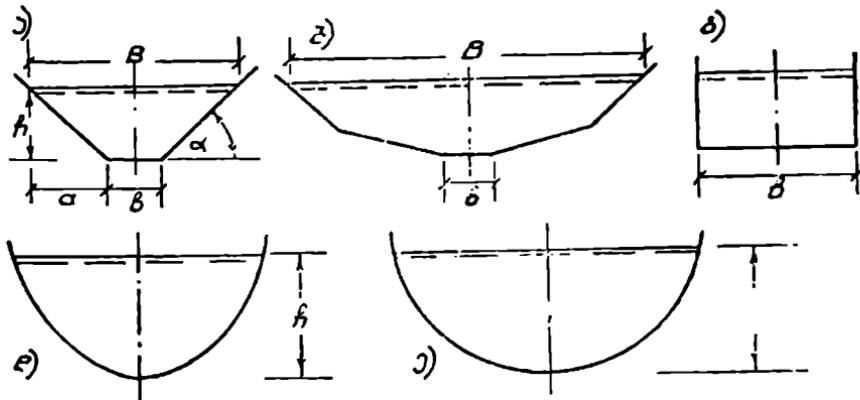
არხები და მათზე მოთავსებული ნაგებობები

არხები ეწოდება გრუნტში მოწყობილ უდაწნეო რეჟიმით მომუშავე ხელოვნურ კალაპოტებს, რომლებითაც ხდება წყლის ხარჯების მიყვანა ჰიდროკვანძის ერთი პუნქტიდან მეორეში; ეს პუნქტები მეტწილად წარმოდგენილია კვების წყაროთი (მდინარე, წყალსატევი) და წყალ-

მოსარგებლით ან წყალმომხმარებლით (ჰიდროელსადგური, წყალმომარაგების თუ ირიგაციის სისტემა).

§ 25. 1. არხების კლასიფიკაცია

არხების მთავარი კლასიფიკაცია შეესაბამება მათ მიზნობრივ დანიშნულებას [25]. ენერგეტიკული არხების დანიშნულებაა წყლის საანვარიშო ხარჯის მიყვანა კვების წყაროდან ჰიდროელსადგურის ტურბინამდე ან ძალური კვანძის სატურბინო წყალსატარამდე; ამავე ჯგუფს მიეკუთვნება ჰიდროელსადგურებიდან წყლის გამყვანი არხები. მელიორაციულ არხებს ეკისრებათ ორმაგი წყალსამეურნეო ფუნქცია: წყლის მიყვანა კვების წყაროდან სარწყავი მიწის მასივებამდე (სარწყავი არხები) და უხეტენიანი ტერიტორიიდან და საღრენაეო ქსელიდან



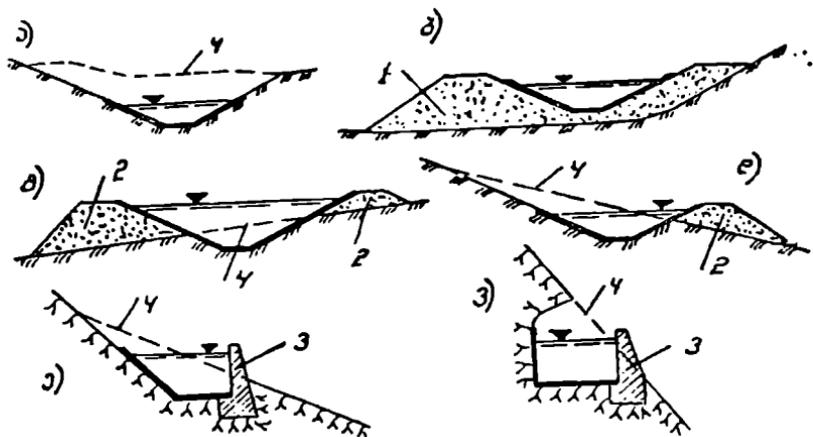
ნახ. 25-1. არხებისა და ღარების ცოცხალი კვეთის ფორმები. ა—ტრაპეცული; ბ—პოლიგონური; გ—სწორკუთხოვანი; დ—პარაბოლური; ე—ნახევარწრიული

წყლის ორგანიზებული გაყვანა (დამშრობი არხები). სანაოსნო არხები ემსახურება წყლის ტრანსპორტის მიზნებს. წყალსადენ და გამაწყლოვანებელ არხებს აშენებენ მომხმარებელამდე წყლის მისაყვანად წყალმომარაგების თუ სხვა წყალსამეურნეო მიზნებისათვის. გარდა აღნიშნულისა არსებობს ხე-ტყის დასაცურებელი, თევზსატარი და წყალსაგდები (§ 23.1.3) არხები. თანამედროვე ჰიდროკვანძების დაპროექტებისა და მშენებლობის ძირითადი ტენდენციის შესატყვისად, არხები ხშირად კომპლექსური დანიშნულებისაა.

ჰიდროტექნიკური არხების მშენებლობის პრაქტიკაში ცნობილია ტრაპეციული, პოლიგონური, მართკუთხა, პარაბოლური, ნახევარწრიული თუ სხვა უფრო რთული მოხაზულობის განივკვეთი (ნახ. 25.1). მშენებლობის წარმოებისა და ფერდობების მდგრადობის პირობების მიხედვით უპირატესობით ხასიათდება ტრაპეციული განივკვეთი. ტრაპეციულ არხებს იყენებენ წყლის მეურნეობის ყველა დარგში. განსხვავებულ

გეოტექნიკური თვისებების გრუნტებში, უპირატესობა შეიძლება მიენი-
კოს პოლიგონურ ფორმას; მას მეტწილად მიმართავენ სანაოსნო არხებ-
ში. მართკუთხა და მის მსგავს კვეთებს აგებენ კლდოვან
გრუნტებში. პარაბოლური და ნახევარწრიული განივევითი მეტწილად
ეძლევა რკინაბეტონის ლარებს.

ტრასის ტოპოგრაფიული პირობების შესაბამისად არხი
შეიძლება გადიოდეს მთლიანად კრილში, ზთლიანად ყრილში ან ნახევ-
რად კრილ-ნახევრად ყრილში (ნახ. 25.2). განსაკუთრებით ყურადსა-
ღებია ტოპოგრაფიული გარემოს გავლენა, როდესაც არხის ტრასა გა-
დის ფერდობზე.



ნახ. 25.2. არხის განივი პროფილები სხვადასხვა ტოპოგრაფიულ და გეოლოგიურ პი-
რობებში. ა—მთლიანად კრილში; ბ—მთლიანად ყრილში; გ—ნახევრადკრილში—ნა-
ხევრადყრილში; დ—ღამრეც ფერდობზე; ე, ვ—ციცაპო ფერდობზე; ლ—ყრილი;
2—წვიბარი; 3—საყრდენი კედელი; 4—სმელეთის თავდაპირველი ზედაპირი.

§ 26. 2. არხის ცოცხალი კვეთის ზომებისა და წყლის დინების დასაზღვარი სინჰარეზის განსაზღვრა

არხის ცოცხალი კვეთის ზომებს აღგენენ ჰიდრაულიკურ გაინგარი-
შებათა საფუძველზე, ამასთან მხედველობაში იღებენ არხის საშუაოთა
წარმოების მოთხოვნებს და წყლის სიჩქარეთა დასაშვებ მნიშვნელობებს.
გაინგარიშება სრულდება წყლის თანაბარი მოძრაობის პირობებში.

26. 2. 1. არხის ცოცხალი კვეთის ზომების განსაზღვრა

პრაქტიკაში ყველაზე უფრო გავრცელებულია ტრაპეციული განივ-
კვეთის არხები. ამის გამო ქვემოთ საუბარი გვექნება მხოლოდ ასეთი
არხების ზომების განსაზღვრაზე.

● არხის ფერდობის დახრილობა ბასიათლება ფერდოს m კოეფიციენტით (ნახ. 25.1): $m = ctg \alpha$ ან $m = a/h$. სადაც α არის ფერდოს პორიზონტთან დახრის კუთხე, h —წყლის სიღრმე არხში, a —არხის h სიღრმის შესაბამისი ქვედებულთ. ფერდოს კოეფიციენტი ინიშნება ფერდოს მდგრადობის უზრუნველყოფის პირობების შესაბამისად: 5 მეტრზე ნაკლები სიღრმის კრილებში გამავალი არხების წინასწარი გაანგარიშებისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ 25.1 ცხრილის მონაცემებით [11, 25, 47, 69].

ცხრილი 25.1

არხის ფერდოს კოეფიციენტის მნიშვნელობები

№	გრუნტები	ფერდოს m კოეფიციენტი	
		წყლის ქვეშ	წყლის ზემოთ
1	გამოუფიტავი კლდოვანი ქანები	0,1...0,25	0
2	გამოუფიტულო კლდოვანი ქანები	0,25...0,5	0,25
3	ნახევრად კლდოვანი წყალმღევი გრუნტი	0,5...1,0	0,5
4	ქვიშარა და ქვიშა-ბრეშოვანი გრუნტი	1,25...1,5	1,0
5	თიხა, მძიმე და საშუალო თიხნარი	1,0...1,5	0,5...1,0
6	მსუბუქი თიხნარი, ქვიშარა	1,25...2,0	1,0...1,5
7	მსხვილი და საშუალომარცვლოვანი ქვიშა	1,25...2,25	1,5
8	წვრილმარცვლოვანი ქვიშა	1,5...2,5	2,0
9	მტკრისებრი ქვიშა	3,0...4,5	2,0
10	ტორფი	0,25...2,0	—

კრილებში გამავალი არხების ანუ არხის ჯებირების ფერდოს m კოეფიციენტი განისაზღვრება იგივე მოსაზრებებით, როგორცაა მიწის კაშხლების ფერდობები (§22.2). ღრმა კრილში და ნაყარში არხების ფერდობის მდგრადობა უნდა შეზღუდვდეს გრუნტის კაშხლების ფერდობის მდგრადობაზე გაანგარიშების ანალოგიურად (§22.4).

● არხების გაანგარიშებისას შეუწილად მოცემულია არხის ფერდობის კოეფიციენტი (m), არხის გრძივი ქანობი (i), არხის კალამოტის-ზორკლიანობის კოეფიციენტი (n) და არხის საანგარიშო ხარჯი (Q); ამოცანა მდგომარეობს არხის მთავარი b და h ზომების გაანგარიშებაში. ვინაიდან უცნობია ორი სიდიდე, ამიტომ ერთ-ერთ მათგანს (უფრო ხშირად b -ს) წინასწარ ნიშნავენ და გამოითვლიან მეორეს.

არხის განივი კვეთის გაანგარიშებას საფუძვლად უდევს წყლის თანაბარი მოძაობის ფორმულა

$$Q = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i}, \quad (25.1)$$

სადაც ω არის არხის ცოცხალი კვეთის ფართობი; ტრაპეციული კვეთისათვის

$$\omega = (b + m \cdot h) \cdot h; \quad (25.2)$$

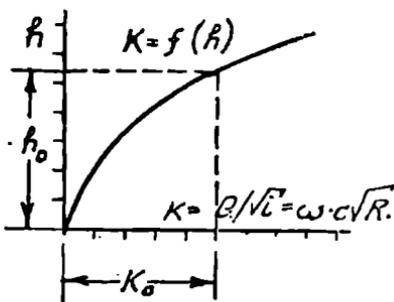
R — ჰიდრაულიკური რადუსი; ტრაპეციული კვეთისათვის

$$R = \omega / \chi = \frac{(b + mh) \cdot h}{b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}}; \quad (25.3)$$

χ — სველი პერიმეტრის სიგრძე;

C — შეზის კოეფიციენტი; ნ. პავლოვსკის მიხედვით [33, გვ. 133; 47, გვ. 35; 51, გვ. 181]:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^y, \quad y = f(n, R). \quad (25.4)$$



ნახ. 25.3.

თუ ამ ფორმულებს შევიტანთ (25.1)-ში მივიღებთ h უცნობის მიმართ (ეფშეებთ, რომ b წინასწარაა დანიშნული) გამოსახულ საკმაოდ რთულ განტოლებას, როსლის ამოხსნა შესაძლებელია ელექტრონულ-გამომთვლელი მანქანით; მეტწილად კი ამ ამოცანას ხსნიან გრაფო-ანალიზური მეთოდით [13, გვ. 73; 47, გვ. 88]; წინასწარ უშეებენ არხში წყლის h სიღრმეების რიგ მნიშვნელობებს და ანგარიშობენ შესა-

ბამის ω , χ , R , C და $K = Q / \sqrt{i}$ სიდიდეებს; ამ მონაცემების საფუძველზე აგებენ ხარჯის მახასიათებლის მრუდს $K = f(h)$ (ნახ. 25.3), რომელზეც საანგარიშო $Q = Q_0$ ხარჯის შესაბამისი $K = K_0 = Q_0 / \sqrt{i}$ აბსცისა გვაძლევს არხში წყლის საანგარიშო (ნორმალურ) h_0 სიღრმეს, რასაც ვეძებდით.

● ზოგჯერ არხის მთავარი b და h ზომების განსაზღვრისას სარგებლობენ მათი b/h თანაფარდობის წინასწარ დანიშვნის მეთოდით. ამ დროს შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ყველაზე ხელსაყრელ თანაფარდობას ადგილი ექნება ჰიდრაულიკურად უხელსაყრელეს კვეთის შემთხვევაში; ტრაპეციული ფორმებისათვის ასეთი განიევკვეთი ხასიათდება ფორმულებით

$$b/h = 2 \cdot (\sqrt{1 + m^2} - m); \quad R = h/2. \quad (25.5)$$

თუ მათ შევიტანთ შეზის (25.1) ფორმულაში და შეზის კოეფიციენტს განვსაზღვრავთ მანინგის მიხედვით $C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}$, შივილებთ გამოსახულებას არხში წყლის სიღრმის დასადგენად

$$h^{5/6} = \frac{\sqrt{2^3} \cdot Q \cdot n}{(2\sqrt{1 + m^2} - m) \cdot \sqrt{i}}. \quad (25.6)$$

გვეტოვინება რა h , (25.5) ფორმულიდან განვსაზღვრავთ არხის ფსკერის b სიგანეს. არხის ფერდოს გავრცელებული $m = 1...4$ მნიშვნელობებისათვის ამ ფორმულიდან ვიღებთ $b = (0,83...0,25) \cdot h$, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ პილარავლიკურად უხელსაყრელეს კვებებს აქვს ვიწრო და ღრმა ტრაპეციული ფორმა. ასეთი პრაქტიკების გაყვანა სამუშაოთა წარმოების თეოსაზრისით არ არის ყოველთვის მოსახერხებელი და ეკონომიკურადაც არახელსაყრელია. ამიტომ პრაქტიკაში, ჩვეულებრივ, იღებენ $b = (2,2...5) \cdot h$; ამასთან არხის ფსკერის შინიმალორი სიგანე აღებული უნდა იქნეს მასში მომუშავე ყველაზე დიდი მექანიზმის გაბარიტული ზომების შესაბამისად, მაგრამ არა ნაკლები 1,5...2 მ-ისა,

25. 2. 2. არხში წყლის დინების დასაშვები სიჩქარეები

ზემოთ მოყვანილი მოსაზრებებით დადგენილი არხის ზომები უნდა შემოწმდეს დასაშვებ სიჩქარეებზე, რათა არ მოხდეს არხში მცენარეულობის ამოზრდა, არხის ფსკერისა და ფერდობის წარეცხვა და წყალში შეწონილი ნატანის არხში დაღეკვა.

● წყლის მოყვარული მცენარეულობის ამოზრდა მოსალოდნელია დიდი არხების ნაპირებთან, სადაც შედარებით დაბალი წყალია; არხები, რომელთა სიღრმე 2 მ-ზე ნაკლებია, შეიძლება ამოიზარდოს მთელ პროფილზე. ფიქრობენ, რომ არხში 0,5...0,6 მ/წმ-ზე მეტი საშუალო სიჩქარეების დროს მცენარეულობის განვითარება არაა მოსალოდნელი, თუმცა პრაქტიკულად ესე არ ხდება და მიმართავენ ბოძოლის უფრო ეფექტურ საშუალებებს: არხის გაწმენდა სპეციალური მექანიკური მოწყობილობით, არხის შემოსვა ისეთი მასალით, რომელზედაც ცოცხალი ორგანიზმები ვერ აღმოცნდებიან (მაგ. პოლიეთილენის აფსკი), ბიოლოგიური ხერხები, წყალმცენარეების მოყვარული თევზების მოშენება და სხვ.

● არხის გრუნტის ზედაპირს (შეუქვრელი, შეკრული-თიხოვანო თუ კლდოვანი) და სამოსის წაურეცხაობის პირობა შესრულდება თუ საშუალო v სიჩქარეები არხში ყოველთვის ნაკლები ან ტოლი იქნება არხის მასალის არაწაბრეცხ (დასშვებ) სიჩქარეზე; მაგრამ სიჩქარის შემცირებას შეიძლება მოჰყვეს არხში შეწონილი ნატანის დაღეკვა. აქედან გამომდინარე ხარჯების ანუ სიჩქარის ცვალებადობა უნდა ხდებოდეს დიაპაზონში, რომელიც განსაზღვრულია უტოლობით [25, 33]

$$v_{არაღაღ} < v < v_{არაწაბრ} \quad (25.7)$$

სადაც $v_{არაღაღ}$ არის არაღამლევი საშუალო სიჩქარე, რომლის საანგარიშოდ არსებობს რიგი ფორმულებისა [11, ნაწ. II, გვ. 188; 14, გვ. 393; 25, ნაწ. II, გვ. 178; 47, გვ. 202];

უაღრესად — არაწამრეცხი საშუალო სიჩქარე, რომელიც განი-
საზღვრება ასევე ემპირიული და ნახევრად ემპირიული
ფორმულებით; ნორმატიული ლიტერატურით რეკო-
მენდებულია ც. მირცხულავას თეორიულ საფუძველ-
ზე გამოყვანილი ფორმულები [36, 50].

არხების დაღეჭვისა თუ წარეცხვის მოვლენები იმდენად რთული,
ქნელად შესასწავლი და მრავალი ფაქტორით განპირობებული პროცე-
სებია, რომ (25.7) უტოლობის ზღვრული სიჩქარეების განსაზღვ-
რა წარმოებს მიხსლოებით; ამიტომ არხებში ხშირად ექვს ადგილი
საანგარიშო განივკვეთის დეფორმაციებს — დაღეჭვას ან წარეცხვას, რომელთა-
ნაც ბრძოლა მოითხოვს მნიშვნელოვან საექსპლუატაციო ხარჯებს.

25. 2. 8. არხების ზამთრის რევიზია

ზამთრის პერიოდში თოშისა და ყინულის წარმოქმნა მეტად არ-
თულებს არხის ექსპლუატაციას: თოში ამცირებს არხის გამტარუნარიან-
ობას, ჰყვავს ელექტროსადგურებისა და სატუმბო სადგურების წყალ-
მიმღები ხერცების გისოსებს და სხვ. იმისათვის, რომ თავიდან აიცი-
ლონ თოშის წარმოქმნა, რამდენადმე ამცირებენ არხში წყლის სიჩქარეს
და ამით ხელოვნურად ქმნიან თხელი ყინულის განვითარების პირობებს;
ყინულის საფარის დროს კი, როგორც ვიცით, თოში აღარ წარმოიქმ-
ნება. როდესაც დიდი რაოდენობის თოშის აცილება შეუძლებელია, მა-
შინ საჭიროა არხში მოეწყოს თოშსაგდებები.

ყინულის ფენა ამცირებს არხის ცოცხალი კვეთის ფართობს (ვა-
რჯობდნენ, რომ ყინული ჩაძირულია წყალში საშუალოდ მისი სისქის
90%-ით); ყინულთან ხახუნის შედეგად იზრდება წყლის მოძრაობის წი-
ნააღმდეგობა. ძირითადად ამ ორი მიზეზის გამო საგრძნობლად მცირ-
დება არხის გამტარუნარიანობა. დაკვირვებების საფუძველზე ასკვნიან,
რომ ზედაპირული ყინული არ წარმოიქმნება. თუ წყლის სიჩქარე აღე-
მატება 2...3 მ/წმ-ში, ხოლო, როდესაც სიჩქარე 1,2...1,5 მ/წმ ზე მეტია,
ყინულის საფარი იმსხვრევა და წაიოყცხება. ცხადია, რომ ასეთი შით-
თებები ძალიან მიხსლოებითია, ვინაიდან არ შეიცავენ კორექტივებს არ-
ხის გეოგრაფიული მდებარეობის კლიმატურ თავისებურებებზე ზოგჯერ
საჭიროა დამატებითი საინჟინრო ღონისძიებების გატარება; მაგალითად,
წყალსადენ არხებში ზამთარში გამტარუნარიანობის შემცირების ასაცი-
ლებლად შეიძლება მოეწყოს დამატუნავი სახურავი.

§ 25. 3. წყლის დანაპარგები არხებში

არხებში ყოველთვის ხდება წყლის რღაც რაოდენობის კარ-
გვა. წყლის კარგვის ფორმის შესაბამისად განიარჩევენ დანაკარგებს
არხიდან აორთქლებაზე, არხიდან ფილტრაციაზე და ფილტრაციაზე
არხზე მოთავსებული ნაგებობებიდან. მესამე სახე მინიმუმადე შეიძლება

შემცირდეს კონსტრუქციული ღონისძიებებით და სიმცირის გამო მხედველობაში არ მიიღება.

მს. მ. 1. წყლის დანაკარგები აორთქლებაზე

დანაკარგები აორთქლებაზე დამოკიდებულია კლიმატურ პირობებზე, არხის სარკობრივი ზედაპირის ფართობზე და მიახლოებით განისაზღვრება გამოსახულებით [14, გვ. 395; 25, ნაწ. II, გვ. 179]

$$W_a = Z \cdot \Omega, \text{ მ}^3/\text{წლ.}, \quad (25.8)$$

სადაც Z არის აორთქლების ფენის სიმაღლე წელიწადში, მ/წლ;

Ω — არხის სარკობრივი ზედაპირის ფართობი, მ².

აორთქლებაზე Z დანაკარგი შედარებით მცირეა და კლიმატური პირობების ძიხედვით შეადგენს დაახლოებით 0,3...0,8 მს წელიწადში. წყლის ამ დანაკარგთან ბრძოლის ეფექტური ღონისძიებაა არხების გასწვრივ 10...15 მ სიგანის ტყის ზოლების გაშენება.

მს. მ. 2. წყლის დანაკარგები ფილტრაციისა

წყლის დანაკარგებმა არხიდან ფილტრაციისაზე შეიძლება შეადგინოს არხის სასარგებლო ხარჯის 50...60%. ფილტრაცია გრუნტის არხების (არხები, რომელთაც არ აქვთ ფილტრაციის საწინააღმდეგო მოწყობილობა ან შესაფერისი საშოსი) დიდი ნაკლია, რადგან მის შედეგად იზრდება არხის ღირებულება (იძულებული ვხდებით გავადიდოთ არხის განივკვეთი საანგარიშოზე მეტი ხარჯის გასატარებლად), მოხლოდნელია არხის ზონაში გრუნტის წყლების აწევა, მიწების წყლით გაჯერება, მათი დაქაობება, მკვეთრად უარესდება არხისა და მისი იკვებების ფერდობების მღვრადობის პირობები, შეიძლება განვითარდეს მეწყერული მოვლენები.

არხებში ფილტრაციის ამოცანების განხილვისას საკვებლობენ ფილტრაციული ამოცანების გადაწყვეტის ცნობილი მეთოდებით [13, გვ. 397; 47, გვ. 221]. საქმროა აღინიშნოს, რომ პრაქტიკაში არხის ჰიდროგეოლოგიური პირობები ხშირად ძალიან რთული და არხის სიგრძეზე მნიშვნელოვნად ცვალებადია, რის შედეგადაც თეორიული მეთოდების წინაპირობები შეიძლება არ გამართლდეს; ასეთ შემთხვევებში უფრო შთაბეჭებელია ჰიდროგეოლოგიური სურათის სქემატიზება და ემპირიული ფორმულებით სარგებლობა. მავალითად, ი. კოსტიაკოვი ნატურულ (ძირითადად ირიგაციულ არხებზე) დაკვირვებათა ინალიზის შედეგად იძლევა შემდეგ დამოკიდებულებას [11]

$$q = M/Q^N \quad (25.9)$$

აქ q არის წყლის დანაკარგი ფილტრაციისაზე არხის 1 კმ-ზე პროცენტებში არხის საანგარიშო Q ხარჯიდან; M და N — ემპირიული კოეფიციენტები, რომელთა მნიშვნელობა შესაბამისა არხის სქემატიზებულ

გეოლოგიურ სტრუქტურას: ძლიერ წყალშელწვეადი გრუნტები— $M=3,4$,
 $N=0,5$; საშუალო წყალშელწვეადი— $1,9; 0,4$; მცირე წყალშელწვეა-
დი— $0,7; 0,3$.

უფრო მიახლოებით, საშუალო წყალშელწვეადი გრუნტების არხებ-
ში ფილტრაციული დანაკარგები 1 კმ-ზე შეადგენენ:

დიდ არხებში ($Q=20\dots 100$ მ³/წმ)—ხარჯის $0,2\dots 0,5\%$ -ს;

მცირე არხებში ($Q=1\dots 50$ მ³/წმ)—ხარჯის $3\dots 4\%$ -ს.

დროთა განმავლობაში წყლის ფილტრაცია არხებიდან მცირდება
წყალში შეწონილი ნატანით არხის ბუნებრივი კოლმატაციის შედეგად.
მაგალითად, 6 წლის ექსპლუატაციის შემდეგ ყარაყუმის არხში წყლის
ფილტრაციული დანაკარგი ორჯერ შემცირდა.

მიუხედავად ამ ბუნებრივი ეფექტისა წყლის ფილტრაციის წინააღ-
მდეგ ტარდება სხვადასხვა ხელოვნური ღონისძიებები; მათი ძირითადი
მიზანია არხების ფსკერისა და ფერდობების წყალშელწვეობის
გაზრდა.

კოლმატაციე არხის კალაპოტის ფორმების გრუნტის წვრილი ნა-
წილაკებით ბუნებრივად შევსების პროცესია. თუ არხის წყალი შეატავს
შეწონილი ნატანის არასაკმარის რაოდენობას, მასში ხელოვნურად შე-
ყავთ თიხოვანი და ლამისებრი მასალა.

არხის ზედაპირის მექანიკური გამკვრივება მნიშვნელოვ-
ნად ზრდის გრუნტის წყალშელწვეობას. მაგრამ აქვე უნდა შევნიშოთ,
რომ ჯერ კიდევ შეუსწავლელია ამ მეთოდის ეფექტის დროში ცვალებ-
ადობის ხასიათი.

გარდა აღნიშნული ძირითადი მეთოდებისა ჰიდროტექნიკურ პრაქ-
ტიკაში ცნობილია დამარილიანების (გრუნტში მარილის შეყვან-
ვა), დანავთობიანების (ნავთობპროდუქტებით გრუნტის დამუშა-
ვება) და სხვა ხერხები. ფილტრაციის წინააღმდეგ ბრძოლის ყველაზე
ეფექტური საშუალებაა არხის პერიმეტრზე წყალშელწვევი ეკრანის ან
სამოსის მოწყობა (§ 25.4.2).

§ 25. 4. არხების კონსტრუქციულ-საშენიანო თვისებები

არხის ტრასის, გრძივი პროფილის, განივკვეთების, კონსტრუქ-
ციული ელემენტების (ჯებირები, სამოსი, დრენაჟი, ბერმები) დაგეგმა-
რება და ურთიერთშეხამება ხდება მრავალი პირველსაწყისი პირო-
ბისა და მისი გათვალისწინებით, რომ საინჟარიშო ხარჯის მიწოდების
თვითღირებულება იყოს შეძლებისამებრ მცირე.

● არხის ტრასირება ანუ არხის გრძივი ღერძის გეგმური მდებარეობის შერჩევა ხდება ვარიანტული პროექტირების მეთოდით, ამასთან გაითვალისწინება მშენებლობის რაიონის რელიეფი, გეოლოგია, პიროგეოლოგია, არხის გაბარიტები, მისი დანიშნულება, სიმშენებლო სამუშაოთა წარმოების მეთოდები, ტრასაზე დასახლებული პუნქტების, მდინარეების, გზების არსებობა და სხვ. არხის ტრასა არ უნდა გადიოდეს მეწყეროვან უბნებზე. მდგრად ფერდობზე არხი შეიძლება იყოს მთლიანად თხრილში; იძულებით შემთხვევაში ეწყობა მიწის ჯებირები ან ბეტონის კედლები (ნახ. 25 2).

არხის ტრასა შედგება სწორხაზოვანი და მრუდხაზოვანი უბნებისაგან. მრუდხაზოვანი უბნების ტრასირებისას უნდა დავიცვათ მოხვეულობის ზღვრული რადიუსის პრინციპი, რადგან არ მოადეს შეზნევილ ნაპირთან სიჩქარეებისა და სიღრმეების დაუშვებელი გაზრდა, არ გაუარესდეს ზამთრის რეჟიმი. მაგალითად, ენერგეტიკული არხების მოხვეულ უბნებზე მინიმალური რადიუსი განისაზღვრება სისტემით

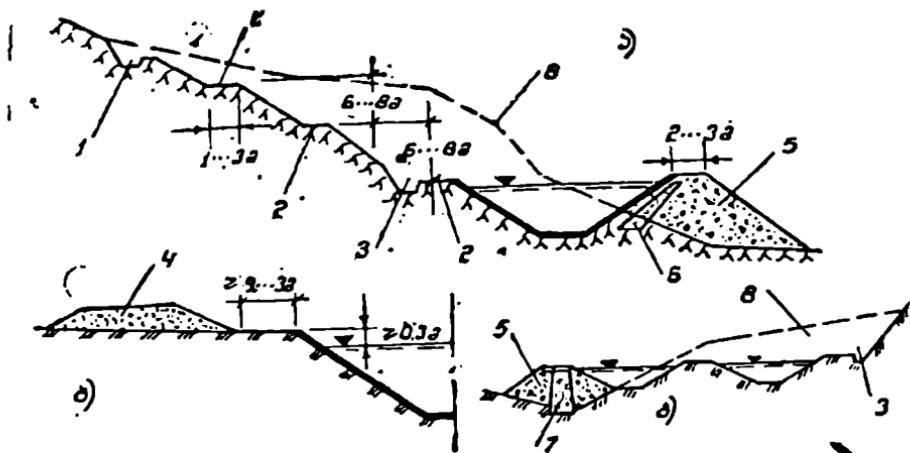
$$R_{min} = 11 \cdot v^3 \cdot \sqrt{w} + 12, \text{ მ}; \quad R_{min} > 5 \cdot b. \quad (25.10)$$

აქ w და v არის ცოცხალი კვეთის ფართობი და საშუალო სიჩქარე არხში საანგარიშო ხარჯის დროს;

b — არხის სიგანე ძირში.

● არხის ტრასირება გულისხმოს მისი გრძივი პროფილის თანდათანობით შერჩევა-დადგენასაც. ტრასის გრძივი ქანობი უნდა პასუხობდეს არხში დასაშვებ სიჩქარეების (25.7) პირობას. ცხადია, რელიეფი თუ სხვა პირველსაწყისი პირობა ყოველთვის არ იძლევა იმას საშუალებას, რომ არხი განსორციელდეს ერთიანი ქანობით, ამიტომ არხის გრძივი პროფილი მეტწილად წარმოადგენს სხვადასხვა ქანობიან უბნებს გაერთიანებულს შემაუღლებელი ნაგებობებით (§ 25.5.2)

● არხის ტრასირება, გრძივი პროფილისა და განივი კვეთის და გეგმარება, ცხადია, წარმოადგენს ორგანულად დაკავშირებულ ამოცანებს. არხის განივი კვეთის ძირითადი გაბარიტები არხის ცოცხალი კვეთის ზომების შესაბამისობაშია (§ 25.2.1). ზოგადად ცდილობენ არხის კვეთი მოათავსონ არაღრმა თხრილში და ამოღებული გრუნტი გამოიყენონ ყრილის, ჯებირების და კვალიერის ასაგებად (ნახ. 25.4). თუ არხების გაყვანა ხდება ღრმა თხრილებში, არხის ფერდოს წყლის-ზედა ნაწილში ეწყობა ბერმები; მათზე განლაგებულია კუევეტები, რომელთა დანიშნულებაა ზედაპირული წყლების დაქერა, შეკრება და ორგანიზებულად გატარება არხისათვის უშიშარ აღვლებში. ჯებირებისა



ნახ. 25.4. არხების განივკვეთის კონსტრუქციულ-სამშენებლო ელემენტები. 1—წყალსარი-ნი თხრილი; 2—ბერძი; 3—კოუეტი; 4—კალოჯი; 5—ჯები; 6, 7—ფილტრაციისსაწინალო მოწყობილობები; 8—სმელეთის თავდაპირველი ზედაპირი.

და ბერძების თხემის შემაღლება არხში წყლის უდიდესი ღონიდან განსახიზღვრება არხის კლასისა და სამოსის კონსტრუქციის შესატყვისად ქარის ტალღის მხედველობაში მიღებით და უნდა იყოს არანაკლები 0,3 მ-ისა. ჯებირები ფაქტობრივად წარმოადგენენ გრუნტის კაშხლებს; ჯებირის თხემის სიგანე ინიშნება სამუშაოთა წარმოების მეთოდის შესაბამისად, მაგრამ არანაკლები 2 მ-ისა.

წყალმოშარაგების არხებს ზოგჯერ აგებენ ორი ძაფის სახით (ნახ. 25.4, გ), რომელთაგან თითოეული უზრუნველყოფს სრულ გამტარუნარიანობას რომელიმე მათგანის რემონტის შემთხვევაში.

25. 4. 2. არხების სამოსები (გოპირკეთებები)

არხების ფსკერისა და ფერდობების სპეციალური სამოსით მოპირკეთება მიზნად ისახავს მნიშვნელოვანი საკითხის ერთდროულ გადაწყვეტას: არხის დაცვა ტალღების, ყინულის, მცურავი სხეულების მექანიკური ზემოქმედებისაგან; კალაპოტის ზედაპირის ეროზიაზე წინააღმდეგობის გაუმჯობესება, რაც საშუალებას იძლევა გავზარდოთ სიჩქარეები ანუ არხის გამტარუნარიანობა; არხის სიშქისის შემცირება; ფილტრაციულ დანაკარგებთან ბრძოლა; არხის რთული საინჟინრო-გეოლოგიური უბნების განხორციელება და სხვ. აქედან პირდაპირ გამომდინარეობს ის დასკვნა, რომ არხის სამოსების ამგვარ არსებული კლასიფიკაცია—დამცავი და ფილტრაციისსაწინალო სამოსები

ფრიად პირობითია, ვინაიდან ნუბისმიერი ტიპის სამოსი მეტნაკლებად პასუხობს ყველა აქ ჩამოთვლილ საკითხს.

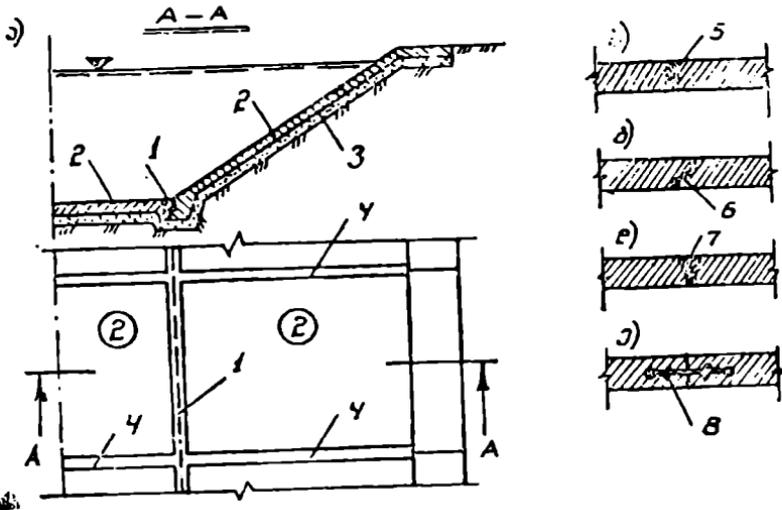
● აბხეზის მოპირკეთების ყველაზე გავრცელებული და ამასთანავე უნივერსალური სახეა ბეტონისა და რკინაბეტონის სამოსი. მას იყენებენ ბურცვად და დაჯდომად გრუნტებში, არხის იმ უბნებზე, სადაც მოსალოდნელია წყლის დონის მკვეთრი ცვალებადობა. საშენებლო-კონსტრუქციული თვალსაზრისით ბეტონისა და რკინაბეტონის სამოსი შეიძლება განხორციელდეს მონოლითური ბეტონის, მონოლითური რკინაბეტონის ან ბეტონის (რკინაბეტონის) ასაწყობი ფილების სახით.

ბეტონის მონოლითური სამოსი 0,06...0,2 მ სისქის ბეტონის ფენაა, რომელიც დაისხმება უშუალოდ ადგილზე არხის ფსკერსა და ფერდობებზე მოწყობილ ქვებზე-ხრეშოვან მფილტრავ საგებზე (ნახ. 25.5). საგების სისქე, ჩვეულებრივ, შეადგენს 0,1...0,15 მ-ს, ბურცვადი თხილვანი გრუნტების შემთხვევაში კი მას ზრდიან 0,3...0,5 მ-მდე. რკინაბეტონის მონოლითური სამოსი განირჩევა ბეტონისაგან ნაკლები სისქით; ასეთ სამოსში არმირება შეადგენს 0,2...0,4 % -ს. რკინაბეტონის მონოლითურ სამოსს აწყობენ დეფორმირებად და ნაკლებად მდგრად, კერძოდ, ლიოსისებურ და ბურცვად გრუნტებში.

ტემპერატურულ-დაჯდომითი დეფორმაციების მიზეზით მონოლითურ სამოსში ბზარების გაჩენის თავიდან ასაცილებლად მოპირკეთებაში აწყობენ განივ და გრძივ დეფორმაციულ ნაკერებს. განივ ნაკერებს შორის მანძილია 10...12 მ. ამჟამად არსებობს ნაკერების შემკიდროების საკმაოდ საიმედო კონსტრუქციები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ნაკერის ჰერმეტიზაციას (ნახ. 25.5. ბ).

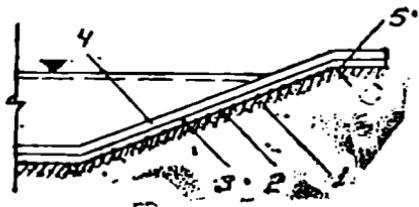
მონოლითურთან შედარებით ბეტონის (რკინაბეტონის) ასაწყობ მოპირკეთების უპირატესობებია: ბეტონის (რკინაბეტონის) ფილების შიდალი ხარისხი, მშენებლობის შიდალი ტემპები, მასალის არსებითი ეკონომია. მათ შთავარ ნაკლად მიიჩნევენ ფილებს შორის ნაკერების დიდ ჩაოღენობას, რაც მეტად აძნელებს არხის მოპირკეთების წყალშეუღწევობის უზრუნველყოფას. რეკომენდებულია რაც შეიძლება დიდი ზომის ფილების დამზადება. ფილების სისქე არ აღემატება 10 სმ-ს. ფილებს ალაგებენ წინასწარ მომზადებულ ხრეშოვან საგებზე. ნაკერების შემკიდროებისათვის ხშირად იყენებენ პლასტიფიკირებული ბიტუმიის მასტიკას. ბეტონის (რკინაბეტონის) ასაწყობ მოპირკეთებას მიმართავენ მხოლოდ არხის სწორხაზოვან უბნებზე; მოხვეული უბნების მოპირკეთება მონოლითური სახისაა.

● ასფალტბეტონის სამოსე მზა საკმაოდ დიდ გავრცელება პპოვა პიდროტექნიკურ მშენებლობის პრაქტიკაში, რაც აიხსნება მათი რიგი ტექნიკური უპირატესობით (შიდალი წყალშეუღწევობა, პლასტიკურობა, სამუშაოთა ფართო მექანიზაციის შესაძლებლობა, ეკონომი-



ნახ. 25.5. არხების ბეტონისა და რკინაბეტონის საშოსი. ა—საშოსი გრძივი დეფორმაციული ნაქერით (1); ბ, გ, დ, ე—დეფორმაციული ნაქერების და მათი შეშპიდრობის სქეშები; 2—ბეტონის (რკინაბეტონის) საშოსი; 3—ქვიშა-ბრუნვა-ვანი საიგები; 4—განყოფილებული ნაქერები; 5—გაფისული ფიცარი; 6—ფეგურული ნაქერი შეესებულ ბიტუმი; 7—მასტიკა; 8—დაპროფილებული რეზინა.

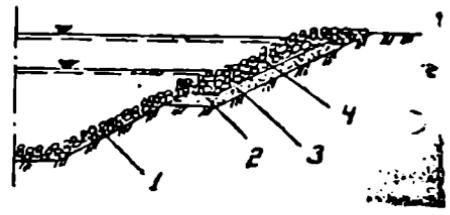
კურობა). ძლიერ დეფორმირებად გრუნტებში ასფალტბეტონში არშატრის სახით ათავსებენ ლითონის ბადეს, რაც საგრძნობლად აუმჯობესებს საფარის ტექნიკურ მახვენებლებს. აღსანიშნავია ასფალტბეტონის შოპირკეთების უარყოფითი მხარეებიც: მცენარეების ამოზრდის შედეგად საფარის მთლიანობის დარღვევა, ცხელი კლიმატის პირობებში ასფალტბეტონის ჩამოცოცება და სხვ. ამოზრდის აღკვეთის მიზნით ასფალტბეტონის დიგების წინ არხის კალაპოტს ამუშავენ სპეციალური ჰერბიციდებით. ასფალტბეტონს ძირითადად იყენებენ ფერდობებზე დახრით $m \geq 2$. საშოსის ფენის სისქე შეადგენს 5...8 სმ-ს.



ნახ. 25.6. არხი პოლიმერული ფისის ეკრანით 1—ჰერბიციდებით დამუშავებული გრუნტის ფენი; 2—ფისი; 3—გრუნტის დამცველი ფენი; 4—არხის საფარი; 5—ფისის ეკრანის კედის ჩამაგრები.

● მტკიცე პოლიმერული ფისების წარმოების სწრაფმა განვითარებამ ბიჭვი მისცა პოლიმერული ფისის საშოსების ფართო გავრცელებას პირობითექნიკურ, კერძოდ კი არხების მშენებლობის პრაქტიკაში (ნახ. 25.6). უფრო ზუსტად, პო-

ლიპერული აფსკი ასრულებს ფელტრაციის საწინააღმდეგო ფუნქციას: არხის კარგად მოსწორებულ კალაპოტზე დაფენილია აფსკი (სისქით 0,2...0,3 მმ), რომელიც ზემოდან დაცულია გრუნტის ფენით არანაკლები 0,5 მ-ისა. აფსკის კიდეები ჩაანკრებულია არხში წყლის საანგარიშო ღონიდან 0,2...0,4 მ-ის სიმაღლეზე. აფსკის სამოსება (ეკრანები) ხასიათდება მცირე სისქით, მოქნილობით, სიმტკიცით და პრაქტიკულად სრული წყალშეუღწევობით. ამ კონსტრუქციის ნაკლოვანი მხარეებიდან აღსანიშნავია მღრღნელების მიერ აფსკის გაფუჭების საშიშროება, აფსკის მასალის დაძველება, გრუნტთან ცუდი შეკიდულობა. მიუხედავად ამისა, პოლიმერული აფსკეები უზრუნველყოფენ არხების ნორმალურ ექსპლუატაციას 10...30 წლის განმავლობაში.



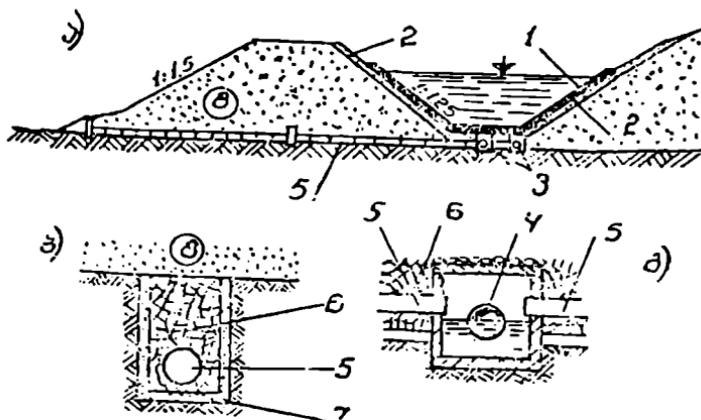
ნახ. 25.7. არხის ქვეყრილის სამოსი. 1—შეშლუბებული მოპირკეთება; 2—მისაბჯენი პოიზმა; 3—საგები ფენა; 4—ქვის ყრილი.

● არხის მოპირკეთება ქვის მასალით განსაკუთრებით მზანშეწონილია მაშინ, როდესაც არხი გადის მევირე, საკმაოდ წყალშეუღწვევ გრუნტებში და, რაც მთავარია, ქვის მასალა მოიპოვება ადგილზე. ზემომოყვანილი კონსტრუქციებისაგან განსხვავებით ქვის სამოსებს ეკისრებათ მხოლოდ წყლისა და მცურავი სხეულების მექანიკური ზემოქმედებისაგან არხის დაცვის ფუნქცია, რადგან მათი ფელტრაციის-საწინააღმდეგო ფუნქტი უშინშენილოა.

ქვის სამოსის ყველაზე გავრცელებული სახეობაა ბრემით (ლორლით) და ქვის ყრილით მოპირკეთება (ნახ. 25.7); ქვის მოკირწყლას ამჟამად მიმართავენ მხოლოდ განსაკუთრებულ შემთხვევებში საშუალოთა დიდი შრომატევადობის გამო მოსაპირკეთებლად გამოსადევია 20...40 მმ დიამეტრის ბრემი და 40...70 მმ ლორლი. სამოსის სისქე შეადგენს 15...20 სმ ს. მცურავ და სუფოზიურ გრუნტებში ის ეწყობა მსხვილმარცვლოვანი ქვისის საგებზე (10...15 სმ). ქვაყრილს, როგორც წესი, აკეთებენ მსხვილ არხებზე. ქვის სამოსის ფენა უნდა იყოს არანაკლებ ქვის სამი დიამეტრის სისქის; ქვა იყრება ლორლის 15...20 სმ-იან საგებზე.

25. 2. 2. არხების დრენაჟი

როდესაც არხის გარშემო გრუნტის წყლების მაღალი ღონეა, არხში წყლის სწრაფი დაწვეის ან დაცლის დროს წყალშეუღწვევ სამოსზე ეითარდება მნიშვნელოვანი ფელტრაციული წნევა; ზამთარში მოსალოდ-



ნახ. 25.8. არხის ღრუნაჲის სქემა. ა—არხის განივკვეთი; ბ, გ—ღრუნაჲის ღრულები; 1—არხის საშოსი; 2—საგები ფენა; 3—გრძივი ღრუნაჲი; 4—კოლექტორი; 5—ვანივი ღრუნები; 6—სადრუნაჲო ტრანზეის შეესება; 7—ქვიშის ფენა; 8—ქებარა.

ნელთა დამატებითი დატვირთვებში დეტენიანებული თიხოვანი გრუნტების ბურცვის შედეგად; არხიდან ფილტრაციამ შეიძლება გამოიწვიოს მოძიჯნავე ტერიტორიების გრუნტის წყლების აწევა, დაკობება, დემარალიანება. ყოველივე აქ ჩამოთვლილის თავიდან იცილების მიზნით არხის ქვეშ, შისი ღრძის გასწვრივ ათავსებენ ერთ, ბოლო დიდ არხების შემთხვევაში—ორ ღრუნაჲს (ნახ. 25.8). ღრუნაჲის მთავარი კონსტრუქციული ღრულები კერამიკული, ბეტონის, რკინაბეტონის ან ასბესტციმენტის პერფორირებული შილები. ღრუნაჲის მიღებში შეკრებილი წყლების გასაყვანად არხის ტრასის გასწვრივ 100.-200 მ-ის ინტერვალებით იწყობა ვანივი ღრუნები (საწრეტები).

არხის ღრუნაჲის გამართულ მუშაობას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება სასმელი წყლით წყალმომარაგების შემთხვევაში, რათა გამოირიცხოს გრუნტის წყლების არხში შეღწევა და სასმელი წყლის გაქუცყინება.

§ 25. 6. არხზე მოთავსებული ნაგებობები

არხის გრძივი პროფილის მკვეთრი გადატეხების და გეოგრაფიული ან ხელოვნური წინააღმდეგობების დასაძლევად, ამასთანავე არხიდან წყლის განაწილება-რეგულირების მიზნით არხზე, ჩვეულებრივ, მოთავსებულია სხვადასხვა სახის სპეციალური ნაგებობა, რომელთა დაჯ-

გუფება შესაძლებელია მათი ძირითადი დანიშნულების შესაბამისად: წყალსატარი (არხისაგან განსხვავებული), შემაჯღებელი და მარეგულირებელი.

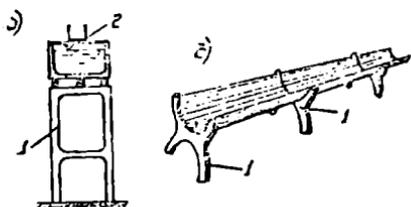
მს. მ. 1. წყალსატარი ნაგებობები

არხების რთული ტრასის შემთხვევაში ხშირად ტექნიკურ-ეკონომიკურად გამართლებულია გარკვეულ უბნებზე არხის წესდლა სხვა ტიპის წყალსატარი ნაგებობებით; ასეთი ნაგებობებია: ღარები, მილსადენები, გვირაბები, გალერეები, აკვედუკები, დიუკერები.

ღარები არის სხვადასხვაგვარი განივკვეთის ხელოვნური კალაპოტები ხის, ბეტონის, რკინაბეტონის ან ფოლადის მასალისაგან; ისინი ეწყობა უშუალოდ მიწის ზედაპირზე ან ესტაკადებზე (ნახ. 25.9).

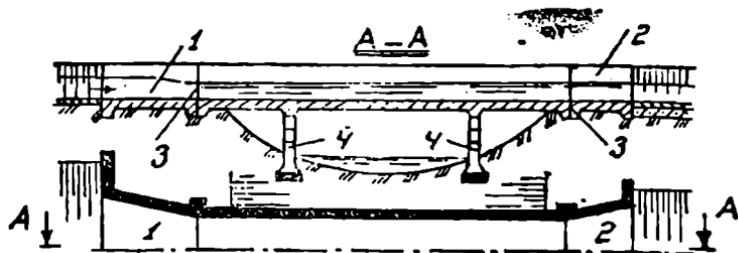
არახელსაყრელ კლიმატურ პირობებში, მეწყერული და სელური მოქვდების თუ ქვის ცვენის უბნებზე არხს ხშირად ცვლიან შეკრული კვეთის წყალსატარებით, — მილსადენებით, გალერეებით; ზოგჯერ, რთულ ტრასაზე საჭირო გვირაბის გაყვანა.

ნახ. 25.9. წყალსატარი ღარის სახეები. ა—რკინაბეტონის ღარი ესტაკადზე; ბ—პირაბოლური ისაწყობი რკინა-ბეტონის ღარი; 1—საყრდენები; 2—სასმისახურო ბოგა.

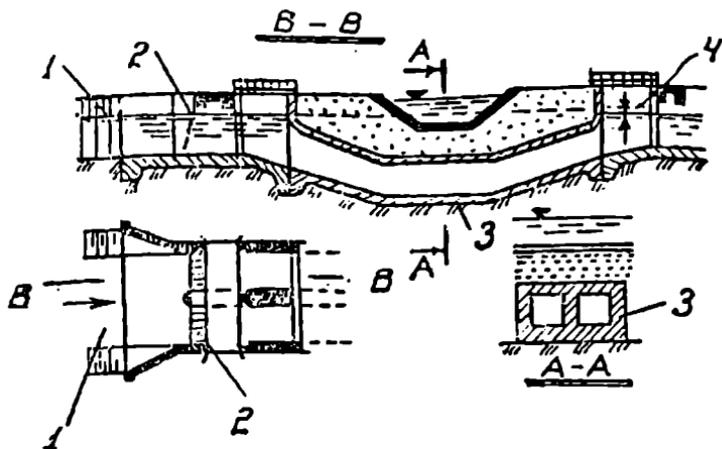


ბუნებრივ თუ ხელოვნურ წინააღმდეგობებზე (მდინარე, გზა, ხრამი, მშრალი ხევი) არხის გადატარების ყველაზე ძველი და საიმედო საშუალებაა აკვედუკის—ხიდის-მაგვარი წყალსატარის მოწყობა (ნახ. 25.10).

დიუკერებს აკეთებენ იმ შემთხვევაში, როდესაც აკვედუკის გამოყენება მიზანშეუწონელი ან შეუძლებელია (ნახ. 25.11). იგი წარმოადგენს დაწნევიტ რეჟიმში მომუშავე წყალსატარის მდინარის, არხის,



ნახ. 25.10. აკვედუკი 1,2—შესასვლელი და გამოსასვლელი ნაწილი; 3—ფორმირებული ნაყარი; 4—საყრდენები.



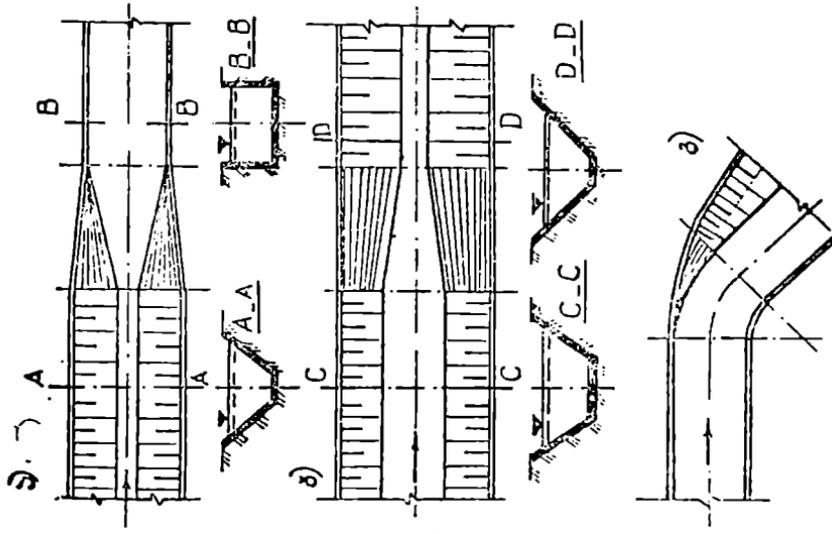
ნახ. 25.11. დიუკერი; 1—არხი; 2—ნაგებამუშეო გისოსი; 3—რკინაბეტონის შილი; 4—ღონეთა სხვაობა.

გზის ქვეშ დახურული—მიწისქვეშა მოთავსებით, ან ღია—მიწისზედა მოთავსებით ღრმა ხეობების, ხრამების, მშრალი ხეების ფერდობებზე და ფსკერზე.

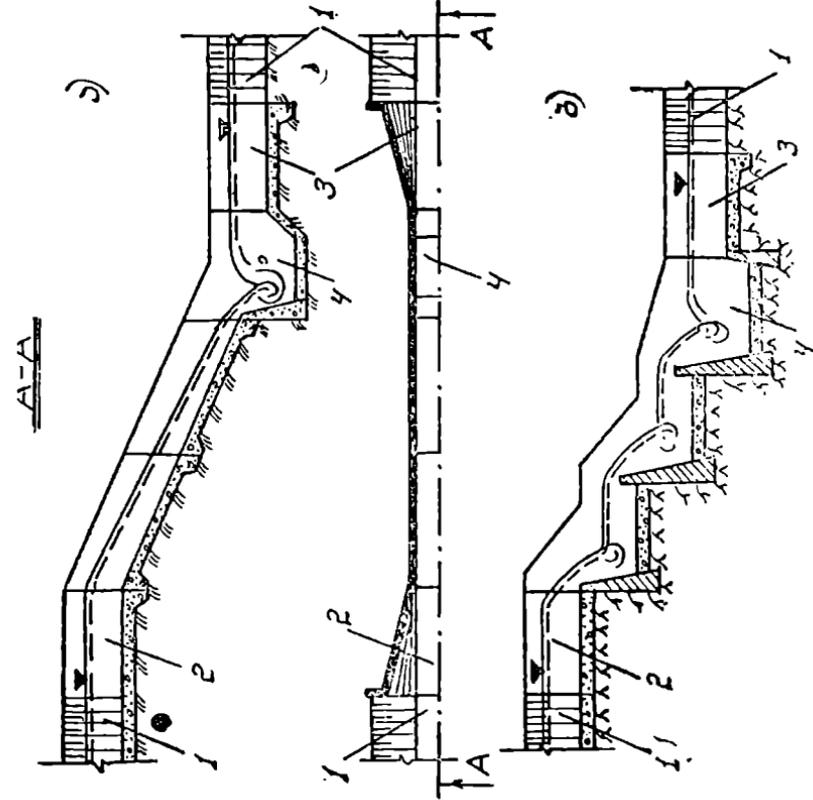
25. 5. 2. შემაჯღლეველი ნაგებობები

შემაჯღლეველ ნაგებობებს შიშართავე რთული რელიეფის ადგილებში, როდესაც არ ხერხდება არხის ერთიანი დასაშვები ქანობით განხორციელება და საჭირო ხდება გრძელ პროფილზე გადატების უზენის გათვალისწინება. ამ დროს ადგილი შეიძლება ჰქონდეს ორ განსხვავებულ შემთხვევას: წყლის ტრანსპორტირება არხის მაღალნიშნულზე ბიანი უზნიდან დაბალ უზნებზე, წყლის მკვეთრი აწევა-ტრანსპორტირება დაბლიდან მაღალ ნიშნულებზე. პირველ შემთხვევაში შემაჯღლეველი ნაგებობები ძირითადად წარმოდგენილია სწრაფ დენების და ვარდნილების სახით (ნახ. 25.12), მეორეში კი—იძულებული ვხდებით მოვაწყოთ სატუმბო სადგურები.

არხის ტრასაზე საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების ცვლილების შესაბამისად იცვლება არხის განივკვეთის ფორმებიც და ზომებიც; არხის სხვადასხვა განივკვეთის მქონე მეზობელი უზნების მდოვრედ შეერთება ხორციელდება შემაჯღლეველი ნაგებობების—გადასასვლელიების მეშვეობით (ნახ. 25.13). გადასასვლელიების მოწყობა გვირდება იმ უზნებზეც, სადაც ხდება არხზე მდებარე განსხვავებული ტიპის წყალსატარი ნაგებობის შეუღლება (მაგალითად, არხიდან სადაწნეო მილსადენში ან გვირაბში გადასასვლელი უბანი).



ნახ. 25.13 არხის გადასასული უბნების მაგალითები.
 ა—ტრაპეციულ და სწორკუთხე განივებებს შორის;
 ბ—სწორკუთხე ტრაპეციულ განივებებს შორის;
 კ—მონივრულ უბანზე.



ნახ. 25.12. უმეულბედი ნივთები არხზე. ა—სწრაფი; ბ—მრავალსაფე-
 ჯურიანი ვარდნილი; 1—არხი; 2, 3—შესასვლელი და გამოსასვლელი ნაწილი;
 4—წყალსაცემი ქი.

25. 5. 3 შარბულრიკებელი ნაგებობები

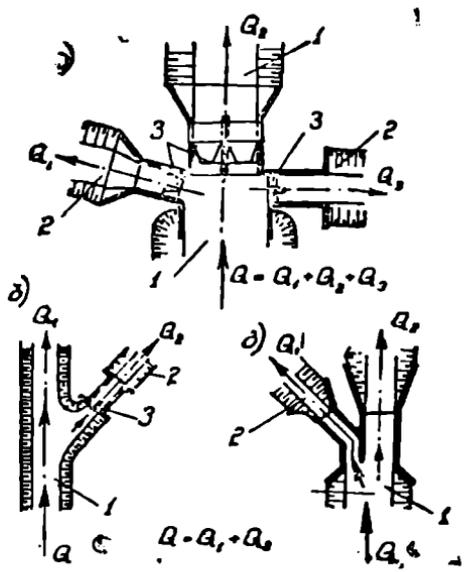
ირიგაციულ და წყალმომარაგების სისტემებზე ყოველთვის საჭიროა მთავარი (მაგისტრალური) არხიდან განშტოებების მოწყობა და მათში წყლის ხარჯებისა და დონეების რეგულირება. ამ ამოცანის გადასაწყვეტად არხებზე ათავსებენ მარჯვლირებელ ნაგებობებს—სხვადასხვა ტიპის შლუზ რეგულატორებს და წყალგამყოფებს.

შლუზ-რეგულატორი (ნახ. 25.14, ა, ბ) კონსტრუქციულად კაშხლის პრინციპის ნაგებობაა, რომელიც საკეტების მეშვეობით არეგულირებს ხარჯებს მაგისტრალურ არხში და განშტოებებში; მას შეუძლია არხის მთლიანად გადაკეტვა. შლუზ-რეგულატორს განალაგებენ განშტოებაზე ან მთავარ არხსა და განშტოებაზე ერთად. კონსტრუქციულად შლუზ რეგულატორი შეიძლება იყოს ღია, მილისებრი (დახურული) და ლიფრავებული სახის [25, ნაწ. II, გვ. 188]

რეგულატორებისაგან განსხვავებით წყალგამყოფებს (ნახ. 25.14. გ) არ გააჩნიათ საკეტები ანუ არ ძალუძთ ხარჯებისა და დონეების რაოდენობრივი რეგულირება; წყალგამყოფები უზრუნველყოფენ მთავარ არხსა და განშტოებებში გამავალი ხარჯების წინასწარ ფიქსირებულ თანაფარდობას (გამოიყენება ძირითადად ირიგაციულ არხებზე).

ექსპლუატაციის პირობების დარღვევის, ავარიისა თუ სხვა გაუთვალისწინებელი გაჩემობის შემთხვევებში არხის გადავსების თავიდან აცილების მიზნით მასზე ეწყობა წყალსაგდებები. მათ ბშირად იყენებენ ყინულის, თოშისა თუ მკურავი სხეულების გადასაგდებადაც.

დასასრულს შევნიშნავთ, რომ 25.5 პარაგრაფში მიმოხილულია ის სპეციალური ნაგებობები, რომლებიც მღებარეობენ უშუალოდ არხის ტრასაზე და არხთან ერთად კმნიან ერთიან



ნახ. 25.14. ხარჯების მარჯვლირებელი ნაგებობები: ა—შლუზ-რეგულატორების სისტემა; ბ—რეგულატორი მხოლოდ განშტოებაზე; გ—წყალგამყოფი; 1—მაგისტრალური არხი; 2—განშტოებები; 3—რეგულატორები.

წყალსატირ სისტემას. გარდა ამისა, არხების მშენებლობა დაკავშირებულია ისეთ ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა განხორციელებასთან, როგორცაა ღვარცოფსატარებელი—ღვარცოფული (სელური) ნაკადების არხებზე გადასატარებლად ანუ ამ ნაკადებისაგან არხების დასაცავად, ღვარცოფები მიღები—ნიაღვრის წყლების, ნაკადულების და სხვა მცირე წყალნაკადების გასაყვანად არხის ქვეშ.

XXVI თავი

სარეზერვუარი და ნაპირსამაგრი ნაგებობები

წყალნაკადი მრავალგვარ ზემოქმედებას ახდენს თავის კალაპოტზე და გარდაქმნის მას ღრობი და სივრცეში; ამ გადაფორმირების პროცესში, კალაპოტი, თავის მხრივ, ასევე დიდ გავლენას ახდენს წყლის ნაკადზე, და ურთიერთქმედების ეს ბუნებრივი პროცესი, რომელსაც კალაპოტური პროცესები უწოდებენ გრძელდება დაუსრულებლად (§ 9.2). ბუნებრივი კალაპოტური პროცესები ბევრ შემთხვევაში ხელს უშლის, აძილებს ან შეუძლებელს ხდის წყლის შეურთების ამ თუ მ ღონისძიების განხორციელებას; ასეთ პროცესებს შეიკუთვნება: მდინარეთა მუანდრირება, ხეტილი, სივარგული მიწების დატბორვა, ნაპირების ჩამონგრევა, წყლის მიღების პირობების გაუარესება და სხვ. ბუნებრივი კალაპოტური პროცესების წყალსამეურნეო მიზნების შესაბამისად გარდაქმნა წარმოებს სარეზერვუარი (გამასწორებელი) და ნაპირსამაგრი ჰიდროტექნიკური ნაგებობების ნეშეობით.

§ 26. 1. მდინარეთა რეზერვუარის ძირითადი ამოცანები.

სარეზერვუარი ნაგებობები

კალაპოტური პროცესების ხელოვნურად შეცვლა წყალსამეურნეო მიზნისათვის საკარო მიმართულებით და მათი უარყოფითი გამოვლინების წინააღმდეგ ბრძოლა წყალნაკადის რეგულირების მთავარი მიზანია.

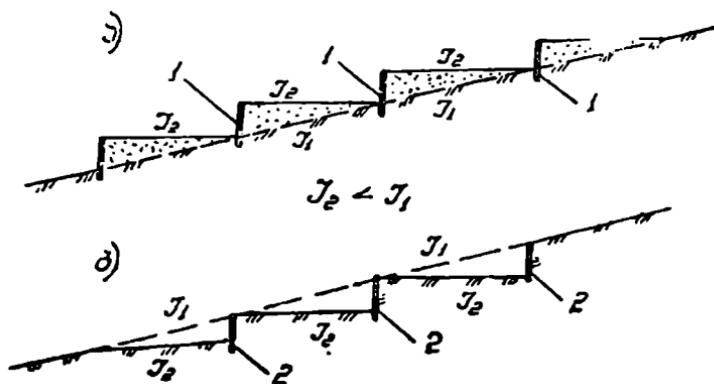
§ 26. 1. 1. მდინარეთა რეზერვუარის ძირითადი ამოცანები

წყალნაკადისა და მისი კალაპოტის ურთიერთქმედების შედეგად განვითარებულ ბუნებრივი მოვლენები (კალაპოტისა და ფერდობების ეროზია, ნატანის ტრანსპორტირება, ნატანის დალექვა) წარმოადგენს კალაპოტების გადაფორმირების ანუ კალაპოტური პროცესების შენაარსს. მდინარის გრძივი კვეთი თავის განვითარებაში მისიწრაფვის წონასწორობის პროფალისაკენ (§ 3.4), რომელზედაც, როგორც ვიცით, შეიქმნე-

ვა სამი დამახასიათებელი ზონის არსებობა. მდინარეთა რეგულირების ამოცანები, უპირატესად განისაზღვრება „წყალნაკადი-კალაპოტი“-ს სისტემის იმ თავისებურებებით, რომლებიც დამახასიათებელია ამ ზონებისათვის.

● მდინარის ზემო წელში, რომელიც, ჩვეულებრივ, ხასიათდება დიდი ქანობებითა და სიჩქარეებით, განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ფერდული და სიღრმული კალაპოტური ეროზიის წინააღმდეგ ბრძოლას ფერდობებზე და კალაპოტში წყლის ნაკადის სათანადო რეგულირების მეშვეობით. ფერდული ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების ძირითადი მიზანია ზედაპირული ჩამონადენის გადანაწილება გრუნტში წყლის გაგონვის გაძლიერების გზით [25]; ნიადაგის სტრუქტურის შექმნა და შენარჩუნება სათანადო დამუშავებითა და თესვბრუნვის გამოყენებით, ფერდობების გატყიანება, ფერდობების განივად (პორიზონტალების გასწვრივ) მოხენა, პორიზონტალების გასწვრივ განიერი და ღრმა კვლების ჩაქრა, წყალშემკრები თხრილების მოწყობა, ფერდობების დატერასება ზვინულების მეშვეობით და სხვ. კალაპოტის სიღრმული ეროზიის რეგულირება გულისხმობს კალაპოტის საერთო საშუალო ქანობის შემცირებას საგუბრების (კაშხლის მაგვარი ნაგებობები სიმაღლით 1,5...3 მ) და ზღურბლების (კალაპოტის ძირში ჩაღრმავებული კედლები) მოწყობით (ნახ. 26.1).

● მდინარის შუა და ქვედა წელში (დინებაში) კალაპოტური პროცესებისათვის დამახასიათებელია, როგორც სიღრმული, ასევე გვერდითი ეროზია და ამისთანავე ადგილი აქვს ნატანის აქუმულაციას; ასე რომ, ამ ზონებში კიდევ უფრო რთულდება რეგულირება. მდინარეთა ცალკეული უბნების რეგულირების აუცილებლობა და ხასიათი განპირო-



ნახ. 26.1. სიღრმული ეროზიის რეგულირების მაგალითები.
ა — საგუბრებით (1); ბ — ზღურბლებით (2).

ბებუღია რომელიმე წყალსამურნეო მიზნით; ასე, მაგალითად, რეგულირება საჭიროა წყალმიმღებ ნაგებობებთან, სავარგული მიწების დასაცავად, წყალდიდობასთან ბრძოლისათვის, ქალაქებისა და დასახლებული პუნქტების ტერიტორიის ფარგლებში, მდინარეზე ნაოსნობისათვის და ა. შ. ამ ამოცანების გადაწყვეტისას ცდილობენ მოახდინონ მდინარის საანგარაშო უბნის საერთო რეგულირება (გასწორება) ანუ შექმნან მდინარის დარეგულირებული (მდგრადი) კალაპოტი; ასეთად იწოდება მდინარის კალაპოტის ისეთი მდგომარეობა, რომლის დროსაც მდინარის საანგარაშო უბანზე ნაკადის წამრეცხ ძალისა და წარეცხვისადმი კალაპოტის გრუნტების წინააღმდეგობას შორის, აგრეთვე ნაკადის ტრანსპორტუნარიანობასა და ნატანის ჩამონადენის ფაქტიურ რაოდენობას შორის დამყარებულია გარკვეული შესაბამისობა [25, ნაწ. II, გვ. 284].

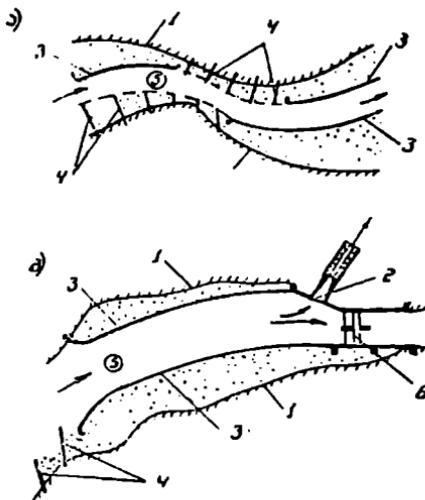
მდგრადი კალაპოტის ელემენტები შეიძლება განისაზღვროს ნატურულ დაკვირვებათა საფუძველზე მიღებული ემპირიული ფორმულებით. მაგალითად, ს. ალტუნინის მიხედვით კავშირი მდგრადი კალაპოტის B სიგანეს (β), კალაპოტის მაფორმირებელ Q ხარჯსა (Q/β) და გრძივ I ქანობს შორის გამოიხატება ფორმულით

$$B = A - \frac{Q^{0.5}}{I^{0.2}} \quad (26.1)$$

სადაც A არის მდგრადობის პარამეტრი და ახასიათებს კალაპოტის განივ პროფილს [1, გვ. 31, ცხრ. 1].

მდგრადი კალაპოტის საშუალო სიღრმე შეიძლება განისაზღვროს (9.28) გამოსახულებით. მდგრადი კალაპოტის ტრასას, ს. ალტუნინის დაკვირვებით, გომში აქვს კლაკინლის ფორმა (ნახ. 26.2).

მდინარის დარეგულირება შრავალ საინჟინრო-ტექნიკურ სირთულესთანაა დაკავშირებული და უპირატეოდ ხორციელდება სხვადასხვა ტიპისა და კონსტრუქციის სარეგულაციო ნაგებობებით. წყალნაკადის დინამიკური



ნახ. 26.2. მდინარის დარეგულირებული (მდგრადი) კალაპოტის შექმნის მაგალითები. ა—დარეგულირება ბუნებრივი კალაპოტის შეზღუდვით (შევიწროებით); ბ—კალაპოტის დარეგულირება წყალმიმღებ პიდროკეანთან; 1—თაღდამირველი კალაპოტი; 2—წყალმიმღები; 3—გრძივი სარეგულაციო ყებობები; 4—განივი სარეგულაციო ყებობები (ღებობა); 5—დარეგულირებული კალაპოტი; 6—კიშხალი.

ლერძის შიშართ განლაგების ხასიათის მიხედვით განასხვავებენ გრძივ და განივ სარეგულაციო ნაგებობებს: გრძივ სარეგულაციო ნაგებობებს (ჯებირებს) ათავსებენ ბუნებრივ ან დასაპროექტებელი სანაპირო ხაზის გასწვრივ; განივ სარეგულაციო ნაგებობები მოგვხვდება ნაკადის დინამიკური ლერძის მიშართ მართი ან შახვილი კუთხით და ცხაღია, წყალთან მათი ურთიერთმოქმედება ბევრად უფრო აქტიურია.

● სათანადო გეგმური მოხაზულობის მდგრადი კალაპოტის შექმნა და წყლის სიღრმეების ხელოვნურად გაზრდა ხშირად წარმოადგენს მდინარის გარკვეული უბნის დარეგულირების მთავარ ამოცანას. მისი გადაწყვეტა მეტწილად ხდება მდინარის ბუნებრივი კალაპოტის სათანადო შეზღუდვით (შევიწროებით), ამასთან შესაქლებელია შეზღუდვის სხვადასხვა სქემები (ნახ. 26.2. ა); გრძივი ჯებირებით, განივი ჯებირებით, კომბინირებული ხერხით.

● კალაპოტის რეგულირება წყალმიღებ ნაგებობებთან გამიზნულია ისეთი მნიშვნელოვანი საკითხების გადასაჭრელად, როგორცაა: წყალმიღების უბანზე კალაპოტის სათანადო გეგმური მოხაზულობის შექმნა და წყალმიღები ხერხებებს მოთავსება დარეგულირებული კალაპოტის შეზნეილ ნაპირზე (ნახ. 26.2. ბ); უკაშლო წყალმიღების შემთხვევაში ნატანის ტრანსპორტირების უზრუნველყოფა ძირითადი კალაპოტის გასწვრივ, რათა წყალმიღებში მოხედეს რაც შეიძლება ნაკლები ნატანი; კაშლიან (დაბალაწნევიან) წყალმიღებთან პისასვლელი უბნის სიგანის შექმნა იმის გათვალისწინებით, რომ კაშლის გამრეცი ხერხების გახსნისას მოხდეს დაღეკილი ნატანის რაც შეიძლება დიდი უპრობით წარცხვა; ფსკერული ნატანდაშკერი გაღერების წარპატებით მუშაობისათვის სასურველი პილრაველიკური რეჟიმის უზრუნველყოფა.

● ნაოსნობისათვის მდინარის რეგულირებას ენიანა გენის სავალის სიღრმისა და სიგანის გაზრდა, გზის სიგრძის შემოკლება (კლაკინილი უბნების გასწორების გზით), დინების სიჩქარეთა შემცირება, ფარვატერისათვის მლოვრე მოხაზულობის მიცემა.

● როგორც ვთქვით, კალაპოტის დარეგულირებისათვის აშენებენ გრძივ და განივ ჯებირებს. გრძივი ჯებირი, მიჰყვება რა გრძივად წყალნაკადს, ქმნის შეღარებით მშვიდ და უსაფრთხო პილრაველიკურ რეჟიმს; ასეთი ნაგებობების ნაკლია მათი ნაკლებდმოქნილობა, საპიროების შემთხვევაში გადაკეთების შეუძლებლობა და შეღარებითი სიძვირე. განივი საბის ნაგებობები აქტიურად მოქმედებენ წყალნაკადზე, მნიშვნელოვნად გარდაქმნიან მის პილრაველიკურ რეჟიმს და კალაპოტის რე-

ლიეფს. განივი ჯებირების უპირატესობა იმაში გამოიხატება, რომ ყოველთვის შესაძლებელია მათი დაგრძელება ანუ მდინარის უფრო მეტად შეზღუდვა, ჯებირების დამატება თუ მოშლა; ჯებირებს შორის სივრცეში წყალი მოძრაობს შენელებული სიჩქარით, რის გამოც იქ ხდება შეწონილი ნატანის დაღევეა და ხელოვნური ნაპირის წარმოშობა განივი ჯებირებით კალაპოტის რეგულირების სამუშაოები შედარებით აადვილებს.

26. 1. 2. სარეგულაციო (გამასწორებელი) ნაპირგამაგრი

ნაგებობებს, რომელთა მეშვეობითაც ხდება მდინარის კალაპოტის ამა თუ იმ წყალსამუხრუნეო დანიშნულებით რეგულირება, სარეგულაციო ნაგებობები ეწოდება. ისინი გამოირჩევა დიდი შრავალსახეობით; აქ განვიხილავთ კლასიფიკაციას მხოლოდ მთავარი ნიშნების მიხედვით.

● სამსახურის ვადის მიხედვით განარჩევენ მუდმივ და დროებით სარეგულაციო ნაგებობებს. მუდმივი ნაგებობები შედის კალაპოტის რეგულირების გენერალური გეგმით გათვალისწინებულ ნაგებობათა შემადგენლობაში და წარმოადგენს ხანგამძლე და მტკიცე საშენი მასალით ნაგებ კონსტრუქციებს; ისინი შეიძლება იყოს გრუნტის, ქვაყრილის, მშრალი წყობის, ბეტონის, რკინაბეტონის, ლითონის. დროებითი ნაგებობები გამოიხედავს ცალკეული უბნების დროებითი რეგულირებისათვის, აფარიის თავიდან აცილების ან ლიკვიდაციისათვის; ისეთი სარეგულაციო ნაგებობების მასალად გამოდგება წნელი, ფიხი, ფიხკონის ან ტოტების წყობა, ტირიფის ნარგავეები, გრუნტი, ქვა და ა. შ.

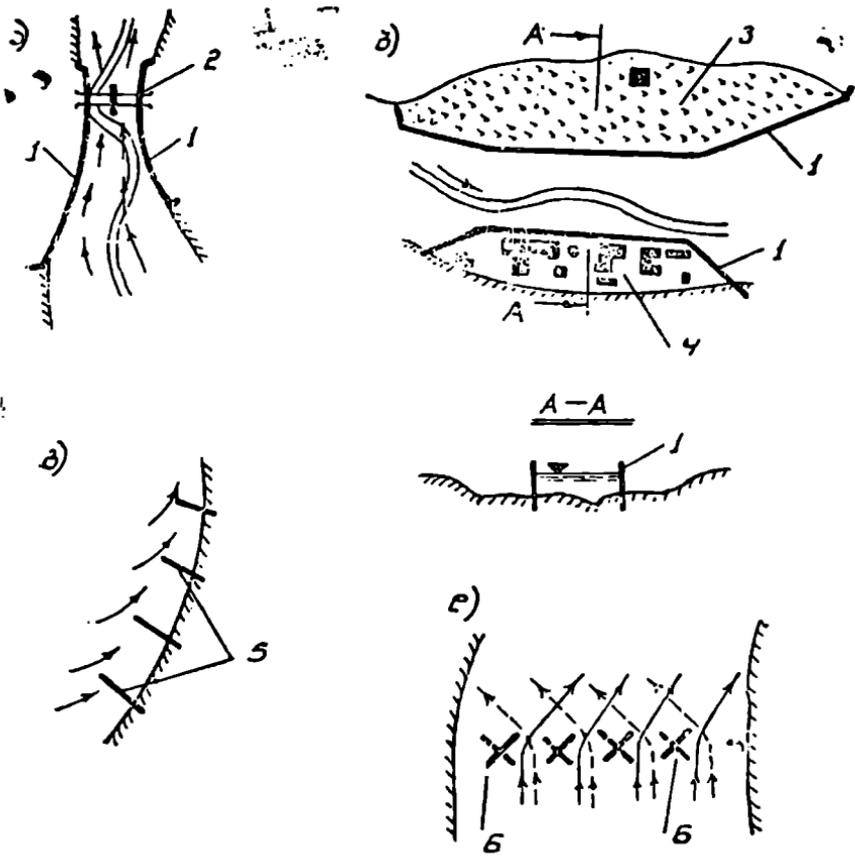
● დანიშნულების შესაბამისი კლასიფიკაცია მოიცავს ნაგებობათა შემდეგ ჯგუფებს [25]:

კავალმიმმართელი ჯებირები, რომელთა დანიშნულებაა წყალნაკადის მდოვრდ მიმართვა შევიწროებული კვეთებისაკენ, წყალმიმღებისაკენ, ხიდის ხვრეტებისაკენ (ნახ. 26.3, ა);

გადამლობი (შემოშვინი) ჯებირები, რომელთაც აგებენ საფარული მიწებისა და დასახლებული პუნქტების მაღალი წყლებით დატბორვისაგან დასაცავად (ნახ. 26.3, ბ);

საგუბრები წარმოადგენს ერთი ნაპირიდან მეორემდე კალაპოტის გადამლობ ნაგებობებს კალაპოტის ფსკერის დასამაგრებლად ან დაბალი წყლის დროს მდინარის ტოტებში წყლის სრული ან ნაწილობრივი გადაღობვისათვის (ნახ. 26.1);

ნახევრადსაგუბრები ანუ დეზები და ბუნები, რომლებიც ერთი ბოლოთი მდინარის ნაპირთან ან გრძელ ჯებირთანაა მიერთებული, მეორეთი კი—მოკვნილია წყალნაკადის ნორმალურად ან დაბარილად (ნახ. 26.3, გ);

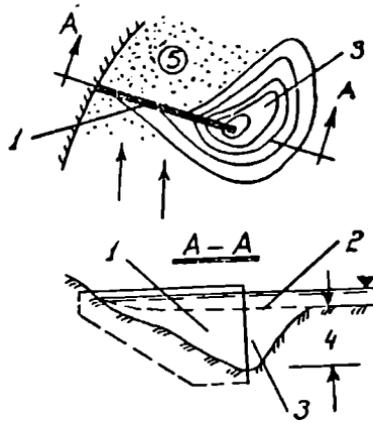


ნახ. 26.3 სხვადასხვა დანიშნულების სარეგულიო ნაგებობები. ა—ქველშიმმართველი; ბ—შემომხები; გ—აპირდამცავი; დ—ხელოვნური ცირკულაციის შეკმნელი; 1—გრძივი ყბები; 2—ხილი; 3—საფარგული მიწები; 4—დასახლება; 5—ნახევრადსაფარი (ღებები); 6—ქველშიმმართველი სისტემები.

ზედაპირულ და ფსკერული ქველშიმმართველი სისტემები, რომლებითაც ხელოვნურად კმნაან ამა თუ იმ ამოცანის პირობებისათვის საჭირო განივ ცირკულაციას და აღწევენ სასურველ წარცხვებსა თუ დაღეკებს (ნახ. 26.3, დ).

სარეგულაციო ნაგებობების წარმატებითი მუშაობის ერთ-ერთი მთავარი პირობაა მისი მდგრადობის უზრუნველყოფა ექსპლუატაციის პერიოდში. საქმე იმაშია, რომ წყალნაკადისა და სარეგულაციო ნაგებობის ურთიერთქმედების პროცესში მკვეთრად იცვლება ნაკადის კინემატიკური სტრუქტურა: იზრდება სიჩქარეები შევიწროებულ კვეთებში,

გრძივი ნაგებობების გასწვრივ, განივი ნაგებობების (ღეზების, ბუნების) სათავისთან. ამის შედეგად ვითარდება კალაპოტის მნიშვნელოვანი დეფორმაციები და, თუ ფსკერის სიღრმითი დეფორმაცია მიაღწევს სარეგულაციო ნაგებობის ძირის ნიშნულს, მაშინ მისი ფუძის გამორეცხვა და ავარია გარდუვალია. ეს პრობლემა უფრო მეტად მნიშვნელოვანია განივი სარეგულაციო ნაგებობების შემთხვევაში, ვინაიდან ნაგებობის თავთან, სადაც ხდება წყლის გარსშემოდენა, მკვეთრად იზრდება წყლის ხედრითი ხარჯები (სიჩქარეები) და წარმოიშობა ადგილობრივი წარეცხვის ორმო (ნახ. 26.4). სპეციალურ



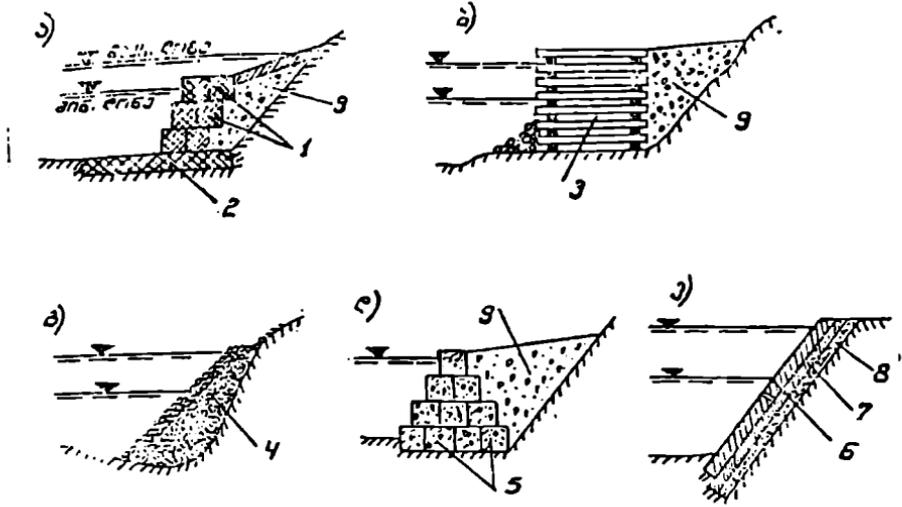
ნახ. 26.4 ადგილობრივი წარეცხვის ორმოს გარშემო. 1—ღეზი; 2—კალაპოტის თავდაპირველი ფსკერი; 3—წარეცხვის ორმო; 4—ორმოს მაქსიმალური ჩაღრმავება; 5—ნიაჩაის დაღეჭვის ზონა.

ლიტერატურაში არსებობს პრაქტიკული რეკომენდაციები წარეცხვის ორმოს ზომების დასადგენად.

იმისათვის, რომ შეამცირონ წყალნაკადის, ნაგებობისა და წარეცხვადი კალაპოტის ურთიერთქმედებით გამოწვეული დეფორმაციები, ეძებენ და გამოიკვლევენ ისეთ კონსტრუქციებს, რომლებიც მაქსიმალურ სარეგულაციო ეფექტთან ერთად გამოიწვევენ კალაპოტის შედარებით მცირე დეფორმაციებს; ასეთებია, მაგალითად, გამჟოლი და მოქნილი ღეზები. ფრთხილ ეფექტურია მსხვილი ნატეხი ქვების ჯებირები: ისინი ნაწილობრივ წყალშლწვევი და მოქნილია (თიყუებიან წარეცხვით დეფორმაციებს და აესებენ მას), ადვილია მათი გრძივი და მაღლივი წაზრდა, იათია მასალა (თუ ის მოიპოვება ადგილზე).

§ 26. 2. ნაპირსამაგრი ნაგებობები

მდინარისა თუ მისი უბნის წყალსამურნეო ათვისება, მის რეგულირებასთან ერთად, ყოველთვის გულისხმობს მდინარის ნაპირების გამაგრებას. რასაკვირველია, მკვეთრი ზღვარის გატარება სარეგულაციო და ნაპირსამაგრი პილროტექნიკურ ნაგებობებს შორის შეუქმნებელია: სარეგულაციო ნაგებობები, მაგალითად, განივი ჯებირები (ბუნების, ღეზების) გარდა იმისა, რომ არეგულირებენ (ასწორებენ) წყალნაკადს, ერთდროულად იცავენ ამაგრებენ და ქმნიან კიდევაც ნაპირს. იღნიშნულიდან გამომდინარე, ამ პარაგრაფში მხოლოდ იმ ნაგებობებს, რომელთაც ეკისრებათ მხოლოდ ნაპირებს დაცვა-გამაგრების ფუნქცია.



ნახ. 26.5. ნაპირსამაგრი ნაგებობების ძირითადი კონსტრუქციები: 1—გაბიონური ყუთები; 2—გაბიონური ლეიბი; 3—რკინაბეტონის ან ხის ძელუორები; 4—ქვარილი; 5—ბეტონის ბლოკები; 6—რკინაბეტონის ფილები; 7—რელსის ან რკინაბეტონის მიმმართველები; 8—მიმმართველების საგები; 9—უწყურაილი.

ნაპირსამაგრი ნაგებობებს კონსტრუქცია, გამოყენებული მასალა და მშენებლობის წარმოების მეთოდი განისაზღვრება გასამაგრებელი ნაპირის გეგმური და ვერტიკალური ჰობაზულობის, მდინარის სიჩქარის, ადგილზე არსებული მასალის და მდინარეში წყლის საანგარიშო დონეების შესატყვისად. ერთმანეთისაგან განასხვავებენ ნაპირის სამ სიმძლით ზონას, რომელთაც მდინარის წყლით ზეწოქმედების განსხვავებულ პირობები აქვთ (ნახ. 26.5): ქვედა (წყალქვეშა გამაგრების ზონა)—წყალმცობის საანგარიშო დონის ქვევით; შუა—წყალმცობისა და წყალდიდობის საანგარიშო დონეებს შორის, რომელიც პერიოდულად ექცევა წყალქვეშ; ზედა—წყალდიდობის დონის მძლა, სადაც სამუშაოთა წარმოება შესაძლებელია მშრალად. ნაპირსამაგრი ძირითადი ტიპები და კონსტრუქციები მოცემულია 26.5 ნახაზზე.

ნაპირსამაგარ ნაგებობებში მეტწილად იყენებენ ქვის მასალას ყრლის თუ წყობის სახით, გაბიონურ ყუთებში (ლეიბებში) და ძელუორში. ნაპირების გამაგრებებს შორის ყველაზე უფრო მტკიცე და საიმედოა ძელუორული კონსტრუქციები, რომლის ელემენტებს ამზადებენ ხის მორებისაგან ან რკინაბეტონის კოქებისაგან. ზოგ შემთხვევაში მიზანშეწო-

ნელია დაარმატურებული ასფალტის ლეიბების, ბეტონის და რკინაბეტონის ფილების გამოყენება.

ეკონომიის მიზნით, გამაგრების ტის ნაპირის სიმაღლით ზონებში, ჩვეულებრივ, ცვლიან: წყლის მუდმივი და დროებითი მოქმედების ზონაში მიმართავენ უფრო მტკიცე და მასიურ კონსტრუქციებს, წყლის მაღალი დონის ზემოთ, კი შეიძლება მსუბუქი გამაგრების მოწყობა.

XXVII თავი

წარმოების ნარჩენებისა და მრეწველობის ჩანადენების მავროვებელი

სახალხო მეურნეობისათვის გათვალისწინებულ პროდუქციის დამზადების პროცესში საბრუნველო ობიექტებზე გროვდება წარმოების მყარი და თხევადი ნარჩენების დიდი რაოდენობა, რომელთა სათანადო წესით დასაწყობება წარმოადგენს დიდ სახალხო-სამეურნეო აზოცანას. ამ პრობლემის მნიშვნელობის უკეთ წარმოდგენის მიზნით 27.1 ცხრილში მითითებულია მრეწველობის (წარმოების) სხვადასხვა ობიექტებისათვის დამახასიათებელი მავნე ნარჩენი.

ცხრილში აღნიშნული მავნე ნარჩენების და ჩანადენების არასრული სია ნათლად მიგვანიშნებს იმ გამოუსწორებელ შედეგებზე, რომელიც შეიძლება მოჰყვეს ნარჩენების გარემოში აბაორგანიზებულ გატანას (გადადგენას). გარემოს დაცვის მიზნით მყარი ნარჩენების დასაწყობება და ჩამდინარე წყლების აკუმულაცია უნდა მოხდეს სპეციალურად მომზადებულ მიწის მოცულობებში და საცავებში. ამ ნაგებობების სახელწოდებები წარმოებულია შესაბამისი ნარჩენისა თუ ჩანადენის სახელიდან [8, გვ. 263; 13, გვ. 509; 14, გვ. 421]; აქ, ყველა მათგანს მოვიხსენიებთ საერთო სახელწოდებით — მ ა გ რ ო ვ ე ბ ლ ე ი.

ცხრილში არაა მითითებული ატომური ელემტროსადგურებისა და მოწყობილობების რადიოაქტიური ნარჩენები, რადგან მათი უსაფრთხო შენახვა-დასაწყობების საკითხი გერ კიდევ გადაუწყვეტილ პრობლემად რჩება.

§ 27. 1. ზოგადი ცნობები

მაგროვებლები წარმოადგენენ შედარებით მარტივ პირობებში-კურ ნაგებობათა კვანძებს, რომელთა შემადგენლობაში, ჩვეულებრივ, შედის შემოშობადი ელემენტები, ადგილობრივი რელიეფითა და ელემენტებით შექმნილი სივრცე (მოცულობა), ტბორ-სალექარი, წყალსავალი და

წარმოების ჩარჩენებისა და მრეწველობის ჩანაღვნების სახეობა

№ №	მრეწველობის ობიექტები	მყარი და თხევადი ნარჩენების სახეები
1	თბოელექტროსადგურები	ნაცარი, წიდა
2	შავი და ფერადი ლითონების მადნის გამამდიდრებელი კომბინატები	წვრილადანამცელებული ფუჭი ქანები - ნარჩენები
3	ნახშირისა და მადნის სველი ხერხით გამამდიდრებელი და მანქანათმშენებლობისა და ლითონდასამუშავებელი ქარხნები	წვრილი ლამისებრი ნაღები — შლამი
4	ქიმიური მრეწველობის (სასუქების, გოგირდმკვასის და სხვათა წარმოება), მანქანათმშენებლობის და ფერადი მეტალურგიის (თუთიის, ტუვიის, ნიკელის) გადამამუშავებელი საწარმოები.	მარილების, ტუტების, მკვებებისა და მძიმე მეტალების შემცველობის ტოქსიკური ჩანაღვნები.
5	კვების მრეწველობის (მაქრის, სახამებლის, ალკოჰოლიანი სასმელების, საფურცის) საწარმოები	არატოქსიკური ჩანაღვნები ორანული ნივთიერებების დიდი შემცველობით
6	ნეთობგადასამუშავებელი, ნეთობქიმიური, ორგანული საღებრების, კოქსიმიური თუ სხვა ქარხნები	ფენოლების, უმადლეს სპირტების, ნეთობპროდუქტების, ალდეჰიდების შემცველი ტოქსიკური ჩანაღვნები
7	წყალსადენისა და კანალიზაციის სისტემები	ლამი, ქვიშა, ფეკალური წყლები

წყალგამშვები ნაგებობები, ფილტრაციისაწინააღმდეგე მოწყობილობანი და ღრენიები. მაგროვებლები უნდა იყოს მარტივი კონსტრუქციის და ღრენი, კჰონდეს საკმარისი მოცულობა. უზრუნველყოფდეს ნარჩენებისა და ჩანაღვნების დასაწყობების საიმედოობას, მომიჯნავე ტერიტორიიდან ზედაირული წყლების აკუმულაციას; იმ შემთხვევებში, როდესაც დაუშვებელია ზედაპირული წყლების მაგროვებელში ჩაშვება, მაგროვებლებთან ყოველთვივ ითვალისწინებენ წყალსარინ თხრილებს (ნახ. 27.1) ამ წყლების შეკრებისა და ორგანიზებულად გაყვანისათვის.

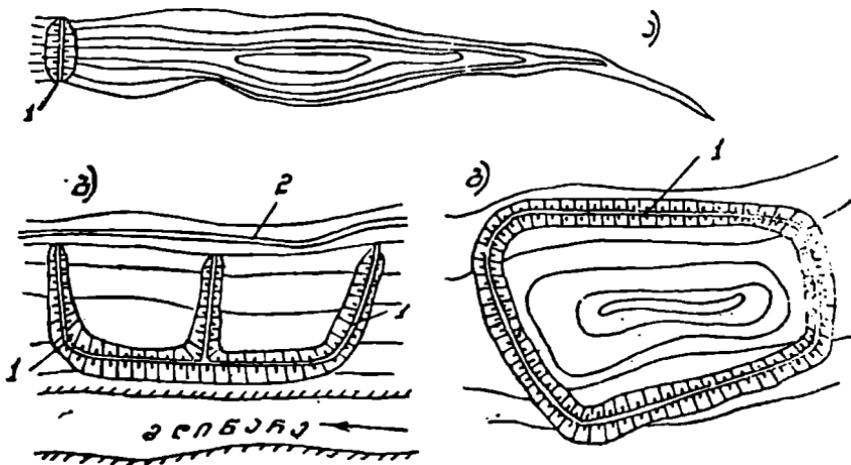
მაგროვებლები გაიხგარისება ისეთი ფაქტორების გათვალისწინებით, როგორცაა: დასაგროვებელი ნარჩენების წლიური რაოდენობა, ნაგებობის ექსპლუატაციის ხანგრძლივობა, პულპის კონსისტენცია, ქიმიური შემადგენლობა და ტემპერატურა, დაწმენდილი წყლის შემდგომი

ბმარების სქემა (შეორადი გამოყენება თუ უკმი გადაგდება), ტოპოგრაფიული, ჰიდროლოგიული, საინჟინრო-გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობები, ადგილზე არსებული სამშენებლო მასალა.

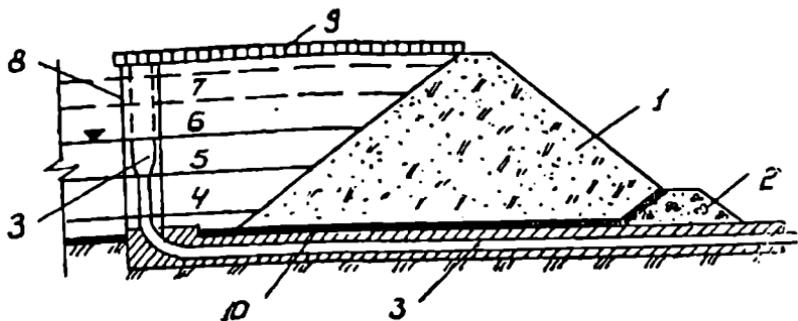
მაგროვების გეგმური განლაგების გადაწყვეტისას მიისწრაფვიან გამოძებნონ რელიეფის ხელსაყრელი გარემო, რათა დისაწყობების საანგარიშო მოცულობა შექმნან შემომლობვი ჯებირების რაც შეიძლება მცირე რაოდენობით, ითვალისწინებენ დაწმენილი წყლის ახლოს მდებარე მდინარეში თუ ხევში გადაგდების საშუალებას და სხვ. მაგალითად, მაგროვების ხევში მოთავსების შემთხვევაში საკმარისია ერთი ან ორი ჯებირი (ნახ. 27.1, ა), ფერდობზე—სამი ჯებირი (ნახ. 27.1, ბ), ხოლო ქალაქ კალაპოტის ან ვაკე რელიეფის შემთხვევებში საკირო ხდება ჯებირების ყოველ მხრიდან მოწყობა (ნახ. 27.1, გ). ზოგჯერ მაგროვებლად იყენებენ ღია დამუშავების კარგერებს, რელიეფის ბუნებრივ ჩაღრმავებებს, და ასეთ შემთხვევებში შემომლობავ ჯებირებს არ აწყობენ.

წარმოების მყარი ნარჩენები მაგროვებელში ჩადინება კულისს ჰიდროტრანსპორტის პრინციპით. პულვა წარმოადგენს წყლის ნარევის წარმოების მყარ ნარჩენებთან (ნაცარი, წიდა, ფუკი ქანი, შლამი). მყარი ნივთიერებისა და წყლის რაოდენობის ფარდობამ შეიძლება შეადგინოს 1:15...1:30. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მყარი ნარჩენებს მაგროვებლამდე მიტანა ზოგ შემთხვევებში ხდება მშრალი სახით საბაგირო, სააეროდრობილო ან სხვა მსგავსი ტრანსპორტის გამოყენებით.

ნარჩენების და ჩამონადენის კონსისტენციის (მყარი, თხევადი),



ნახ. 27.1. მაგროვებლების განლაგების სქემები. 1—ჯებირები, 2—წყალარანი ობრილი.



ნახ. 27.2, ჩასხმის ტიპის მაგროვებლის მაგალითი. 1—შემოზონინის ყებირა (კაშხალი); 2—პირველი ყებირა. 3—წყალგამშვები (წყალსაგდები); 4...7—მოლექვის იარუსები; 8—ესტაკაჟი; 9—სასამსახურო ხიდი; 10—ფილტრაციისხედილო გერანო.

მყარი ნარჩენების მარცვლოვანი შემადგენლობის და ადგილობრივი პირობების შესაბამისად განსხვავებულ მაგროვებლის ორ ძირითად ტიპს, უფრო ზუსტად, მასალის დასაწყობების ორ განსხვავებულ ტექნოლოგიურ მეთოდს: მოლექვის და ჩასხმის.

● ჩასხმის ტიპის მაგროვებლებს მიმართავენ იმ შემთხვევაში, როდესაც დასაგროვებელია თხევადი ნარჩენები, ან მყარი ნარჩენები, რომელთა შემადგენლობის 70%-ზე მეტი წარმოდგენილია 0,074 მმ-ზე უწვერიდესი ნაწილაკებით. ასეთ მაგროვებლებს უპირატესობა ეძლევა ადგილზე მიწის ბუნებრივი მოცულობების ან ქვაბულების არსებობის შემთხვევაში, მკაცრ კლიმატურ პირობებში ხანგრძლივი ზამთრით.

ჩასხმის ტიპის მაგროვებლის შემომლობავე ჯებირებს აკებენ მთელ საპროექტო სიმაღლეზე (ნახ. 27.2); დიდი ჯებირების შემთხვევაში შესაძლებელია მათი თანდათანობითი, ცალკეულ რიგებად წაზრდა. მაგროვებლის მოცულობაში ხდება მრეწველობის ჩამდინარე წყლების დროებითი ან მუდმივი აკუმულირება, მათი დაწლოვა, დაწმენდი, აორთქლება და ნაწილობრივი ფილტრაცია; სათანადო დონემდე დაწმენდილი წყალი ხელშეორედ გამოიყენება ან წყალგამშვებებით (წყალსაგდებებით) გადაიგდება ხევში, მდინარეში ან წყალსატევში. მაგროვებლის წყლების უახლოეს მდინარეში გადაგდება დასაშვებია წყალდიდობის პერიოდში და მხოლოდ მაშინ, თუ მდინარის წყალდიდობის ჩანადენში მაგროვებლის მაგნე წყლების შეზავება პრაქტიკულად უსაფრთხოა ეკოსისტემისათვის. ამავ პრინციპით ხდება წყლების გადაღრა ხევში თუ წყალსატევში.

თუ მრეწველობის ჩანადენები შეიცავენ მაღალტოქსიკურ ნივთიერებებს, მათი მიგრაცია მაგროვებლიდან დიდად სახიფათოა გარემოტერიტორიისა და წყალმომარაგების წყაროებისათვის; ასეთ შემთხვევებში-

საჭიროა მაგროვებელში ფელტრაციის საწინააღმდეგო მოწყობილობების გათვალისწინება, რომლებიც სრულებით აღკვეთივენ იქედან ფელტრაციას ან შეამცირებენ მას დასაშვებ ზღვრამდე.

ჩასხმის ტიპის მაგროვებლები ეწყობა მრეწველობის პრაქტიკულად ყველა დარგის ობიექტებთან: ქიმიური, ნავთობქიმიური, ნავთობგადამამუშავებელი და ა. შ. მათი ფართობი მოიცავს რამდენიმე ჰექტარიდან ათეულ კვადრატულ კილომეტრამდე ტერიტორიას.

● მოლექვის ტიპის მაგროვებლებში ხდება წარმოების ამ მყარი ნარჩენების დასაწყობება, რომლებშიც 0,074 მმ ზე უწყვილესი ნაწილაკები წარმოადგენს მთელი შეშადგენლობის 70%-ზე ნაკლებს; ასეთებია ნაცარი (0,25 მმ-ზე ნაკლები სისხოს ნაწილაკები), წიდა (0,25 მმ-ზე მეტი სისხო), ფუქი ქანები, შლამი.

მოლექვის ტიპის მაგროვებლებში შეიძლება იყოს სხვადასხვა კონსტრუქციის. დონირებული მაგროვებლების ძირში ეწყობა დრენაჟის ფართო სისტემა (ნახ. 27.3, ა); პულპის შემადგენელი წყალი იფილტრება რა მოლექვლ ფენაში, ჩედინება სადრენაჟო სისტემაში, იკრებება და დამატებით დაწმენდის შემდეგ უბრუნდება მრეწველობის ობიექტს მეორადი გამოყენებისათვის ან იღვრება მდინარეში (ხეში, წყალსატევი). ასეთ მაგროვებლებში არაა საჭირო მეორადი ჯებირების და წალგამშვებების (წყალსაგდების) მოწყობა. პულპის წყლის გაყვანის განსხვავებული სქემა ნაჩვენებია 27.3, ბ ნახაზზე; ასეთი მაგროვებლები გულისხმობენ მეორადი ჯებირებისა და წალგამშვებების მოწყობას. მეორად ჯებირებს აგებენ თანამიწდევრობით ქვემოთმდებარე მოცულობის სრული მოლექვის შემდეგ, ამასთან, მასალად მოიხმარენ მაგროვებელში დალექვლ ნარჩენებს.

განარჩევენ მაგროვებელში პულპის მიწოდების ორ ძირითად სქემას (ნახ. 27.3, გ, დ): ხრამის ან ფერდობის ტიპის გეგმური განაწილების შემთხვევაში პულპსაღდენებს განალაგებენ ჯებირების თხენზე, ხოლო ტბორ-საგუბარს—დამაგროვებლის სიღრმეში; ვაკის ტიპის მაგროვებლის შემთხვევაში ტბორ-საგუბარი მოთავსებულია ცენტრში. ტბორ-საგუბრის ზონაში დაწმენდილი წყალი წყალსაგდები ქისა და წალგამყვანის მილსაღდენის სისტემით გაიყვანება მეორადი გამოყენებისათვის ან გადასაგდებად.

● იმის მიხედვით, თუ რა სახის ნარჩენებისთვისაა გათვალისწინებული, მაგროვებლების ფართობები და მოცულობები შერეობს საკმაოდ დიდ დიაპაზონში. მაგალითად, ნაცრისა და წიდის მაგროვებლების ფართობი შეადგენს 2...10 კმ²-ს, საშუალო სიმაღლე—25 მ-ს, დასაწყობებული მასალის ზრდის დღეღამური ინტენსიურობა—1 სმ-ს;

მაგროვების საკირო წლიური მოცულობა განისაზღვრება ფორმულით [14]

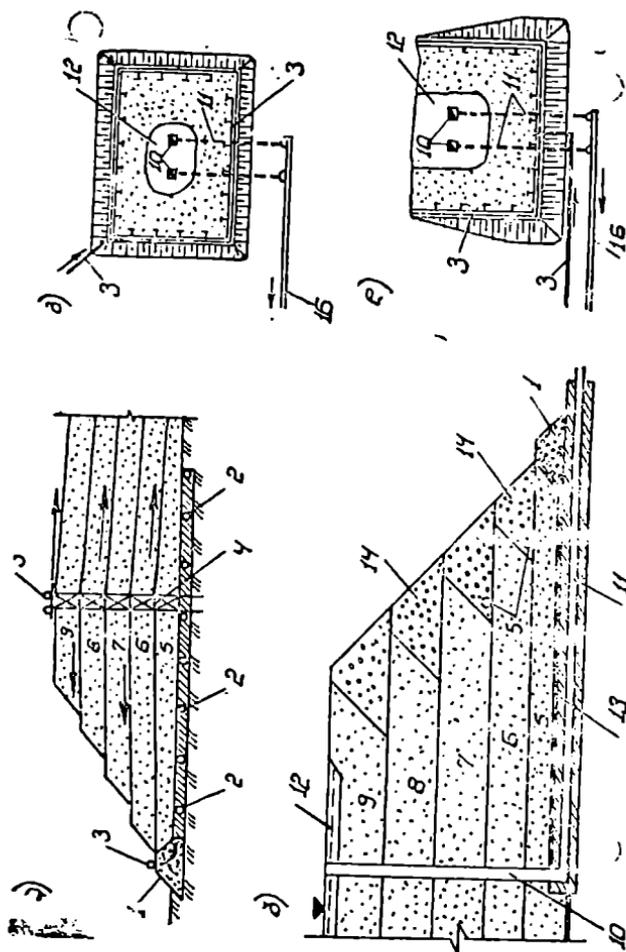
$$V_{\text{წლ}} = A / (\eta \cdot \rho), \quad (27.1)$$

სადაც A არის დასაგროვებელი მასალის (ნარჩენების) წლიური რაოდენობა, კგ/წლ;

η — ემპირიული კოეფიციენტი (0,75...0,9);

ρ — დასაგროვებელი მასალის ჩონჩხის სიმკვრივე, კგ/მ³.

ასევე დიდი მოცულობებით ხასიათდება წერილად დანამტყელებული ფუჭი ქანების (ნარჩენების) მაგროვებლები: ფართობი შეიად-



ნახ. 27.1. მოლქვის ტიპის მაგროვების მაგალითები. 1—პირველი კბი; 2—ფუჭის ღრები (საწრებები); 3—პულსადები; 4—ესტაკა; 5, 9—მოლქვის იარაღები; 10—წყალხვევი კბი; 11—დაწმენილი წლის კოლქტორი; 12—ტორ-საგებობა; 13—ფულტაციის საწინაო ეკრანი; 14—მორადი კბიარები; 15—დამბეზილი ღრები; 16—დაწმენილი წლის გაყვანი იხის.

გენს ასეულ ჰექტარს, სიმაღლე სრული შეესებების მომენტისათვის — ათეულ და ასეულ მეტრსაც კი, დასაწყობებული მასალის მოცულობა — ასეულ მილიონ ტონას. შლამის მაგროვებლის მოცულობამ შეიძლება შეადგინოს ათეული მილიონი კუბიკური მეტრი, სიღრმემ — 50 მ-მდე.

● მაგროვებლების კლასიფიკაციას ახდენენ მათი მუშაობის (ექსპლუატაციის) ხანგრძლივობის შესაბამისადაც. განასხვავებენ დროებით და მუდმივ მაგროვებლებს: დროებითი მაგროვებლის ექსპლუატაციის ვადა განსაზღვრება ხუთ წლამდე, მუდმივი მაგროვებელი მუშაობს 5...16 წლის განმავლობაში.

▲ მაგროვებლების აქ მოყვანილი ტიპები მხოლოდ ნაწილობრივ ისახავს მათ დანიშნულებრივ თუ კონსტრუქციულ მრავალფეროვნებას. არსებობს მაგროვებლების ძრავალი სხვა ნაირსახეობა: მრეწველობის საწარმოებთან და კომბინატებთან ეწყობა ნავთობის მაგროვებლები — ნავთობპროდუქტებისაგან სამრეწველო წყალმომარაგების სისტემის გასაწმენდად; თავსხმების მაგროვებლები — ქიმიური კომბინატებისა და მრეწველობის ზოგიერთ სხვა საწარმოო ტერიტორიებიდან წვიმის წყლების შესაგროვებლად; საღებავარი აუზები — წყლის დასაწმენდ ან წყალმომარაგება-კანალიზაციის სისტემებში და სხვ.

§ მაგროვებლების უმავალელოაზი უმავალი ჰიდრომექანიკური ნაგებობები

შემომლობავი ჯებირების სიმაღლის, საეკუმულაციო მოცულობის, პასუხისმგებლობისა და მოსალოდნელი ავარიის შედეგების შესატყვისად მაგროვებლებს ყოფენ კლასებად [13, გვ. 511; 14, გვ. 428]. მაგალითად, ფუქი ქანების მაგროვებლები მიეკუთვნება პირველ კლასს თუ მათი მოცულობა აღემატება 100 მლნ მ³ ს, ჯებირების სიმაღლე — 50 მ-ს, ხოლო ავარიის დროს მოსალოდნელია კატასტროფული შედეგები და წყლის ობიექტების მოწამვლა-გაქუქვიანება. მაგროვებლების (ავარიების მასშტაბურობის აღსაქმელად მოგვეყავს ქ. ალმა-ატის გაიწენდი ნაგებობების ტბა-მაგროვებლის 1948 წლის კატასტროფის რამდენიმე მონაცემი: ჩამონადენი წყლებით გაქვითილი ქვიშის ნაპირების გარღვევის შედეგად მაგროვებლიდან გადმოიღვარა ათეული მილიონი კუბიკური მოცულობის სელური წყალნაკადი, რომელმაც წალიკა ყველაფერი თავის გზაზე და ჩადინდა კაპჩაგანსკის წყალსაცავში; წინასწარი გამოკვლევებით დაიღუპა 10 კაცი, დაიხვრა ხიდი, დაბინძურდა წყალსაცავი; ზარალმა შეადგინა 5 მილიონი მანეთი.

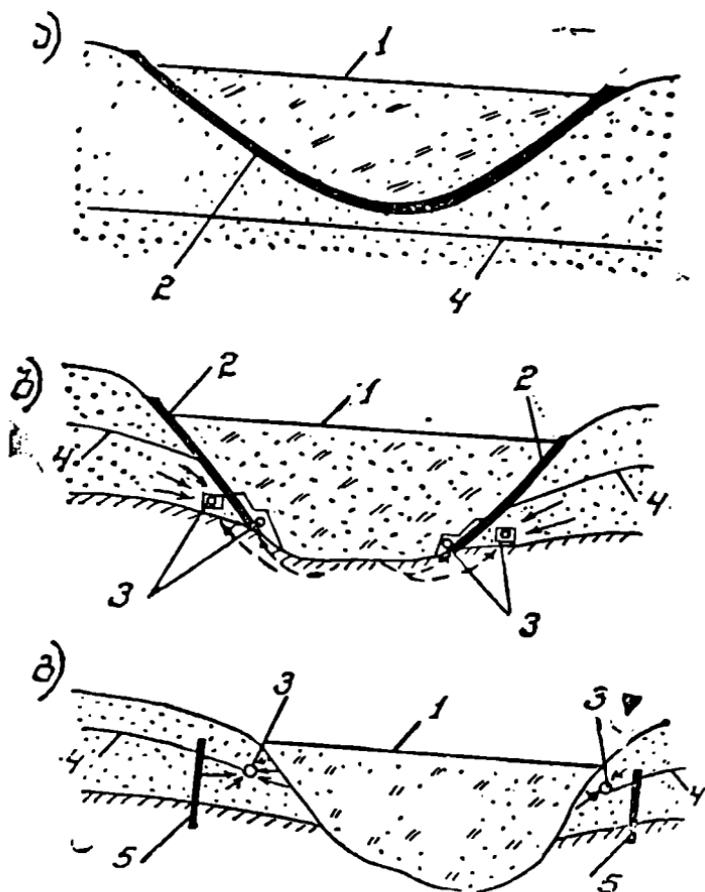
ჯებირები მაგროვებლების ყველაზე პასუხსაგები ნაგებობებია. ჩასხმის და მოღვევის ტიპის მაგროვებლების ჯებირები (ნახ. 27.2; 27.3) შეიკუთვნება გრუნტის კაშხლების ტიპს და მათი გაანგარიშება,

დაგეგმარება თუ მშენებლობა წარმოებს ამ კაშხლების ანალოგიურად (თაფი XXII). ჯებირების მასალად იყენებენ გრუნტებს (პირველადი ჯებირები) და მაგროვებლებში დასაწყობებულ მყარ ნარჩენებს. ჯებირების თხემის შემადგენელი ტბორ-სალექარში წყლის საანგარიშო დონიდან განისაზღვრება ნაგებობის კლასის შესაბამისად 0 7...2,0 მ-ის ოდენობით. როდესაც მაგროვებელი შოთაესებულია მდინარის ქალაქალაპოტში (ნახ. 27.1, ბ), პირველადი ჯებირი შენდება მთლიან (საპროექტო) სიმაღლეზე, ხოლო მისი თხემის ნიშნული განისაზღვრება მდინარეში საანგარიშო, ჩვეულებრივ, 2...5% უზრუნველყოფის მაქსიმალური წყლების დონეების შესაბამისად; მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული აგრეთვე მაგროვებლის ჯებირებით მდინარის ქალაქალაპოტის შევიწროების ეფექტი.

წყალგამშვები (წყალსაგდები) ნაგებობების დანიშნულებაა მაგროვებლებიდან დაწმენდილი წყლების გაშვება საბრუნო (მეორადი) წყალმომარეგების სისტემაში ან გადასაგებად. წყალსაგდები ნაგებობები შეიძლება იყოს კის, მილისებრი, შახტური, სანაპირო, სიფონური ტიპის; წყალსაგდებებში გადაღვივებული დაწმენდილი წყალი ერთიანდება მაგროვებლის ძირში დალაგებულ კოლექტორში და გაიყვანება გარეთ. წყალსაგდები ნაგებობების ზომები და კონსტრუქციები შეესაბამება გასაშვები ბარჯის ოდენობას, რეკომენდებულია მათი გეგმური განლაგების წესიც. მაკალითად, პულპვაშოშეუბებიდან წყალსაგდებ ქებაშდე მანძილი განისაზღვრება წყლის საჭირო დაწმენვის ხარისხით და, ჩვეულებრივ, აიღება არა ნაკლები 500 მ-ისა.

ფილტრაციისაწინალო ღონისძიებების დანიშნულებაა უზრუნველყოს შემტორავი ნაგებობების საიმედო მუშაობა. დაიცვას მოძიჯნევი ტერიტორია დატბორვისაგან, არ დაუშვას ტოქსიკური სითხეებით ზედაპირული და გრუნტის წყლების ვაქუქყიანება. განახხვავებენ მაგროვებლის ჯებირების და მაგროვებლის ქვაბულის ფილტრაციისაწინალო მოწყობილობებს: პირველნი პრინციპულად არაფრით განახხვავდება გრუნტის კაშხლების შესაბამისი მოწყობილობებისაგან; ქვაბულის ფსკერისა და ფერდობების ფილტრაციისაწინალო ღონისძიებების მაგალითები კი ნაჩვენებია 27.4 ნახაზზე.

სადრენაჟო მოწყობილობის მიზანია ჯებირის ტანში და ქვაბულის ფერდობებში დეპრესიის მრუდის სათანადო მდებარეობის უზრუნველყოფა, მაგროვებლიდან გაქონილი გაქუქყიანებული წყლების დაქვრა (შეკრება), დასაწყობებულო მასალის გაუწყლოება, მისი



ნახ. 27.4. მაგროვების ქვაბულის ფილტრაციისსაწინააღმდეგობრივი მოწყობილობები.
 1—მაგროვების საპროექტო ზედაპირი; 2—ფილტრაციისსაწინააღმდეგობრივი ვერტიკალი;
 3—დრენაჟი; 4—გრუნტის წყლების ზედაპირი; 5—ფილტრაციისსაწინააღმდეგობრივი ფილა.

კონსოლიდაციის დაჩქარება. კონსტრუქციულად დრენაჟები შეიძლება განხორციელდეს გრუნტის კაშხლების დრენაჟების მსგავსად (§ 22.5); მათი ადგილსამყოფელი მითითებულია 27.4 ნახ.ზე.

გარემოს დაცვის მიზნით მაგროვების გარშემო გათვალისწინებულია არანაკლებ 2 კმ სიგანის საცავი ზონა.

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ტექნიკური ექსპლუატაცია და ნატურული გამოკვლევები

ჰიდროტექნიკური მეცნიერება, ეფუძნება რა მშენებლობისა და ნატურული კვლევის დიდ გამოცდილებას, გამოიმუშავებს ნაგებობათა ტექნიკური ექსპლუატაციის საიმედო წესებს ჰიდროტექნიკური პროცესების ალბათური ხასიათის გათვალისწინებით.

§ 28. 1. ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ტექნიკური ექსპლუატაცია

ჰიდრონაგებობათა შესაძლო ავარიების მძიმე შედეგებზე განაპირობებენ იმ გაზრდილ მოთხოვნებს, რომელიც წაყენება მათ საიმედოობას. ნაგებობის საიმედოობას უწოდებენ ნაგებობის თვისებას შეასრულოს თავისი ფუნქციები ანუ შეინარჩუნოს საექსპლუატაციო მაჩვენებლები ნაგებობის მუშაობის განსაზღვრულ ვადაში [11]. ძირითად საექსპლუატაციო მაჩვენებლებს წარმოადგენს: კონსტრუქციული საიმედოობის პარამეტრები (მდგრადობა, სიმტკიცე, წყალშეუღწევობა, ყინვაშედეგობა); ტექნოლოგიური პარამეტრები (დაწნევა, საანგარიშო ხარჯი, ელექტროენერჯიის გამოშუშავება); არქიტექტურული შესაბამისობის ფაქტორები (კონსტრუქციების ფორმა, გაფორმება, ფერი, განათება); მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ეკონომიკურობის პარამეტრები (1 მ ბეტონის ან გრუნტის ჩაწყობის ღირებულება, 1 კვტ სთ ელექტროენერჯიის ღირებულება და სხვ).

ჰიდრონაგებობათა საიმედოობის აღნიშნულ პარამეტრებს საფუძველი იყრება პროექტირების სტადიაში, როდესაც ხდება ნაგებობათა გაანგარიშება მდგრადობაზე, სიმტკიცეზე, ფილტრაციაზე და ა. შ.; მშენებლობის პროცესში ნაგებობათა საიმედოობა მოითხოვს პროექტის ზუსტ განხორციელებას, შალახარისზოვანი მასალის გამოყენებას, სამუშაოთა წარმოების წესებისა და ტექნოლოგიის დაცვას; ნაგებობათა მდგომარეობის შემდგომი და მეტად მნიშვნელოვანი ეტაპი განსაზღვრულია ექსპლუატაციის პერიოდით, როდესაც ნაგებობათა საიმედოობის უზრუნველყოფა ძირითადად შეადგენს ტექნიკური ექსპლუატაციის ფუნქციას.

ჰიდრონაგებობათა ტექნიკური ექსპლუატაციის ამოცანები ფრიალ მრავალფეროვანია [11, 14, 25]: ოპტიმალური პირობების შექმნა ნაგებობათა (ჰიდროკვანძის) ტექნოლოგიური ფუნქციების შეუფერხებლობის უზრუნველსაყოფად, ნაგებობებზე რეგულარული დაკვირვება და მათი მდგომარეობის დიაგნოსტიკა, ნაგებობათა მოვლა და დაცვა სხვადასხვა-

ზემოქმედებისაგან, მომიჯნავე ტერიტორიების უსაფრთხოებისა და გარემოს დაცვა. სამუშაოთა სწორი და დროული აღრიცხვა და ანგარიშების შედგენა, ნაგებობათა გვეგურ-გამაფრთხილებელი რემონტების ორგანიზაცია, ტექნიკური ექსპლუატაციის მინიმალური ღირებულების უზრუნველყოფა.

ჰიდრონაგებობათა ტექნიკური ექსპლუატაციის ძირითადი სამუშაოებში სრულდება შესაბამისი სამინისტროებისა და უწყებების მიერ დამუშავებული და დამტკიცებული ტექნიკური ექსპლუატაციის წესებისა და ტიპური ინსტრუქციების შესაბამისად.

სამდინარო ჰიდროტექნიკური ნაგებობების ექსპლუატაცია წარმოებს მდინარისა და გარემოს სხვადასხვა რეჟიმების პირობებში, რომელთაგან განსაკუთრებულია წყალდიდობისა და წყალმოვარდნის პერიოდები, წყალმცირობის პერიოდი, ზამთრის რეჟიმი და საავარიო სიტუაციები. ყოველი აღნიშნული რეჟიმისათვის საჭიროა სათანადო საექსპლუატაციო ღონისძიებების გატარება.

• ჰიდრონაგებობათა ექსპლუატაციის განსაკუთრებით საპასუხისმგებლო ამოცანაა წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) მაქსიმალური ხარჯების გატარება. სპეციალური კომისია წყალდიდობის მოსალოდნელი პარამეტრების (ვალდები, სიდიდე, ჩამონადენის ხასიათი) საფუძველზე ამუშავებს არსებული წყალსამგებო ნაგებობებით წყალდიდობის გატარების გეგმას. წყალდიდობის მიღების პერიოდს წინ უძღვის სპეციალური მოსამზადებელი ღონისძიებები: ნაგებობათა მდგომარეობის შემოწმება, ქვედა ბიუფის გამაგრება, წყალდიდობის ხარჯების გატარებაში მონაწილე ყველა ნაგებობის რემონტი, ყველა სახის საკეტისა და მათი ამწე მექანიზმების გამოცდა, ნაგავთან და მკურავ სხეულებთან ბრძოლის საშუალებების შემოწმება, წყალდიდობის ხარჯების გატარების ვადებისა და სქემის შეთანხმება მდინარის ზემოთ და ქვემოთ განლაგებული ჰიდროკვანძების დირექტივებთან, წყალსამგებო ნაგებობათა მუშაობის თანამიმდევრობის დადგენა, საავარიო ბრიგადების ორგანიზაცია და ა. შ. წყალდიდობის ხარჯების მიღების წინ წყალსაცავი უნდა იყოს დამუშავებული, რათა შესაძლებელ იქნეს მაქსიმალური ჩამონადენის აკუმულირება და წყლის შეესება ნორმალური შეტვირთვის დონემდე. საგანგებო შემთხვევებში წყლის პორიზონტმა შეიძლება მიაღწიოს ფორსირებულ დონეს; ამ მომენტიდან საჭიროა განსაკუთრებული ყურადღება, რათა წყალმა არ იიწიოს ამ დონეზე შალა. მაქსიმალური წყლების გატარებაში მონაწილეობს ჰიდროკვანძში არსებული ყველა წყალსამგებო ნაგებობა: წყალსაგდებები, წყალჩასაშვებები, წყალიბლებები. დაუშვებელია გადასაგდები ხარჯების სიდიდეთა მკვეთრი გაზრდა, წყალსაგდები ხერცების არათანაბარი ვალდები, ქვედა ბიუფში გადაგდებულ ხეღრითი ხარჯების კონცენტრაცია და სხვ.

წყალდიდობისაგან განსხვავებით, წყალმოვარდნის რეჟიმი ხასიათდება ჩამონადენის მეტად სწრაფი მატებით, წინასწარი პროგნოზის ნაკლები სიზუსტით. ნაგავისა და მცურავი სხეულების დიდი რაოდენობით. წყალმოვარდნების მოულოდნელობა განსაკუთრებულ პასუხისმგებლობას უყენებს საექსპლუატაციო პერსონალს. ამ დროს მეტად მოხერხებულა საკეტების მართვა-რეგულირების ავტომატიზებული სისტემის არსებობა, თუმცა მას გააჩნია მეტად სერიოზული ნაკლიც: სისტემის გაუთვალისწინებელი უარის შემთხვევაში შეიძლება შეიქმნას ავარიული სიტუაცია.

უკანასკნელი პერიოდის ნატურულმა დაკვირვებებმა ცხადყვეს, რომ კაშხლები მუშაობენ ფრთხილ არახელსაყრელ რეჟიმში წყალსაცავების სწრაფი ავსების ან დაცლის დროს (ეს განსაკუთრებით საყურადღებოა მსუბუქი, მაგალითად, თაღოვანი კაშხლების შემთხვევაში). ასე რომ, წყალმოვარდნის ხარჯების მიღებისას საჭიროა წყალსაცავის პორიზონტის დროში ზრდის კონტროლი; თუ ავსების სიჩქარე მეტად დიდია. მაშინ წყლის მიღებასთან ერთდროულად უნდა მოხდეს მისი ნაწილის ქვედა ბიეფში გადაღვრა.

წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) პერიოდში მდინარეს მოაქვს დიდი რაოდენობის ნაგავი და მცურავი სხეული; ისინი ერთულებენ ნაგებობების ექსპლუატაციას: ატობენ წყალმიმღებ ნაგებობათა შესასვლელ გისოსებს, აზიანებენ საკეტებს. აწვევენ მათ გაქვდვას და სხვ. ამ მოვლენასთან ბრძოლის ეფექტურ ეფექტური საშუალებაა ნაგავის შეკავები მცურავი ლობურებით, მიმართვა ღია წყალსაგლები ხერცებისაკენ და წყალთან ერთად გადაგდება ქვედა ბიეფში.

ჰიდრონაგებობათა ექსპლუატაციას არაულებს აგრეთვე მდინარის მყარი ჩამონადენი: ფსკერული და შეწონილი ნატანი ლაშავს წყალსაცავებს, ხვდება წყალმიმღებში და ცვეთავს სადაწნეო მილსადენების, გვირაბების, არხების ზედაპირებს, ტურბინებისა და ტუმბოების ფრთებს. კაშხლისა და წყალმიმღების წინ დაღვივლ ნატანთან ზრძოლა შესაძლებელია წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) პერიოდში მათი ჰიდრაულეკური წარეცხვით. დაბალდაწნევიანი წყალმიმღები ნაგებობების შემთხვევაში (§ 23.3.1) უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს ფსკერული ნატანდამკერი გაღვრების ნორმალური მუშაობა.

● მდინარის ზაფხულის წყალმცირობის პერიოდი აგრეთვე წარმოშობს თავისებურ საექსპლუატაციო სიძნელეებს: წყალსაცავიდან წყლის დანაკარგების შემცირების მიზნით უნდა აღირიცხოს და აღიკვეთოს წყლის გაპარვები საკეტების შემკიდრობებიდან, ცალკეული დეფექტებიდან; სპეციალური ყურადღება უნდა მიექცეს დაბალდაწნევიანი ჰიდროკვანძის წყალმიმღებთან მდინარის ნაკადის რეგულირებას; გათვალისწინებული უნდა იქნეს წყლის სანიტარული გაშვებები

ქვედა ბიფში; განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება წყალსაცავში ღონეების სათანადო რეგულირებას.

● გარკვეული საექსპლუატაციო ღონისძიებებია ჩასატარებელი ჰიდროკვანძების ნორმალური მუშაობის უზრუნველსაყოფად ზამთრის პერიოდში, განსაკუთრებით კი მკაცრ კლიმატურ პირობებში: ყინულის ველის სტატიკური წნევის მოსახსნელად ნაგებობის და საკეტების წინ ყინული უნდა დაიმსხვრეს; საკეტების, გისოსებისა და აშწე შექანიზმების შეყინვისაგან დაცვის მიზნით დროულად უნდა მომზადდეს მათი გამათბობი მოწყობილობანი; წყალსაცავში თოშის წარმოშობის აღსაკვეთად უნდა დაჩქარდეს ყინულის ფენის წარმოქმნა (წყლის მუდმივი ჰორიზონტის და დაბალი სიჩქარეების შენარჩუნების გზით); თუ თოში მაინც წარმოიქმნება, უნდა მოხდეს მისი შეკრება და გალაგდება ქვედა ბიფში; ყინულის გატარებისას კაშხლის წყალსაგდები ხერხები მაქსიმალურად უნდა იყოს გაღებული; ყინულის გახსნის პერიოდში წყალსაცავში ყინულბერგელების წარმოქმნის თავიდან აცილების მიზნით უნდა დაჩქარდეს ყინულის დნობა (მაგალითად, ყინულის ელზე შავი ფერის ფხენილის მოფრქვევით) ან ყინულის ველი ხელოვნურად დანაწევრდეს ყინულსაქრელი მანქანებით, ყინულსატეხებით ან აფეთქებით.

● ტექნიკური ექსპლუატაციის ინსტრუქციები ითვალისწინებენ მოქმედებებსა და ღონისძიებებს საავარიო სიტუაციებში, რომელთა მიზნები შეიძლება გახდეს კატასტროფული თავისუფალი წვიმები, კატასტროფული წყალმოვარდნა, დიდი სიშქლავრის სელური ნაკადი, წყალსაცავში მეწყერის ჩამოწოლით გაშოწვეული წყლის დიდი ტალღა, ძლიერი მიწისძვრა, ცალკეული ნაგებობებისა თუ ჰიდროკვანძის არასაიმედო მუშაობა და ა. შ. ყველა იმ დაზიანებისა თუ დეფექტის აღმოჩენის შემთხვევებში, რომელსაც შეუძლია ჰიდრონაგებობის ავარიის ან დანგრევის გამოწვევა, საპირაო რაე შეიძლება სწრაფად იქნენ შეტყობინებული ქვემოთ მდებარე დასახლებულ პუნქტები და ჰიდროკვანძები, მოხდეს ხალხის გახიზნა, დაიწყოს წყალსაცავის რაე შეიძლება დიდი, მაგრამ დასაშვები სისწრაფით დაცლა, პარალელურად კი განხორციელდეს ავარიის კერების სალიკვიდაციო სამუშაოები,

ექსპლუატაციაში მყოფი ნაგებობის ძირითადი დოკუმენტია მისი პასპორტი, რომელშიც შეაქვთ მონაცემები ნაგებობის მუშაობის შესახებ (ელექტროენერგიის გამომუშავება, მიწოდებული წყლის ხარჯი, დაზიანებისა თუ ავარიის შემთხვევები, მათი ანალიზი, დაკვირვებათა და გამოცდების შედეგები, პერსონალის ცვლილებები დი სხვ).

ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ნატურული გამოკვლევები საშუალებას იძლევა ვაკონტროლოთ მათი მდგომარეობა მშენებლობის პროცესში და ექსპლუატაციის პერიოდში, შევამოწმოთ დაპროექტებისას მიღებული ამა თუ იმ წინამძღვრებისა და დაშვებების სისწორე, მოდელურ-ლაბორატორიული გამოკვლევების სიზუსტე, დავხვეწოთ გაანგარიშებათა მეთოდები, გავაუმჯობესოთ სამუშაოთა წარმოების ორგანიზაციისა და ტექნოლოგიის ხერხები [11, 12, 14, 25].

28. 2. 1. ზოგადი ცნობები

ნატურულ გამოკვლევებში განასხვავებენ საკონტროლო დაკვირვებებს და სპეციალურ გამოკვლევებს. საკონტროლო დაკვირვებების ორგანიზაცია სავალდებულოა I...III კლასის ყველა ჰიდროტექნიკური ნაგებობისათვის მშენებლობის დასაწყისიდან მთელ შემდგომ პერიოდში; ის გულისხმობს ნაგებობაში გამოსაყენებელი მასალისა და მშენებლობის ხარისხის კონტროლს, ნაგებობათა და ფუძეების ვერტიკალური და ჰორიზონტალური დეფორმაციების აღრიცხვას, კალაპოტურ, ჰიდრაულიკურ და ფილტრაციულ პროცესებზე დაკვირვებებს, ყველა იმ ფაქტორებზე კონტროლს, რომლებიც გავლენას ახდენენ ნაგებობათა მუშაობაზე და საიმპიდობაზე. სპეციალური გამოკვლევები მიზნად ისახავს იმ პრაქტიკული და საშეცნიერო საკითხების შემოწმებასა და შესწავლას, რომელთა საიმედო გადაწყვეტა თეორიული თუ ექსპერიმენტული მეთოდებით ჯერჯერობით არ ხერხდება; ასეთ საკითხთა რიცხვს მიეკუთვნება, მაგალითად, ნაგებობის ტემპერატურული რეჟიმი და დამბულ-დეფორმაციული მდგომარეობა, ფილტრაციის საწინააღმდეგო ღონისძიებათა ეფექტურობა, წყალნაქადის დაუმყარებელი მოძრაობის ამოცანები, ქვედა ბიეფის ჰიდრაულიკური რეჟიმი, კალაპოტური პროცესები. სპეციალური ნატურული გამოკვლევების ჩასატარებლად ყოველ ცალკეულ შემთხვევაში დგება კვლევის განსაკუთრებული პროგრამა.

ნაგებობებზე და ჰიდროტექნიკურ (ჰიდრაულიკურ) პროცესებზე დაკვირვებები ტარდება ინსტრუმენტული გამოკვლევებისა და ვიზუალურ დათვალიერებათა გზით. დაკვირვებათა ინსტრუმენტული ხერხები გულისხმობენ საკონტროლო-გამზომი აპარატურის (სგა) გამოყენებას. აპარატურას, ჩვეულებრივ, განალაგებენ ნაგებობის ზედაპირზე, მის შიგნით (ნაგებობის ტანში), ფუძის გრუნტში, ზედა და ქვედა ბიეფის ტერიტორიაზე; ისინი შეიძლება იყვნენ მოსახსნელი და ჩასატანებელი. მოსახსნელი აპარატურა მონტაჟდება იმის გათვა

ლისწინებით, რომ დაშვირებელი მასთან თავისუფლად მივიდეს (ნაგებობის ზედაპირზე, კეპში, გალერეებში). ჩასატანებელი აპარატურა ვათვალისწინებულა ნაგებობის ფუძეში ან მის ტანში მოსათავსებლად და ამიტომ მას ამონტაჟებენ მშენებლობის პერიოდში. მაგალითად, კრასნოიარსკის ქვის გრაფიტაციული კაშხლის „სუნთქვის“ შესასწავლად მის ტანში ჩაწყობილია 1500-ზე მეტი ავტომატური ხელსაწყო. ვინაიდან ჩასატანებელ ხელსაწყოებთან თავისუფალი მისვლა შეუძლებელია, მათი მართვა და ანათვლების რეგისტრაცია ხდება დისტანციური მეთოდით. საკონტროლო-გამზომი აპარატურის (მთ უმეტეს ჩასატანებელი ტიპის) უმეტესობა ფუნქციონირების ხანგრძლივობა, როგორც პრაქტიკამ გვიჩვენა, მნიშვნელოვნად ჩამოუვარდება ნაგებობათა მუშაობის ხანგრძლივობას, ამიტომ რეკომენდებულია ძირითადი და ინტენსიური კვლევა შესრულდეს ნაგებობათა ექსპლუატაციის საწყის პერიოდში.

საკონტროლო და სპეციალურ ინსტრუმენტულ გამოკვლევებთან ერთად ტექნიკური ექსპლუატაცია ითვალისწინებს აგრეთვე ვიზუალური და თვალთვლების ორგანიზაციას, რომლის საშუალებითაც შეიძლება გამოვლინდეს ცალკეული დეფექტები თუ საშიში მოვლენები ჰიდრონაგებობათა მუშაობაში [12, 25]: დაჯდომა, გადაძრავება, ჩამოხვავება, ბზარები, წყლის გამოყონები, კალაპოტისა და ნაპირების წარეცხვები და ა. შ.

ნატურულ გამოკვლევათა ორგანიზაცია რთული და ძვირადღირებული ამოცანაა და მოიცავს რამდენიმე ხარისხობრივ ეტაპს: ნატურულ დაკვირვებათა პროექტის შედგენა, არასტანდარტული საკონტროლო-გამზომი აპარატურის დამუშავება და დემზადება, აპარატურის დაცემა პროექტით ვათვალისწინებულ ადგილებში, დაკვირვებათა ორგანიზაცია, მიღებული ინფორმაციის დამუშავება და გახზოგადება. ამ ეტაპებს შორის ყველაზე საპასუხისმგებლოა ნატურულ დაკვირვებათა პროექტის შედგენა, რადგან ეს განსაზღვრავს გამოკვლევათა (დაკვირვებათა) სახეებს, შედგენილობას და მოცულობას, აპარატურის სახეობას, რაოდენობას და განლაგების სქემას.

28. 2. 2. ნატურულ გამოკვლევათა სახეები და შესაბამისი საკონტროლო-გამზომი აპარატურა

ნატურულ გამოკვლევათა ძირითადი სახეები შეიძლება გავიერთიანოთ შემდეგი კლასიფიკაციით: საშენი მასალის ხარისხის კონტროლი, ნაგებობისა და კალაპოტის ჰიდრაულიკური პროცესების გამოკვლევა, ფილტრაციული რეჟიმის შესწავლა, ნაგებობათა და მათი ფუძეების გა-

დაადგილებზე (დემოკრატებზე) დაკვირება, ნაგებობების (ფუძეები) დაძაბული მდგომარეობის აღწერა.

● სსაშენი მასალის ხარისხის კონტროლი წარმოებს მშენებლობის პერიოდში და მიზნად ისახავს ნაგებობის ტანში ჩაწყობილი გრუნტის თუ ბეტონის მდგომარეობის შემოწმებას, ნაკლოვანებების ღრულ გამოვლინებას, საშუალოთა წარმოების ტექნოლოგიის კორექტირებასა და გაუმჯობესებას. ხარისხის კონტროლი ხორციელდება კარიერებიდან, ნაგებობის გრუნტიდან, ბეტონის ქარხნიდან თუ ადგილზე ჩაწყობილი ბეტონის მასიდან სინჯების (ნიმუშების) ლაბორატორიული გამოცდის გზით. მასალისა და ნაგებობის სამშენებლო ხარისხს აკონტროლებენ აგრეთვე უშუალოდ ნაგებობაში, სინჯების აღების გარეშე (ბეტონის სიმტკიცის განსაზღვრა ულტრაბგერის მეთოდით, გრუნტის სიმკვრივის შემოწმება ეზოტომეტრების მეშვეობით ან წყალშედწევობის ხერხით და სხვ).

● ნაგებობის ჰიდრაულიკისა და კალაპოტური პროცესების გამოკვლევა, ჩვეულებრივ, გულისხმობს ისეთ მნიშვნელოვან ნატურულ-ჰიდრაულიკურ საკითხებზე დაკვირვებას, როგორცაა წყალსაშვებ ხერხებში გამაფილი ხარჯები, ნაგებობებთან წყლის მისვლის სიჩქარეების კანონზოიერება, ზედა და ქვედა ბიეფების ჰიდრაულიკური რეჟიმები (წყალსაცავების დაღამვა და ჰიდრაულიკური წარეცხვა, ნაპირების გადამუშავება, ადგილობრივი და საერთო წარეცხვები ქვედა ბიეფში), წყალსაგდები ნაგებობების ჰიდრაულიკა და წყალნაკადის კინეტიკური ენერჯის ჩაქრობის ეფექტურობა, ჰიდრაულიკური პროცესები ზოძრაობის დაუმყარებელი რეჟიმის პირობებში, მდინარის ზამთრის რეჟიმი (ყინულის წნეგები ნაგებობაზე, ყინულის საფარის სისქე, ყინულის ქვეშო ბიეფში გატარების პირობები).

ჰიდრაულიკურ და კალაპოტურ პროცესებზე დაკვირვება ძირითადად წარმოებს იმ ხელსაწყოებითა და ხერხებით, რომლითაც სარგებლობენ ჰიდრომეტრიაში. წყლის ჰიდროდინამიკური წნევის პულსაცია კაშხლის სიღრმულ ხერხებში, ჩაშქრობებში, წყალსაცემ იატაკებზე განისაზღვრება ინდუქციური გადამწოდებით და ოსცილოგრაფებით. ვიბრაციული მოვლენების გასაზომად იყენებენ დაბალი სიხშირის ვიბროგადამწოდებებს და ვიბროგრაფებს.

● ფილტრაციული გამოკვლევები სრულდება გრუნტისა და ბეტონის კაშხლების ტანში და ფუძეში, ხოლო ზოგჯერ ნაპირებშიც. ბეტონის ნაგებობებში ძირითადად გამოიყენევენ ფილტრაციულ უკუწნევას კაშხლის ძირში და ფილტრაციას მის ტანში. გრუნტის კაშხლებში შეისწავლიან დეპრესიული მრუდის მდებარეობას და მის დროში მერყეობას, ფილტრაციულ ხარჯებს, ჰიდროდინამიკური წნევისა და ფილტრაციის სიჩქარეების განაწილებას.

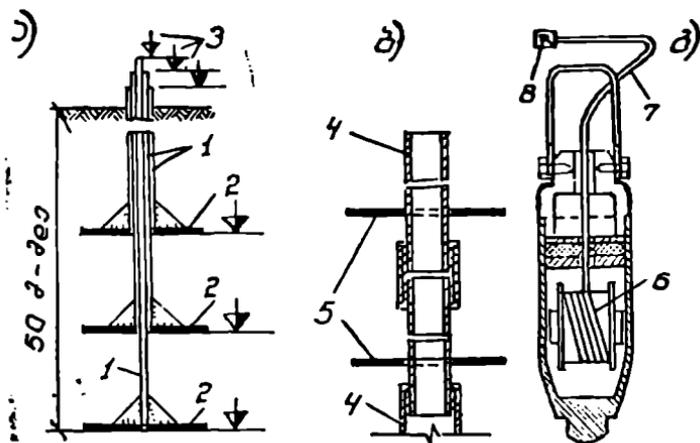
ფილტრაციული კვლევისათვის მეტწილად იყენებენ პიეზომეტრებს, როპლებსაც აყენებენ მზენებლობის პროცესში ან აწყობილი სახით უშვებენ სპეციალურ კიბურლილებში. ნაკლებად წყალშელწვევად გარემოში (ბეტონი, მკვირვი თიხოვანი გრუნტები) პიეზომეტრების გამოყენება პრაქტიკულად მიუღებელია და მიმართავენ პიეზოდინამომეტრებს [11, ნაწ. II, გვ. 317; 12, გვ. 614]. ფილტრაციული ნაკადის სიჩქარეებსა და მიმართულებებს უფრო ხშირად განსაზღვრავენ საღებავების გაშვებით ან რადიოაქტიური იზოტოპების გამოყენებით. ფილტრაციული წყლების ხარჯებს ზომავენ სათვალეიკებელ კებსა და გაღერებში მოწყობილი წყალსახომი ხელსაწყობით. პერიოდულად იღებენ წყლის სინჯებს ქიმიური ანალიზისა და სიმღერის განსაზღვრისათვის; ანალიზის შედეგების მიხედვით შესჯელობენ ბეტონის გამორტუვისა თუ წყალში ხსნადი მარილების გამორეცხვის ინტენსიურობაზე.

● დაკვირვებანი ნაგებობათა გადაადგილებებზე საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ მათი დეფორმაციები, ფორმის ცვალებადობა, აღმოვჩინოთ მდგრადობისა თუ სიმტკიცისათვის სახიფათო გადახრები, აღვრიცხოთ დაჯდომები და ა. შ. ნაგებობათა გადაადგილებებში (დეფორმაციები), როგორც წესი, ატარებს სიერკულ ხასიათს და მათი სრულად აღწერა საქმალ რთულია.

ნაგებობის ზედაპირის წერტილების ვერტიკალური გადაადგილება (დაჯდომა) ფიქსირდება გეოდეზიური მეთოდით ნაგებობის საანგარიშო წერტილებში (კაშხლის თხემი, ბერმები, კაშხლის ზედაპირი) განლაგებულ ზედაპირული მარკების პერიოდული ნიველირებით. ნიველირებისათვის იყენებენ საყრდენი გეოდეზიურა ქსელის რეპერებს.

გრუნტის კაშხლების ტანისა და ფუძის შიგა წერტილებს ვერტიკალურ გადაადგილებებს გამოიკვლევენ მრავალაარუსიანი და დისტანციური ელექტრომაგნიტური მარკების საშუალებით. მრავალაარუსიანი მარკა წარმოადგენს სისტემას ტელესკოპური თანაღერძული ლითონის მილებსაგან, რომლებიც ბოლოვდება პორიზონტალური თაროებით (ნახ. 28.1, ა); გრუნტის დაჯდომასთან ერთად გადაადგილებული თარო წაყოლიებს შესაბამის მილს, რომელთა დაჯდომის აბსოლუტური მნიშვნელობა გაიზომება მილის ზედზე დამაგრებული მარკის ნიველირებით. დისტანციური ელექტრომაგნიტური მარკა შედგება სექციური ელექტროგაუმტარი მილისაგან, მასზე თავისუფლად ჩამოცმული ლითონის ფერფიტებით (ნახ. 28.1, ბ), რომელთა საწყისი მდებარეობა ფიქსირებულია. ფერფიტა ვერტიკალურად გადაადგილდება გრუნტის დაჯდომასთან ერთად და ეს დეფორმაცია აღირიცხება მილში ჩაშვებულ სპეციალური ელექტრომაგნიტური ზონდის მეშვეობით.

ნაგებობის ზედაპირული წერტილებს პორიზონტალური გადაადგილებები განისაზღვრება კვეთების მიმიზნების, ტრანსგულაციის ან კომბი-



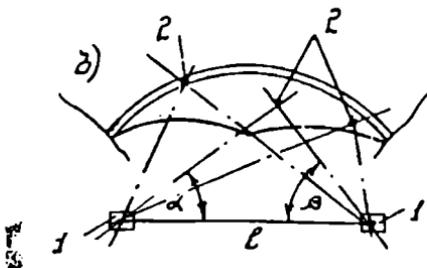
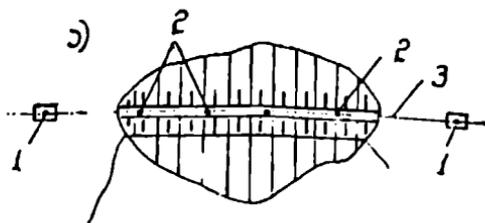
ნახ. 28.1. ნაგებობის ტანისა და ფუჯის დაღრმის შესასწავლი ხელსაწყოები.
 ა—მზაველიარუსიანა მარკა; ბ—ლისტანციური ელექტრომაგნიტური მარკა;
 გ—ელექტრომაგნიტური ზონდი; 1—ლითონის თანდერძული მილუხი; 2—თა-
 როები; 3—მარკები, 4—პლასტმასის მილის სექციები; 5—ლითონის ფრფუ-
 ტები (დასკები); 6—მულშივი შავნეტი; 7—კაბელი; 8—გაღვანომეტრა.

ნირებული მეთოდის გამოყენებით. კვეთების მიზნების ხერხი ყველა-
 ზე მარტივი და ზუსტია. მას იყენებენ წრფივლერძიან ნაგებობებზე და-
 კვირებისას (ნახ. 28.2 ა): ნაპირებში აწობენ ორ უძრავ საყრდენ
 პუნქტს თეოდოლიტისა და სამიზნებლის დასაყენებლად; მათი მეშვეობით
 აფიქსირებენ ოპტიკურ საკვრეტ გასწორს და მის გასწვრივ ნაგებობაზე
 განლაგებენ საკონტროლო პუნქტებს მოსახსნელი ან შობრავი (გადასა-
 ტანს) კონსტრუქციის საკვრეტი მარკებით; ნაგებობის საკონტროლო
 პუნქტების საკვრეტი მარკების აბსოლუტური პორიზონტალური გადაად-
 გილება საკვრეტი ოპტიკური გასწორის სიბრტყიდან განისაზღვრება
 თეოდოლიტით. ტრიანგულაციის მეთოდის გამოყენებისას ნაგებობაზე
 დაფიქსირებული საკვრეტი მარკების პორიზონტალურ გადაადგილებებს
 განსაზღვრებენ მშენებლობის რაიონის სატრიანგულაციო ქსელის უძრავ
 საყრდენ პუნქტებში განლაგებული თეოდოლიტების მეშვეობით (ნახ.
 28.2, ბ).

ნაგებობის შიგა წერტილების ნებისმიერი მიმართულებით გადაად-
 გილების შესწავლა შესაძლებელია ლისტანციური ელექტრომაგნიტური
 მარკის საშუალებით (ნახ. 28.1) თუ მილს, რომელშიც მოძრაობს ზონ-
 დი, მოვეზავთ სათანადო მიმართულებით. კაშხლის ტანის შიგა წერტილე-
 ბის სივრცულ გადაადგილებათა უფრო სრულყოფილი შესწავლა შესაძლე-

ბელია სათვალეებელი კვების, ინკლინომეტრების, პირდაპირი და შებრუნებული შეუღლების გამოყენებით [11, ნაწ. II, გვ. 321; 12, გვ. 616; 25, ნაწ. II, გვ. 369].

● ნაგებობის სივრცული მუშაობის გვარობაზე მეტად მნიშვნელოვან ინფორმაციას იძლევა ნაგებობის დაძაბული მდგომარეობის გამოკვლევა. ბეტონისა და გრუნტის კაშხლების ტანში და ფუძეში დაბევის გაანგარიშება შესაძლებელია ორი ძირითადი მეთოდით: პირველი—ნაგებობის (ფუძის) საანგარიშო წერტილებში დეფორმაციების სიდიდეთა გაზომვა და შემდგომ ძიით დაბევის გააანგარიშება



ნახ. 28.2. ნაგებობათა პირიზონტალური გადაადგილებების გაზომვა გეოდეზური მეთოდებით. ა—კვეთის მიზნების ხერხი; ბ—ტრიანგულაციის ხერხი; 1—სივრცული პუნქტები ხელსაწყოებით; 2—საპერეტი მარკები; 3—ობიექტური საპერეტო მარკები; 3—ობიექტური საპერეტო გასწორი.

დრეკადობისა და პლასტიკურობის თეორიის შესაბამისად; მეორე—დაბევის უშუალო ინსტრუმენტული გაზომვა.

ბეტონის ზედაპირებზე დეფორმაციებს შეისწავლიან მოსახხნელი ტენზომეტრებით და ჩასატანებელი ტელეტენზომეტრებით. საიმედო და ხანგამძლე მუშაობით აღინიშნება სიმიან ტიპის აკუსტიკური ტელეტენზომეტრი [11, ნაწ. II, გვ. 324]. პრაქტიკამ დაგვიანახვა, რომ უფრო საიმედოა დაბევის უშუალოდ გაზომვის ხერხები, რომლის დროსაც იყენებენ კარლსონის დინამომეტრებს, სიმიან საარმატურო დინამომეტრებს, სიმიან გრუნტის დინამომეტრებს და სხვა [11, ნაწ. II, გვ. 323; 12, გვ. 619; 25, ნაწ. II, გვ. 370];

XXIX: თა 30

ანთროპომეტრიული გავლენა გარემოზე

ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის ზეგავლენამ დედამიწის ბუნებრივ პროცესებზე მიიღო ყოვლისშემოქმედი და გლობალური სახე. შეცნეობითა აზრით, მსოფლიო ცივილიზაციის ჩვენს ხანაში ემუქრება ორი

ძირითადი საფრთხე: თერმობირთვული ან ეკოლოგიური კატასტროფა. ვარაუდობენ, რომ ამჟამად, წინა პლანზე ინაცვლებს მოსალოდნელი ეკოლოგიური დაღუპვის (თითქოსდა ნაკლებად „ხილვადი“ და დასაჯერებელი მოვლენის) საშიშროება, რადგან თერმობირთვული შეტაკების რეალური შედეგი ასე თუ ისე ნათელი გახდა კაცობრიობისათვის.

აღამიანის მიერ გარემოს გარდაქმნის ანუ ანთროპოგენული ზეგავლენის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი გამოვლინებაა დედამიწის ჰიდროსფეროს მდგომარეობის მკვეთრი გაუარესება. ამათგან, ჰიდროსფეროს ბუნებრივი რეჟიმის „იძულებითი“ ცვალებადობის შეფასება, წყლის რესურსების ზუსტი აღწერა და აცვა და რაციონალური გამოყენება შეადგენს ჩვენს მომავალი ირსებობის გადამწყვეტ შოშენს.

§ 29. 1. ანთროპოგენული გავლენა წყლის რესურსებზე

წყლის რესურსებზე ანთროპოგენული გავლენის ქვეშ იგულისხმება ის სხვადასხვაგვარი ცვლილებები, რომლებიც აღამიანის სამეურნეო-სამრეწველო საქმიანობას შეაქვს ჰიდროსფეროს ბუნებრივ რეჟიმში. ამ ზემოქმედების მთავარი გამოხატულებებია: გავლენა წყალსატევებს, ქაობებს, მდინარეების, მიწისქვეშა წყლების რაოდენობრივ მაჩვენებლებზე და ამ ობიექტებს შორის წყლის წილობრივ განაწილებაზე; გავლენა წყლების ხარისხზე ანუ წყლის ქიმიურ შედგენილობაზე და მასში გახსნილი ნივთიერებების რაოდენობაზე [3, 14, 17].

● დედამიწაზე წყლის რესურსების სიმრავლე და გამოუღველობა მოჩვენებითია: აღამიანი თავის საქმიანობაში უმეტესად იყენებს მტკნარ წყალს, უფრო ზუსტად კი მდინარეთა ჩამონადენს, რომლის საშუალო წლიური ოდენობა შეადგენს მხოლოდ 38830 კმ³-ს (§1.1). თუ ამასთან დავძვინთ, რომ წყლის ჩამონადენი ფრიად ირათანაბრადაა განაწილებული დროში და სივრცეში, ბოლო რეალურ გამოყენებას ექვემდებარება ამ მოცულობის მხოლოდ 40%, ნათელი გახდება წყლის მსოფლიო პრობლემა. მტკნარი წყლის საჭიროება კი სულ უფრო მატულობს იმასთან დაკავშირებით, რომ იზრდება სამრეწველო და სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობა, დედამიწის მაცხოვრებელთა რაოდენობა, მსხვილი ქალაქების რიცხვი, მოთხოვნილება ენერჯიაზე და სხვა; შედეგად, დედამიწის მთელ რიგ რაიონებში წყალი გადაიქცა მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის განვითარების მალიმიტირებელ ფაქტორად.

წყლის მოხმამარებელი დარგები (მორწყვითი მიწათმოქმედება, მრეწველობა, მსხვილი ქალაქებისა და დასახლებული პუნქტების წყალმომარაგება) სარგებლობენ წყლის დიდი რაოდენობით, რითაც მნიშვნელოვნად ამცირებენ მდინარეთა ბუნებრივ ჩამონადენს; ეს მით უფრო ყურადსაღებია ტენდეფიციტთან რაიონების მდინარეთა ბუნებრივი რეჟიმებისათვის. მაგალითისათვის მოვეყვანთ შემდეგ ციფრებს [3] : სამოცდანი წლების მონაცემებით მსოფლიო მდინარეებიდან, ტბებიდან და მიწისქვეშა წყა-

როებიდან წელიწადში იღებდნენ დაახლოებით 3300 კმ³ წყალს, რომლის 2100 კმ³ იხარჯებოდა დაუბრუნებლად; საბჭოთა კავშირში წყლის აღების თანამედროვე ოდენობა შეადგენს 270 კმ³-ს, პირველწყაროებს არ უბრუნდება 180 კმ³; მრაველობის საქიროებისათვის მსოფლიოში ამჟამად იხარჯება 400 კმ³ წყალი; მორწყვითი მიწათმოქმედება, რომელიც მოიხმარს წყლის ყველაზე დიდ რაოდენობას, ბუნებას არ უბრუნებს მის 80%-ს; 2000 წლისათვის წყლის მოხმარება ევროპაში მიაღწევს ამ კონტინენტის მდინარეთა საშუალო წლიური ჩამონადენის 23%-ს და ა. შ. რა თქმა უნდა, წყლის ასეთმა აღნაზღაურებელმა ხარჯებმა არ შეიძლება გავლენა არ იქონიოს ჩამონადენის ბუნებრივ მოცულობაზე და წყლის შიგა სისტემების საერთო ბალანსზე. ამის ნათელი დამადასტურებელია შემდეგი მაგალითები: მდინარეების საერთო ჩამონადენი აზოვის ზღვაში საშუალო წლიურ ნორმასთან (41,1 კმ³) შედარებით შემცირდა 28,2%-ით 1980 წლისათვის, 32,6%-ით 1985 წლისათვის და მიაღწევს 47,2%-ს ამ საუკუნის ბოლოს; არალის ზღვის დონემ ჩვენ დროში დაიწია 12,5 მ-ზე მეტით, ხოლო მისმა ფართობმა მოიკლო 25000 კმ²-ით იმასთან დაკავშირებით, რომ ზღვის მთავარი ნაკადები მდინარეების—ამულარიისა და სირდარიის საშუალო წლიური ჩამონადენი 1961 წლიდან მოყოლებული 50 კმ³-დან შემცირდა თითქმის მთლიანად სირდარიაში და ასევე, რაღაც სიმბოლურ სიდიდემდე, ამულარიაში; სამეურნეო მოქმედების შედეგად მდ. ვოლგის საშუალო წლიურმა ჩამონადენმა 8...10%-ით დაიკლო, დნეპრის, დნესტრის, ყუბანის, თერჯის—20...40%-ით; ასეთივე ტენდენცია შეინიშნება საქართველოს მდინარეებზეც.

● ხმელეთის წყლების ბუნებრივ რეჟიმზე დიდ გავლენას ახდენს პიდროტექნიკური მშენებლობა. ამის ძეგფო დასტურია მდინარეების, ტბების, კაობებისა და მიწისქვეშა წყლების ხარჯებისა და დონეების ბუნებრივი შიგაწლიური რეჟიმის ცვლილებები, რაც, ზემოხსენებული წყლის უზომო მოხმარების გარდა, გამოწვეულია წყალსაცავებით მდინარის ჩამონადენის რეგულირებით, მნიშვნელოვანი ხარჯების გადაგდებით ერთი მდინარის აუზიდან მეორეში, ტერიტორიების შეტბორვითა და დატბორვით, კლიმატური ფაქტორების ცვლილებებით. იმ მსხვილი მდინარეების რეჟიმები, რომელთა ათვისებაც წარმოებს წყალსაცავების კასკადური სისტემით ძირეულად განსხვავდება პირველყოფილისაგან.

● მაგრამ, მიუხედავად წყლის დაუბრუნებელი ხარჯვის და ჩამონადენის დროში ხელოვნური გადანაწილების საკითხების დიდი პრობლემატურობისა, ამჟამად ანთროპოგენული გავლენის უფრო გლობალური და შემაფოთებელი მხარეა ადამიანის საქმიანობის შედეგად მდინარეებისა და მათი მკვებავი წყაროების სულ უფრო მხარდი გაკუქციანების პროცესი; თანამედროვე ეტაპზე წყლის მოხმარებისა თუ გამოყენების მთავარი უარყოფითი შედეგი იმაში მდგომარეობს, რომ

წყლის ობიექტიდან აღებული სუფთა წყლის ღირი ნაწილი ჩამდინარე (გაქუქვიანებული) წყლების სახით უბრუნდება პირველწყაროებს. პრობლემის დიდმნიშვნელობაზე მიგვანიშნებს თუნდაც შემდეგი ფაქტები: ის ჩამდინარე წყლებიც კი, რომლებიც სრული გაწმენდის შემდეგ უბრუნდებიან წყლის ობიექტებს მოთხოვენ სუფთა წყლით არანაკლებ 15-ჯერად განზავებას. რათა არ დაირღვეს პირველწყაროს ბუნებრივი ხარისხი და ის გამოსადეგი დარჩეს გამოსაყენებლად; ყველა სახის წყალშოშრაგების ჩამდინარე წყლების საერთო მსოფლიო მოცულობა წელიწადში შეადგენს 420 კმ³-ს, რაც თითქოს არ უნდა იყოს შემაშფოთებლად დიდი, მაგრამ პრობლემა იმაშია, რომ ის აფუქებს 12...15-ჯერ მეტი მოცულობის სუფთა ბუნებრივ წყალს ანუ 5000...6000 კმ³-ს, რაც მდინარეთა საერთო წლიური ჩამონადენის უკვე მნიშვნელოვანი ნაწილია; იუნესკოს ოფიციალური ცნობით, საშოკდაათიანი წლების დამდეგს მსოფლიოს მდინარეებს ოკეანეებში გამოჰქონდათ 320 მილიონი ტ რკინა, 2,3 მილიონი ტ ტყვია, 6,5 მილიონი ტ ფოსფორი და სხვა; ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის განცხადებით არსებულ დაავადებათა 80%-ის გამომწვევ მიზეზად მიჩნეულია დაბინძურებული და მოწამლული წყლებით სარგებლობა; არაჯანსაღი წყლის მოხმარების შედეგად მსოფლიოში ყოველ დღე კვდება 25000 კაცი; მდ. მისისიპი იმდენად გაქუქვიანებულია, რომ მასობრივად წყდება თევზი და წყლის ფრინველი; სენა გამოცხადებულია „დაავადებულ“ მდინარედ; საგანგაშოა საბჰოთა კავშირისა და საქართველოს მრავალი მდინარისა და წყალსატევების მდგომარეობა; 1986 წელს საქართველოს მდინარეთა საშუალო წლიური ჩამონადენის ყოველ ერთეულზე გაქუქვიანების ოდენობა 1,7-ჯერ აღემატებოდა საშუალო საკავშირო დონეს, და მრავალი სხვა.

წყლის რესურსების გაქუქვიანების სახეებს შორის უმთავრესია ქიმიური, რადიოაქტიური, მიკრობიოლოგიური, ორგანული, მინერალური და სითბური. მოკლედ შევჩერდეთ რამდენიმე მათგანზე.

ქიმიურ გამაქუქვიანებლებს მიეკუთვნება ზოგიერთი მეტალი (ვერცხლისწყალი, ტყვია, კადმიუმი, სპილენძი, თუთია, დარიშხანი), მძიმე ნახშირწყლები, ნავთი და ნავთობპროდუქტები. ყველაზე დიდ საშიშროებას წარმოადგენს ქიმიური ნივთიერებანი და შენეირთები, რომლებიც გამოიყენება ფართოდ და ყველგან, განსუყვეტლივ ხვდება წყლის ობიექტებში წყალშემკრები აუზებიდან, ხასიათდება მაღალი წყალმედგობით, გროვდება ცოცხალ ორგანიზმებში და არის მეტად ტოქსიკური მცირე დოზითაც კი (მაგალითად, ტყვიის შემცველი ნაერთები აკუმულირდება თევზებისა და ბენტოსის ცხოველთა ქსოვილებში 10³...10⁴-ჯერ უფრო მაღალი კონცენტრაციით ვიდრე წყალში).

მსოფლიო პიდროსფეროს ქიმიური გაქუქვიანების ერთ-ერთი წყა-

როა პესტიციდები. სოფლის მეურნეობაში მას ყოველ წელს მოიხმარენ 250 ათას ტ-ზე მეტს. ატმოსფერული ნალექების ჩამონადენთან ერთად ისინი აღწევენ მდინარეებსა და წყალსატევებს; ხმელეთისა და წყლის ეკოსისტემებში უკვე დაგროვილია ამ ნივთიერებების 1,5 ჰლ ტონა.

მავენე ქიმიკატების დიდი ნაწილი ჰიდროსფეროში ხედება ატმოსფეროდან. მაგალითად, ტრანსპორტის მუშაობის შედეგად დედაშიწის მასშტაბით ატმოსფეროში ყოველწლიურად გაიფრქვევა 500 ათასი ტონა ტყვია, რომლის უდიდესი ნაწილი საბოლოოდ დაისადგურებს ჰიდროსფეროს ობიექტებში.

ხმელეთის წყლების და, განსაკუთრებით, მსოფლიო ოკეანის ყველაზე გავრცელებული გამაქუქუქიანებელია ნავთი და ნავთობპროდუქტები. ჰიდროსფეროს ნავთობპროდუქტებით „მოხარაგების“ მიზეზი შეიძლება იყოს ბუნებრივი (გაუონვა ბუნებრივი წყლისქვეშა საბადოებიდან), მაგრამ ოკეანეში მოხვედრილი ნავთობის მასის (6 მლნ ტონა წელიწადში) უდიდესი ნაწილი (~90%) მოდის გაქუქუქიანების ხელოვნურ წყაროებზე: ნავთობის მოპოვება ზღვასა და ოკეანეებში, ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნების ჩამდინარე წყლები, მრეწველობის ჩამონადენები და სხვ. ცნობილია, რომ 1 ლიტრ ნავთობს შეუძლია სასმელი ბალანსიდან გამოთიშოს 1 მილიონი ლიტრი წყალი. მაგალითისათვის გაეცხენოთ ამერიკული ტანკერის „ამოკო კადისის“ კატასტროფის (16 მარტი 1978 წ) დამფიქრებელი რედეგები: ზღვაში გადაიღვარა 220 ათასი ტონა ნავთობი, საფრანგეთის ბრეტანის პროვინციის სანაპიროსთან გაჩნდა უდიდესი ფენა, შეიკყვნა პლაგები, დაიღუპა ხამანწყის ფერმები, განადგურდა თევზი, ფრინველი, მცენარეულობა.

მიკრობიოლოგიური გაქუქუქიანების წყაროა ჩამონადენები, რომელთან ერთად მდინარეებსა და წყალსატევებში ხედებიან პათოგენური და პირობით პათოგენური მიკროორგანიზმები. ისინი კარგად ეთვისებიან ახალ პირობებს, შით უფრო ორგანული ნივთიერებებით მდიდარ და ნაკლები წყალცვლის წყალსატევებში, და შეუძლიათ გამოუსადეგარი გახადონ წყალი.

წყალსატევების ნაპირებთან თბოსადგურებისა და ატომური ელექტროსადგურების მშენებლობის შემთხვევაში იქმნება აკვატორიის თბური გაქუქუქიანების პირობები: წყალსატევს უბრუნდება აგრეგატების გაციებისათვის გამოყენებული წყალი, რომლის ტემპერატურაც მნიშვნელოვნად უფრო მაღლია. წყალსატევში წყლის თითქოს უმნიშვნელო, 3...4°C-ით აწევაც კი ძირეულად ცვლის წყლის ორგანიზმების არსებობის ბუნებრივ პირობებს და უარყოფით გავლენას ახდენს ფლორისა და ფუნის ნორმალურ განვითარებაზე. მაგალითად, წყალსატევში წყლის ტემპერატურის მოპატებისას თევზები დროზე აღრე იწყებენ ქვირილობას, რასაც შეიძლება მოყვეს ქვირილობის დაღუპვა.

თანამედროვე ეტაპზე ადამიანის მცდელობის წი.ო ჰიდროსფეროს გაქვეყიანებისაგან დაცვის და წყლის ხელოვნურად გაწმენდის საქმეში ფრიად უმნიშვნელოა; ასევე მაცოცხლებელი ბუნების შედგენილია ის საბედნიერო ფაქტი, რომ კაცობრობა ჯერ კიდევ არ დგის უშუალო დაღუპვის წინაშე; ჯერჯერობით გვშველის ის, რომ ოკეანისა და ხმელეთის წყლებს გაანჩიათ თვითგაწმენდის უნარი ანუ თვისება გაქვეყიანების შემთხვევაში აღიდგინონ თავისი ბუნებრივი თვისებები შიგა ფიზიკური და ბიოლოგიური პროცესების ხარჯზე (ფორთქლება, დაღეკვა, განზავება, ქიმიური რეაქციები, გამაქვეყიანებლების ასიმპლატია წყლის ორგანიზმებით).

§ 20. 2. წაალსამეურნეო მშენებლობის გააღწა გარემოზე

ადამიანის საქმიანობისათვის წყლის სასიცოცხლო დანიშნულებამ, წყლის რესურსების უთანაბრო განაწილებამ, ზოგ რაიონებში წყლის მწვავე დეფიციტმა თუ არაარსებობამ განაპირობა წყალსამეურნეო მშენებლობის ინტენსიური განვითარების აუცილებლობა. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ (§18.3) ჰიდროტექნიკური მშენებლობის განსაკუთრებულობის ერთ-ერთი მთავარი მაჩვენებელია გარემოზე მისი მნიშვნელოვანი ზეგავლენა, რაც უკანასკნელ ხანს საბაბი გახდა ფართო კამპანიისა ჰიდროტექნიკური მშენებლობის წინააღმდეგ. რა თქმა უნდა, საკითხისადმი ასეთი მიდგომა ცალმხრივია და არ ითვალისწინებს იმ უფორესად დადებით სოციალურ-ეკონომიკურ ეფექტს, რომელიც თან ახლავს მიზანშეწონილ წყალსამეურნეო მშენებლობას [11, 12, 14, 25, 71]. ელექტროენერჯის გამომუშავება, წყლის გზების გაფართოება, მოსავლიანობის ამაღლება, საყოფაცხოვრებო პირობების მკვეთრი გაუმჯობესება, დასვენების კერების გამრავლება და მრავალი სხვა დადებითი, რაც პირდაპირ თუ არაპირდაპირ დაკავშირებულია წყალსამეურნეო მშენებლობასთან. უარყოფითი საზოგადოებრივი აზრი ზოგიერთ შემთხვევაში დაფუძნებულია ობიექტურ მიზეზებზე; სამწუხაროა, მაგრამ ფაქტია, რომ ჰიდრონაგებობათა დაპროექტების, მშენებლობისა თუ ექსპლუატაციის პერიოდში დაშვებული შეცდომები გამოუსწორებელ ზიანს აყენებენ ბუნებას. ასეთი მაგალითები მრავლადაა მსოფლიო და სამამულო ჰიდრომშენებლობის პრაქტიკაში: გეოლოგიური სიტუაციის შეუფასებლობამ შესაძლებელი გახადა ვაიონტის ჰიდროკვანძის ტრაგედია (§ 18.3); ბრატსკისა და კრასნოიარსკის ჰიდროსადგურების ექსპლუატაციაში გაშვებისას ანბანური ჰიდროტექნიკური წესების შეუსრულებლობამ, რაც იმაში გამოიხატება, რომ წყლსაცავის ქვაბული არ გაიწმინდა ტყისა და ბუჩქნარისაგან, გამოიწვია მილიონობით კუბიკური მეტრი ძვირფასი

სამშენებლო ხე-ტყის დაღუპვა. წყალსაცავის ექსპლუატაციის შეკეთარი გაუარესება, წყლის ხარისხის დაქვეითება; არალის ზღვაში მდინარის ჩამონადენების უზომო ხარჯვამ იქამდე მიგვიყვანა, რომ თუ დროზე არ ვუშველეთ, 2000 წლისათვის ზღვა გადაიქცევა მარილწყლის შტორე წყალსატევად.

გარემოზე წყალსაშეურნეო მშენებლობის შედეგები წარმოჩინდება მაშინვე ან დროის რალაც პერიოდის გავლის შემდეგ. პირველ შემთხვევას მიეკუთვნება რაიონის წყლის ბალანსის შეცვლა, აუზის ჰიდროლოგიური, ჰიდროქიმიური და ჰიდრობიოლოგიური რეჟიმის გარდაქმნა, ტერიტორიების შეტბორვა და დატბორვა, მდინარისა და წყალსატეების ნაპირების (ფერლობების) გადაფორმირება. უფრო მოგვიანებით, გარკვეული დროის შემდეგ, მოსალოდნელია მშენებლობის რაიონის კლიმატის, ფლორის და ფაუნის. ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების რეჟიმის, სოციალურ-ეკონომიკური პირობების და ა. შ. შეცვლა. ამიტომ ჰიდროკვანძის (მით უფრო წყალსაცავიანის) მშენებლობის ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში უნდა ყოველმხრივ ეცადოთ დაეიცავათ გარემოში ანთროპოგენული ჩარევის ზღვარი, რათა არ დეფორმირდეს მშენებლობის რაიონის დამყარებული ეკოლოგიური სისტემის დარღვევა. ამ ასპექტში უპრიანია აღვნიშნოთ, რომ საბჭოთა კავშირის კომუნისტური პარტიისა და მინისტრთა საბჭოს დადგენილებით შეწყვეტილია საპროექტო და მოსამზადებელი სამუშაოები ჩრდილოეთისა და ციმბირის მდინარეთა ხარჯის ნაწილის ქვეყნის სამხრეთ რაიონებში გადმოსაგდებად, რაც უპირველესად განპირობებულია ქვეყნის ეკოსისტემაზე ზრუნვით. ასეთივე პროექტი არსებობდა ჩვენს რესპუბლიკაშიც: ვარაუდობდნენ დასავლეთის მდინარეების წყლების აღმოსავლეთისაკენ შობრუნებას.

ნაწილობრივ გვაიზიდეებს ის ფაქტი, რომ მეტ-ნაკლებად მსხვილი მშენებლობის ავტორიანობა ხდება სულ უფრო ფართო საზოგადოების მსჯელობის საგანი; უნდა ყოველთვის გვახსოვდეს, რომ დადგა დრო, როდესაც შეცდომების დაშვების უფლება ილარ გვაქვს.

ჭ ან. ა. წყლის რესურსების დაცვა და რაციონალური გამოყენება

ამჟამად დედამიწის ბუნებრივი წყლები საერთო მასშტაბში ჯერ კიდევ ახერხებენ ბუნებრივ თვითგაწმენდის ხაჯზე სათანადო ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნებას, თუმცა ზოგიერთ მდინარე და წყალსატევი, ოკეანის ცალკეული რაიონები და ზღვები უკვე დგანან ბიოლოგიური დაღუპვის ზღვარზე.

მომავალში წყლის რესურსების პრობლემა კიდევ უფრო დაიძაბება; ვარაუდობენ, რომ 2000 წლისათვის მოსალოდნელია დედამიწის მო-

სახლეობის გაორკეცება, მრეწველობის გაზრდა დაახლოებით 15-ჯერ, ენერჯის გამოუმუშავების—18-ჯერ, კვების პროდუქტების—3-ჯერ და სხვ. წყალზე ასეთი კოლოსალური მოთხოვნის პირობებში წყლის დაუბრუნებელი მოხმარება ყველა სახის წყალმომარაგებაზე ვაიზრდება 8-ჯერ, ხოლო ჩამდინარე (გაქუქყიანებული) წყლების მოცულობა შეადგენს 6000 კმ³-ზე მეტს წელიწადში. მაშინაც კი, თუ ეს წყლები წინასწარ გაიწმინდება და გაწმენდის დონე იქნება მაღალი (რაც ტექნიკურად შეტად რთულია) ჩამდინარე წყლების განზავებისათვის საკირო ვახდება მსოფლიოს მდინარეთა მთელი ჩამონადენის გამოყენება.

ასეთი პერსპექტივების პირობებში ლოგიკური ხდება საკითხის ამგვარად დასმა: კაცობრიობამ როგორ უნდა გადაწყვიტოს წყლის ანუ, რაც იგივეა, თავისი არსებობის პრობლემა მომავალში? რა თქმა უნდა ამ კითხვაზე ცალსახად პასუხის ვაცემა შეუძლებელია, ზოგადად კი აღაშინანის საქმიანობის ძირითად სტრატეგიულ მიმართულებად დაუყოვნებლივ უნდა ვახდეს ბუნების რესურსების ყოველმხრივი დაცვა და მათი რაციონალური გამოყენება.

ბუნების დაცვის ღონისძიებები შეიძლება იყოს ადმინისტრაციული და ტექნიკური ხასიათის. ადმინისტრაციული ღონისძიებები, ეს არის ცალკეული სახელმწიფოების, სახელმწიფოთა ჯგუფებისა და მსოფლიო მასშტაბის საკანონმდებლო წესები და ხელშეკრულებები, რომლებიც განსაზღვრავენ ბუნების დაცვის საშუალებებს და ბუნების რესურსების გამოყენების საზღვრებს. ასე მაგალითად: 1962 წელს ლონდონის საერთაშორისო კონფერენციის დადგენილებით ყველგან აიკრძალა ნავთობის წყალში გადაღრა (რაც, სიმწუხაროდ, არაღამაკმაყოფილებლად სრულდება); 1967—1970 წლებში შეიქმნა სახელმწიფო (სსრკ, გდრ, პოლონეთი, შვეიცია, დანია, ფრ, ფინეთი) ხელი მოაწერა ბალტიის ზღვისა და ჩრდილოეთის ზღვასთან შემაერთებული სრუტეების გაქუქყიანებისაგან დაცვის კონვენციის; გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის გენერალური ასსამბლეის გადაწყვეტილებით 1981—1990 წლები გამოცხადებულია „სასმელი წყლის“ ათწლეულად; საბჭოთა კავშირში წყლის რესურსების დაცვა და გამოყენება ემყარება საბჭოთა კავშირისა და მოკავშირე რესპუბლიკების საკანონმდებლო დებულებებს, რომელთაგან განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს კანონს: „საბჭოთა კავშირისა და მოკავშირე რესპუბლიკების წყლის კანონმდებლობის საფუძვლები“; საბჭოთა კავშირის კომუნისტური პარტიის XXVII ყრილობის მიერ მიღებულ პროგრამაში: „სსრ კავშირის ეკონომიკური და სოციალური განვითარების 1985—1990 წლებისა და 2000 წლამდე პერიოდის ძირითადი მიმართულებანი“ არის სპეციალური განყოფილება, რომელიც განსაზღვრავს ბუნების დაცვისა და რაციონალური გამოყენების პრობლემურ საკითხებს; 1988 წელს საბჭოთა კავშირში შეიქმნა სპეციალური ორგანიზაცია—ბუ-

ნების დაცვის საკავშირო-რესპუბლიკური სახელწიფო კომიტეტი; საქართველოში მუშაობს საზეცინერო-საწარმოო გეგრთიანება „საქზღვანა-პირდაცვა“ და კიდევ სხვა მრავლი.

რა თქმა უნდა, ადმინისტრაციული და იურიდიული საკანონმდებლო ღონისძიებების მნიშვნელობა განუზომლად დიდია, მაგრამ გადამწყვეტი როლი მაინც მიეკუთვნება ბუნების დაცვის ტექნიკურ ღონისძიებებს. მსოფლიო წყლების გაქუქუიანებისაგან დაცვის რადიკალური იდეა იმაში ზდგომარეობს, რომ საერთოდ იკრძალოს ანთროპოგენულ წყალბრუნვა ანუ არ დაიშეის ჩამდინარე წყლების მდინარეებსა და წყალსატევებში გადაგდება გასუფთაებულ მდგომარეობაში კი და ის მთლიანად გამოყენებულ იქნეს წყლის ბრუნვით და განწეორებად სისტემებში. საკითხის ასეთი გლობალური დასმა, ცხადია, მოითხოვს ახლო მომავალში წყლით სარგებლობის მთლიან გარდაქმნას, ამ სიტუვის სრული მნიშვნელობით. რაც შეეხება წყლის რესურსების დაცვისა და რაციონალური გამოყენებისათვის საკირო დღევანდელ, გადაუღებელ ტექნიკურ ღონისძიებებს, ისინი შეიძლება შემდეგნაირად ჩამოვყალიბოთ: წყლის ეკონომია მსოფლიო მასშტაბით, მრეწველობის დარგების უწყლო ტექნოლოგიის დანერგვა, ბრუნვითი წყალმომარაგების სწრაფი განვითარება, თანამედროვე საწმენდი ნაგებობების ფართო ქსელის მშენებლობა, ატმოსფეროში მრეწველობისა და ტრანსპორტის მავნე გამონახოლქეების მინიმუმამდე შემცირება, ქალაქების გაწმენდილი და სასუქებით მდიდარი ჩამონადენი წყლების გამოყენება მორწყვისათვის, წარმოების ნარჩენებისა და მრეწველობის ჩანადენების დამაგროვებლების ქსელის ფართო მშენებლობა (თავი XXVII), შხამქიძიკატებისა და მინერალური სასუქების გამოყენების მკვეთრი შემცირება, ნავთობპროუქტების გადაზიდვის უსაფრთხოებისა და საიმედოობის გაზრდა და ა.შ.

მთავარია, ყოველ ჩვენს მოქმედებაში გვახსოვდეს, რომ წყალი ეს არის №1 ნივთიერება დედამიწაზე, რომლის გარეშეც სიცოცხლე შეუძლებელია.

ლიტერატურა

1. Алтуни С. Т. Регулирование русел. М., Сельхозиздат, 1962.
2. Авакян А. Б., Салтанки В. П., Шарапов В. А. Водохранилища М., Мысль, 1987.
3. Богословский Б. Б., Самохин А. А., Иванов К. Е., Соколов Д. П. Общая гидрология (гидрология суши). Л., Гидрометеонздат, 1984.
4. Быков В. Д., Васильев А. В. Гидрометрия. Л., Гидрометеонздат, 1977.
5. Бахтиаров В. А. Водное хозяйство и водохозяйственные расчеты. Л., Гидрометеонздат, 1961.
6. Вайнштейн Г. М. Безопасность плотин и окружающая среда. М., 1978.
7. Вайнштейн Г. М. Плотностроение за рубежом. Теиდეშია ვაჲრეშენიშა პლონოშტროენიშა. М., 1977.
8. Грацианский М. Н., Александровский Ю. В. Гидрология и гидротехнические сооружения. М., Высшая школа, 1961.
9. Горошков И. Ф. Гидрологические расчеты. Л., Гидрометеонздат, 1979.
10. Гришин М. М. Гидротехнические сооружения. М., Госстройиздат, 1962.
11. Гришин М. М., Слисский С. М. и др. Гидротехнические сооружения. часть I и II. М., Высшая школа, 1979.
12. Гидротехнические сооружения. Под редакцией Н. П. Розанова. М., Стройиздат, 1978.
13. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика. Под редакцией В. П. Недриги. М., Стройиздат, 1983.
14. Гидрология, гидротехническое сооружения. Под редакцией Г. Н. Смирнова. М., Высшая школа, 1988.
15. Гончаров В. Н. Динамика русловых потоков. Л., Гидрометеонздат, 1962.
16. Дакелня Н. Ф. Водозаборные сооружения на реках с обильными донными наносами. М., Колос, 1964.
17. ე. ე რ ი ს თ ა ვ ი, ა. დ ა ნ ე ლ ი ა, რ. ა ლ ა ს ა ნ ი ა, ლ. ა რ ხ ი მ ო ვ ა. ვ ა რ ე მ ო ს ვ ა - პ ო ლ ი თ ე ბ ი ს წ ა რ ო ე ბ ი დ ა მ ა თ ი ლ ი კ ე რ დ ა ტ ი ს ტ ე კ ნ ი კ ო რ ი ლ ო ნ ს ი ძ ე ბ ე ბ ი. თ ბ ი ლ ის ი, ვ ა ნ ა თ ლ ე ბ ა, 1985.
18. Железняков Г. В., Неговская Т. А., Овчаров Е. Е. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока, Л., 1984.
19. Железняков Г. В. Гидрология и гидрометрия. М., Высшая школа, 1981.
20. Қаллини Г. П. Проблемы глобальной гидрологии. Л., Гидрометеонздат, 1968.
21. Караушев А. В. Речная гидравлика. Л., Гидрометеонздат, 1969.
22. Кондратьев Н. Е., Попов И. В., Свищенко Б. Ф. Основы гидро-морфологической теории руслового процесса. Л., Гидрометеонздат, 1982.

23. Лебедев В. В. Гидрологические и водохозяйственные расчеты для проектирования сооружений водоснабжения. Л., М., Стройиздат, 1965.
24. Левин И. И. Инженерная гидрология. М., Высшая школа, 1968.
25. ბ. შონელიძე. ჰიდროტექნიკური ნაგებობები. ნაწ. I და II. თბილისი, განათლება, 1982.
26. ბ. შონელიძე, ვ. მაღლაკელიძე, ა. შონელიძე. დაბალაწნევიანი ჰიდროკვანძი წყალსაშენებიანი კაშხლით არაკლდოვან ფუძეზე. მეთოდური კითხვები. თბილისი, 1988.
27. Мирцхулава Ц. Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости. М., Колос, 1967.
28. Мирцхулава Ц. Е. Надежность гидромелиоративных сооружений. М., Колос, 1974.
29. ა. მურანოვი. მსოფლიოს უდიდესი მდინარეები. თბილისი, განათლება, 1975.
30. Нежиховский Р. А. Гидрологические расчеты и прогнозы при эксплуатации водохранилищ. Л., Гидрометеониздат, 1976.
31. Программа дисциплины «Гидрология, гидрометрия и гидротехнические сооружения» для ВУЗ-й по специальностям «Водоснабжение и канализация» и «Рациональное использование водных ресурсов и обезвреживание промышленных стоков». Составитель Витрешко И. А., М., 1985.
32. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л., Гидрометеониздат, 1984.
33. ა. პაპაშვილი. ჰიდრაულიკა. თბილისი, განათლება, 1985.
34. გ. ექლეზნიაკოვი. ჰიდრომეტრია. თბილისი, განათლება, 1978.
35. Рекомендации по гидравлическому расчету открытых водосбросов высоконапорных гидроузлов и размывов скального русла отброшенной струей. ВНИИГ, П—80—79, Л., 1979.
36. Руководство по определению допускаемых неразмывающих скоростей водного потока для различных грунтов при расчете каналов. М., 1981.
37. Рождественский А. В., Чеботарев Л. И. Статистические методы в гидрологии. Л., Гидрометеониздат, 1974.
38. СНиП 2.01.14—83. Определение расчетных гидрологических характеристик. М., 1985.
39. СНиП 2.06.01—86. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования. М., 1987.
40. СНиП 2.04.02—84. Водоснабжение, наружные сети и сооружения. М., 1985.
41. СНиП 2.06.04.—82. *Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов), М., 1986.
42. СНиП II—7—81. Строительство в сейсмических районах. М., 1982.
43. СНиП 2.06.06.—85. Плотины бетонные и железобетонные. М., 1986.
44. СНиП 2.06.05.—84. Плотины из грунтовых материалов. М., 1985.
45. СНиП 2.02.02—85. Основания гидротехнических сооружений. М., 1986.
46. Справочник по гидротехнике. М., 1955.
47. Справочник по гидравлическим расчетам. Под редакцией П. Г. Киселева, М., Энергия, 1972.
48. ბ. უკლება. ზოგადი ჰიდროლოგია. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1967.
49. ბ. უკლება. ჰიდრომეტრია. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 1972.

80. Указания по определению допустимых (неразмывающих) скоростей водного потока для различных грунтов и облицовок. ВСН 2—65, М., 1965.
51. ჭ. ქუთათელაძე. ჰიდრაულიკის საფუძვლები. თბილისი, განათლება, 1981.
52. გ. ქობულაძე. საინჟინრო მელორატია. თბილისი, განათლება, 1971.
53. მ. დოლობერიძე. წყალშობარაგება. ნაწ. I და II. თბილისი, განათლება, 1987.
54. Чеботарев Н. П. Учение о стоке. Изд. МГУ, 1962.
55. ბ. ჩიქვაშვილი. ჰიდროლოგია, ჰიდრომეტრია, ჩამონადენის რეგულირება. თბილისი, განათლება, 1986.
56. ბ. ჩიქვაშვილი, ნ. დანელია, ლ. გველესიანი, ნ. კუჭაიძე, ა. პაპაშვილი. ჰიდროლოგია. თბილისი, განათლება, 1968.
57. გ. ჩოგვაძე. ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობა საქართველოში. თბილისი, საბჭოთა საქართველო, 1968.
58. Чоговадзе Г. И., Мгебришвили И. М., Ломов И. Е. Ингурская гидроэлектростанция. М., Энергоатомиздат, 1987.
59. Чоговадзе Г. И., Гогоберидзе М. И., Какауридзе Р. Г. и др. Анализ основных факторов, вызывающих инциденты и аварии на плотинах, оценка показателей надежности плотин. Гидротехническое стр-во. № 7. 1980.
60. Эристов В. С., Абхази В. И. и др. Производство гидротехнических работ. М., Стройиздат, 1970.
61. Эристов В. С., Чураков А. И. и др. Организация и планирование гидротехнического строительства. М., Стройиздат, 1977.
62. Biswas A. Hydrologic engineering prior to 600 B. C. Journal of the Hydraulics Division. Vol. 93, September, 1967.
63. Bonnin J. Les hydrauliciens étrusques: Des précurseurs? La Houille Blanche, №8, 1973.
64. Bonnin J. L'hydraulique dans l'antiquité. La Houille Blanche, №4, 1982.
65. Bauzil V. Vulnérabilité des barrages. Dispositions prises pour assurer leur sécurité. Travaux. №521—522. 1978.
66. Cotillon J. L'hydroélectricité dans le monde. La Houille Blanche, №1—2, 1978.
67. Dunn L., Anderson L., Kiefer F. Fundamentals of Geotechnical Analysis.
68. Frossard E. La formation d'une fosse d'érosion dans un bassin de dissipation: une conséquence de la cavitation? La Houille Blanche, №5—7, 1985.
69. Ginocchio R. Aménagements Hydroélectriques. Eyrolles, 1959.
70. Goubet A. Risques associés aux barrages. La Houille Blanche, №8, 1979.
71. Leborge P. La production hydroélectrique et l'environnement. La Houille blanche, №2, 1983.
72. Lebréton A. Les ruptures et accidents grave de barraget de 1964 à 1983. La Houille Blanche, №6—7, 1985.
73. Lencastre A. Etat des connaissances sur le dimensionnement des évacuateurs de crue des barrages. La Houille Blanche, №1, 1985.
74. Varlet H. Usines de retenue. Usines de plaine. Eyrolles, 1982.
75. Varlet H. Barrages — Réservoirs. Tom II. Barrages poids. Barrages voûtes Eyrolles, 1966.
76. Varlet H. Barrages — Réservoirs. Tom III. Barrages en terre et en enrochements. Eyrolles, 1966.

შ ი ნ ა რ ს ი

პირველი განყოფილება. უმაჯავალი

I თავი. ზოგადი ცნობები წალხა და წლის მეურნეობაზე	3
§ 1. 1. წლის რესურსები ბუნებაში	3
§ 1. 2. წლის მეურნეობა და მისი დარგები	5
§ 3. ჰიდროლოგიის, ჰიდრომეტრიისა და ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა საგანი	7
§ 1. 4. ჰიდროლოგია-ჰიდრომეტრიულ გამოკვლევათა და ჰიდროტექნიკური ნაგებობების განვითარების მოკლე მიმოხილვა	9
კანონი განყოფილება. ხმელეთის ჰიდროლოგია	
II თავი. წლის მიმოკცევა ბუნებაში	13
§ 2. 1. ტენის მიმოკცევა. წლის წრებრუნვის სახეები	13
§ 2. 3. დედამიწის წლის ბალანსის განტოლება	15
§ 2. 4. მდინარის აუზის წლის ბალანსის განტოლება	16
§ 2. ტბის წლის ბალანსის განტოლება	16
§ 2. 6. წყალსაცავის წლის ბალანსის განტოლება	17
III თავი. მდინარის აუზი, მდინარე, მდინარის ხეობა და კალაპოტი	18
§ 1. მდინარის აუზი. აუზის ფიზიკურ-გეოგრაფიული და მორფომეტრიული მახასიათებლები	18
§ 2. მდინარე. მდინარის ძირითადი ელემენტები და მორფომეტრიული მახასიათებლები	21
§ 3. მდინარის ხეობა. ხეობის ძირითადი ელემენტები	26
§ 3. 4. მდინარის კალაპოტი. კალაპოტის გეგმა, გრძივი და განივი პროფილი	27
IV თავი. მდინარის ჩამონადენის განმსაზღვრელი ფაქტორები	32
§ 1. ატმოსფერული ნალექების განმსაზღვრელი ფაქტორები	
§ 4. 2. ატმოსფერული ნალექები	34
2. 1. ატმოსფერული ნალექების განმსაზღვრელი ფაქტორები	
4. 2. 2. წვიმები	37
4. 2. 3. თოვლის საფარი	39
4. 2. 4. სეტყვა	41
4. 2. 5. ატმოსფერული ნალექების განწილება საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე	41
§ 4. 3. აორთქლება	43
4. 3. 1. აორთქლების განმსაზღვრელი ფაქტორები	43
4. 3. 2. აორთქლება წყლის ზედაპირიდან	44
3. 3. აორთქლება თოვლისა და ყინულის ზედაპირიდან	45
4. 3. 4. აორთქლება ნივთიდან	46

	4. 3. 5. ჯამური აორთქლება ხმელეთის ზედაპირიდან	47
	4. 3. 6. აორთქლების განაწილება საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე	48
V	თ ა ე ი. მდინარის ჩამონადენის რეჟიმი	48
	§ 5. 1. მდინარის კვების სახეები	49
	§ 5. 2. მდინარის წლიური ჩამონადენის რეჟიმი	51
	§ 5. 3. მდინარის დონის რეჟიმი	52
	§ 5. 4. მდინარეთა ტიპიზაცია მათი კვების სახეებისა და წყლის რეჟიმი შესაბამისად	53
VI	თ ა ე ი. მდინარის ჩამონადენის რაოდენობრივი მახასიათებლები	54
	§ 6. 1. ჰიდროლოგიური მახასიათებლები მდინარის ჩამონადენის რაოდენობრივი შეფასებისათვის	54
	§ 6. 2. წლიური ჩამონადენის ნორმა	56
	6. 2. 1. ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არსებობის შემთხვევა	57
	6. 2. 2. ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არასაკმარისობის შემთხვევა	59
	6. 2. 3. ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არარსებობის შემთხვევა	59
	§ 6. 3. წლიური ჩამონადენის ნორმის განაწილება საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე	61
VII	თ ა ე ი. მდინარის ჩამონადენის საანგარიშო ჰიდროლოგიური მახასიათებლების განსაზღვრა	61
	§ 7. 1. წლიური ჩამონადენის განსაზღვრა	62
	7. 1. 1. ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არსებობის შემთხვევა	63
	7. 1. 2. ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არასაკმარისობის შემთხვევა	66
	7. 1. 3. ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არარსებობის შემთხვევა	68
	7. 1. 4. ალბათობის უჭდურულა	69
	7. 1. 5. საშუალო წლიური ხარჯების უზრუნველყოფის მრუდის განსაზღვრის მავალითი	70
	§ 7. 2. ჩამონადენის შიგაწლიური განაწილების განსაზღვრა	75
	7. 2. 1. ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არსებობის შემთხვევა	75
	7. 2. 2. ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არასაკმარისობის და არარსებობის შემთხვევა	76
	§ 7. 3. გაზაფხულის წყალდიდობისა და წვიმების წყალმოვარდნების მაქსიმალური ჩამონადენის განსაზღვრა	76
	7. 3. 1. ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არსებობის შემთხვევა	77
	7. 3. 2. ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არასაკმარისობის შემთხვევა	78
	7. 3. 3. ჰიდრომეტრიულ დაკვირვებათა არარსებობის შემთხვევა	79
	§ 7. 4. საგარანტიო შესწორება	85
	§ 7. 5. გაზაფხულის წყალდიდობისა და წვიმების წყალმოვარდნების საანგარიშო ჰიდროგრაფები	86
	§ 7. 6. წყლის უდიდესი დონეები მდინარეებსა და ტბებში	87
	§ 7. 7. წყლის მინიმალური ჩამონადენი	88
VIII	თ ა ე ი. მდინარეთა თერმული და ზამთრის (ყინულოვანი) რეჟიმი.	89
	§ 8. 1. მდინარეთა თერმული რეჟიმი.	90
	§ 8. 2. მდინარეთა ზამთრის (ყინულოვანი) რეჟიმი.	91
	8. 2. 1. წყლის გაყინვის პროცესი	92
	8. 2. 2. ყინულდგომის პერიოდი.	93

	8. 2. 3. უინულის საფარის გახსნის პერაოლა .	94
IX	თავი. მდინარის მყარი ჩამონადენი, კალაპოტური პროცესები	96
§	9. 1. მდინარის ნატანი	96
	9. 1. 1. ნატანის სახეები	97
	9. 1. 2. ნატანის ფიზიკურ-მექანიკური და ჰიდრაულიკური მახასიათებლები	99
	9. 1. 3. შეწონილი ნატანი. სიმღვრივე	102
	9. 1. 4. ფსკერული ნატანი. ზღვრული სიჩქარეების ცნება	104
	9. 1. 5. შეწონილი და ფსკერული ნახატის ხარკები. მყარი ჩამონადენი	107
§	9. 2. კალაპოტური პროცესები	109
	9. 2. 1. ზოგადი ცნობები, კლასიფიკაცია	109
	9. 2. 2. მდინარის მორფოლოგიური მახასიათებლები	112
X	თავი. წყალსატევები, მყინვარები და კაობები	112
§	10. 1. წყალსატევები	112
	10. 1. 1. ძირითადი ცნობები	113
	10. 1. 2. წყალსატევების მორფომეტრიული მახასიათებლები	114
	10. 1. 3 წყლის დონეების ცვლადობა	116
	10. 1. 4. დინამიკური მოვლენები წყალსატევებში	116
	10. 1. 5. წყალსატევების თერმული და უინულოვანი რეჟიმი	118
	10. 1. 6. წყალსატევების ბიოლოგიური თავისებურებანი	120
	10. 1. 7. წყალსატევების სანაპირო ზოლის გადამუშავება	122
§	10. 2. მყინვარები	123
§	10. 3. კაობები	124
	მეხსამე განყოფილება. ჰიდრომეტრიკა	
XI	თავი. ჰიდრომეტრიკის ამოსანები. ჰიდრომეტროლოგიური სამსახურის ორგანიზაცია	124
§	11. 1. ჰიდრომეტრიკის საგანი, ამოცანები	126
§	11. 2. ჰიდრომეტროლოგიური სამსახურის ორგანიზაცია საბჭოთა კავშირში	126
XII	თავი. წყლის დონეების გაზომვა	128
§	12. 1. წყლის დონეების გაზომვის მთავარი პრინციპები	128
§	12. 2. წყალსაზომი საგუშაგოების ძირითადი ტიპები და მოწყობილობა	129
	12. 2. 1. მარტივი წყალსაზომი საგუშაგოები	130
	12. 2. 2. გადამცემი წყალსაზომი საგუშაგოები	132
	12. 2. 3. მაქსიმალური და მინიმალური დონეების რეგისტრაცია მარტივი და გადამცემ წყალსაზომ საგუშაგოებზე	133
	12. 2. 4. თვითმწერი წყალსაზომი საგუშაგოები	134
	12. 2. 5. დისტანციური წყალსაზომი საგუშაგოები	136
§	12. 3. დაკვირვებათა შედეგინილობა. ეადები. დაკვირვებათა შედეგების დამუშავება	136
XIII	თავი. წყლის სიღრმეების გაზომვა	138
§	13.1. წყლის სიღრმეების გასაზომი ხელსაწყოები	139
§	13. 2. წყლის სიღრმეების გაზომვის სამუშაოთა ჩატარების ხერხები	141
	13. 2. 1. წყლის სიღრმეების გაზომვის ორგანიზაცია	141
	13. 2. 2. გასაზომი კვთებისა და სიღრმითი ვერტიკალების განლაგება	142
	13. 2. 3. სიღრმითი ვერტიკალების კორინდინირება	142
27. ვ. მალაქაძე		417

§ 13. 3. დაკვირვებათა შედეგების დამუშავება	144
XIV თავი. წყლის ღინების სიჩქარეების გაზომვა	145
§ 14. 1. სიჩქარეების განაწილება წყალსაკალში	146
§ 14. 2. სიჩქარეების გაზომვის მეთოდები და ხელსაწყოები	149
14. 2. 1. პიდრომეტრიული ტრეტევა	149
14. 2. 2. პიდრომეტრიული ტრიალა	153
14. 2. 3. პიდრომეტრიული მილაკი	157
XV თავი. წყლის ხარჭების გაზომვა	158
§ 15. 1. წყლის ხარჭების განსაზღვრის მეთოდი. ხარჭის მოდელი	158
§ 15. 2. წყლის ხარჭების გაზომვა მოცულობითი მეთოდით	161
§ 15. 3. წყლის ხარჭების განსაზღვრის „სიჩქარე-ფართობის“ მეთოდები	161
15. 3. 1. მდინარის უბნის შერჩევა. პიდრომეტრიული გასწორი	161
15. 3. 2. წყლის ხარჭების განსაზღვრა ტრიალების გამოყენებით	165
15. 3. 2. წყლის ხარჭის განსაზღვრა ტრეტეების გამოყენებით	172
15. 3. 4. წყლის ხარჭების განსაზღვრის „სიანგარიშო“ ხერხი	174
§ 15. 4. წყლის ხარჭების დადგენა საზომი მოწყობილობით და პიდროკვანძის წყალსაშვებ ნაგებობებზე	174
15. 4. 1. წყლის ხარჭების განსაზღვრა პიდრომეტრიული ღარებით	175
15. 4. 2. წყლის ხარჭების განსაზღვრა წყალსაშვებით	175
15. 4. 3. პიდროკვანძის წყალსაშვებ ნაგებობებში გამაჟალი ხარჭების განსაზღვრა	176
§ 15. 5. წყლის ხარჭების განსაზღვრა შერევის მეთოდით	179
XVI თავი. დამოკიდებულება წყლის დონეებსა და ხარჭებს შორის. წყლის ჩამონადენის გამოთვლა	182
§ 16. 1. ხარჭების მრუდის აგება და წყლის ჩამონადენის განსაზღვრა დონეებსა და ხარჭებს შორის ცალსახა დამოკიდებულების შემთხვევაში	183
§ 16. 2. ხარჭების მრუდის ექსტრაპოლაცია	185
§ 16. 3. ხარჭების მრუდის აგება და წყლის ჩამონადენის განსაზღვრა დონეებსა და ხარჭებს შორის არაცალსახა დამოკიდებულების შემთხვევაში	188
16. 3. 1. წყლის დაუმყარებელი მოძრაობის შემთხვევა	189
16. 3. 2. ყინულოვანი მოვლენების არსებობის შემთხვევა	189
16. 3. 3. ცვლადი შეტბორვის არსებობის შემთხვევა	191
XVII თავი. მდინარის მყარი ჩამონადენის აღრიცხვა	192
§ 17. 1. შეწონილი ნატანის აღრიცხვა	193
17. 1. 1. ხელსაწყოები მდინარის წყლის სინჯის ასაღებად	193
17. 1. 2. შეწონილი ნატანის ხარჯის გამოთვლა	195
17. 1. 3. შეწონილი ნატანის ჩამონადენის განსაზღვრა	197
§ 17. 2. ფსკერული ნატანის აღრიცხვა	193
17. 2. 1. ხელსაწყოები ფსკერული ნატანის სინჯის ასაღებად	198
17. 2. 2. ფსკერული ნატანის ხარჯის გამოთვლა	200
17. 2. 3. ფსკერული ნატანის ჩამონადენის განსაზღვრა	201

მეოთხე განყოფილება. პიდროტექნიკური ნაგებობები

XVIII თავი. საერთო ცნობები პიდროტექნიკურ ნაგებობებზე	202
§ 18 1. პიდროტექნიკურ ნაგებობათა სახეობანი	202

§ 18. 2.	ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა კვანძები	204
18. 3.	ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა თვისებურებანი და მუშაობის პირობები	205
§ 18. 4.	კამხლები და მათი კლასიფიკაცია	206
XIX თავი.	წყალსაცავები, ჩამონადენის რეგულირებისა და წყალსამურნეო გაანგარიშების ძირითადი საკითხები	210
§ 19. 1.	წყალსაცავები	210
19. 1. 1.	წყალსაცავის ძირითადი მაჩვენებლები და მახასიათებლები	212
19. 1. 2.	ზედა ბიფის ფორმირება და ჰიდროლოგიური რეჟიმი	214
19. 1. 3.	წყალსაცავების ორგანიზაცია	221
19. 1. 4.	ქვედა ბიფის ფორმირება და ჰიდროლოგიური რეჟიმი	222
§ 19. 2.	ჩამონადენის რეგულირების ამოცანები და ძირითადი სახეები	224
§ 19. 3.	წყალსამურნეო გაანგარიშებათა ამოცანები და წყალსაცავის გაცემის საანგარიშო უზრუნველყოფა	228
§ 19. 4.	წყალსამურნეო გაანგარიშებათა ძირითადი მეთოდები	229
19. 4. 1.	ზოგადი ცნობები	230
19. 4. 2.	წყალსამურნეო გაანგარიშების გრაფიკული მეთოდები	234
19. 4. 3.	წყალსამურნეო გაანგარიშების ცხრილური მეთოდი	238
19. 4. 4.	წყალსამურნეო გაანგარიშება ალბათობის თეორიის განზოგადებული მეთოდებით	243
§ 19. 5.	წყალსაცავებით წყალდიდობის (წყალმოვარდნის) მაქსიმალური ჩამონადენის რეგულირება	242
XX თავი.	ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებზე მოქმედი დატვირთვები. ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა გაანგარიშების ძირითადი საკითხები	246
§ 20. 1.	ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებზე მოქმედი დატვირთვების კლასიფიკაცია	246
§ 20. 2.	ჰიდროტექნიკურ ნაგებობებზე მოქმედი დატვირთვები	247
20. 2. 1.	ნაგებობის საკუთარი წონა	247
20. 2. 2.	წყლის ჰიდროსტატიკური, ჰიდროდინამიკური და ფილტრაციული წნევები	247
20. 2. 3.	წყლის ტალღების წნევა	249
20. 2. 4.	ყინულის წნევა	251
20. 2. 5.	ნატანის წნევა	252
20. 2. 6.	სეისმური დატვირთვები	253
§ 20. 3.	ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა გაანგარიშების ძირითადი დებულებები	253
§ 20. 4.	ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ფუძეები და მათი გეოლოგიური პირობების როლი	255
§ 20. 5.	წყლის ფილტრაცია ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ქვეშე	258
20. 5. 1.	ჰიდროდინამიკური ბალის აგების მეთოდები. ფილტრაციული ელემენტების განსაზღვრა ჰიდროდინამიკური ბალის გამოყენებით	258
20. 5. 2.	ნაგებობების შიწისქვეშა კონტურზე მოქმედი ფილტრაციული წნევის განსაზღვრის მეთოდები	261
20. 5. 3.	ფილტრაციული დეფორმაციები ნაგებობათა ფუძეებში	264
XXI თავი.	ბეტონისა და რკინაბეტონის კაშხლები	266
§ 21. 1.	ზოგადი ცნობები	266

§ 21. 2.	ბეტონისა და რკინაბეტონის კაშხლების საშენი მასალები	269
§ 21. 3.	ბეტონის გრავიტაციული კაშხლები	270
21. 3. 1.	ბეტონის გრავიტაციული კაშხლების პროფილის ზომების დადგენა	270
21. 3. 2.	ბეტონის გრავიტაციული კაშხლების სიმტკიცეზე გაანგარიშება	273
21. 3. 3.	ბეტონის გრავიტაციული კაშხლების მდგრადობაზე გაანგარიშება	277
21. 3. 4.	ბეტონის გრავიტაციული კაშხლები კლდოვან ფუძეებზე. კონსტრუქციულ-სამშენებლო თავისებურებანი	282
21. 3. 5.	ბეტონის გრავიტაციული კაშხლები არაკლდოვან ფუძეებზე. კონსტრუქციულ-სამშენებლო თავისებურებანი	293
§ 21. 4.	თაღოვანი კაშხლები	297
21. 4. 1.	თაღოვანი კაშხლების მთავარი მახასიათებლები და კლასიფიკაცია	297
21. 4. 2.	თაღოვანი კაშხლების დაპროექტების ზოგადი საკითხები	300
21. 4. 3.	თაღოვანი კაშხლების კონსტრუქციულ-სამშენებლო თავისებურებანი	303
§ 21. 5.	კონტრფორსული კაშხლები	305
21. 5. 1.	კონტრფორსული კაშხლების კლასიფიკაცია	305
21. 5. 2.	კონტრფორსული კაშხლების კონსტრუქციულ-სამშენებლო თავისებურებანი	306
XXII	თ ა ვ ი. გ რ უ ნ ტ ი ს მ ა ს ა ლ ი ს კ ა შ ხ ლ ე ბ ი	309
§ 22. 1.	ზოგადი ცნობები. გრუნტის მასალის კაშხლების კლასიფიკაცია	310
§ 22. 2.	გრუნტის კაშხლების განიკვეთის ძირითადი პროფილი და ზომები	314
§ 22. 3.	გრუნტის კაშხლების გაანგარიშების ძირითადი დებულებები	316
§ 22. 4.	გრუნტის კაშხლების ფერდობის მდგრადობაზე გაანგარიშება	317
22. 4.	ფერდობის მდგრადობის შემოწმება ძერის წრიულ-ცილინდრული ზედაპირების მეთოდით	318
22. 4. 2.	ფერდობის მდგრადობის შემოწმების საანგარიშო შემთხვევები	323
22. 4. 3.	ფერდობის ძერის საშიში ზედაპირების დადგენის ხერხები	323
§ 22. 5.	გრუნტის კაშხლების კონსტრუქციულ-სამშენებლო თავისებურებანი	325
XXIII	თ ა ვ ი. წყ ა ლ ხ ა გ დ ე ბ ე ბ ი, წყ ა ლ ჩ ა ს ა შ ე ბ ი და წყ ა ლ გა მ ი მ შ ე ბ ი (წყ ა ლ მი მ- ღებო) ნ ა გ ე ბ ო ბ ე ბ ი	332
§ 23. 1.	წყალსაგდები ნაგებობები	333
23. 1. 1.	წყალსაგდებების გაანგარიშების ძირითადი დებულებები	334
23. 1. 2.	წყალსაგდებები კაშხლის ტანში	334
23. 1. 3.	წყალსაგდებები კაშხლის ტანის გარეთ	337
§ 23. 2.	წყალჩასაშვები ნაგებობები	341
§ 23. 3.	წყალმიღები ნაგებობები	342
23. 3. 1.	კაშხლიანი წყალმიღებები	342
23. 3. 2.	უკაშხლო წყალმიღებები	344

XXIV	თ ა ე ი. ჰიდროტექნიკური საკეტები	347
§	24. 1. საკეტების კლასიფიკაცია	348
§	24. 2. ზედაპირული ხერხების საკეტები	349
	24. 2. 1. ბრტყელი ზედაპირული საკეტები	348
	24. 2. 2. სეგმენტური ზედაპირული საკეტები	351
	24. 2. 3. ვალცური საკეტები	352
	24. 2. 4. სექტორული საკეტები	351
	24. 2. 5. სახურავისებრი საკეტები	355
	24. 2. 6. ქსოვილის საკეტები	355
§	24. 3. სიღრმული ხერხების საკეტები	356
	24. 3. 1. ბრტყელი სიღრმული საკეტები	356
	24. 3. 2. სეგმენტური სიღრმული საკეტები	356
	24. 3. 3. დისკური საკეტები	357
	24. 3. 4. კონუსური საკეტები	357
	24. 3. 5. ნემსა საკეტები	358
XXV	თ ა ე ი. არხები და მათზე მოთავსებული ნაგებობები	358
§	25. 1. არხების კლასიფიკაცია	359
§	25. 2. არხის ცოცხალი კეთის ზომებისა და წყლის დინების დასაშვები სიჩქარეების განსაზღვრა	362
	25. 2. 1. არხის ცოცხალი კეთის ზომების განსაზღვრა	362
	25. 2. 2. არხში წყლის დინების დასაშვები სიჩქარეები	363
	25. 2. 3. არხების ზამთრის რეჟიმი	364
§	25. 3. წყლის დანაკარგები არხებიდან	364
	25. 3. 1. წყლის დანაკარგები აორთქლებაზე	365
	25. 3. 2. წყლის დანაკარგები ფილტრაციაზე	365
§	25. 4. არხების კონსტრუქციულ-სამშენებლო თვისებები	366
	25. 4. 1. არხის ტრასირება. გრძივი პროფილი და განივი კვეთი	367
	25. 4. 2. არხების სამოსები (მოპირკეთებები)	368
	25. 4. 3. არხების დრენაჟი	371
§	25. 5. არხზე მოთავსებული ნაგებობები	372
	25. 5. 1. წყალსატარი ნაგებობები	373
	25. 5. 2. შემაღლებული ნაგებობები	374
	25. 5. 3. მარეგულირებელი ნაგებობები	376
XXVI	თ ა ე ი. სარეგულაციო და ნაპირსამაგრი ნაგებობები	377
§	26. 1. მდინარეთა რეგულირების ძირითადი ამოცანები. სარეგულაციო ნაგებობები	377
	26. 1. 1. მდინარეთა რეგულირების ძირითადი ამოცანები	377
	26. 1. 2. სარეგულაციო (გამასწორებელი) ნაგებობები	381
§	26. 2. ნაპირსამაგრი ნაგებობები	383
XXVII	თ ა ე ი. წარმოების ნარჩენებისა და შრეწველობის ჩანადენების მაგრო-კვებლები	385
§	27. 1. ზოგადი ცნობები	385
§	27. 2. მაგროკვებლების შემადგენლობაში შემავალი ჰიდროტექნიკური ნაგებობები	391
XXVIII	თ ა ე ი. ჰიდროტექნიკურ ნაგებობათა ტექნიკური ექსპლუატაცია და ნატურალური გამოკვლევები	391

28. 1. პიდროტექნიკურ ნაგებობათა ტექნიკური ექსპლუატაცია	394
§ 28. 2. პიდროტექნიკურ ნაგებობათა ნატურული გამოკვლევები	393
28. 2. 1. ზოგადი ცნობები	396
28. 2. 2. ნატურულ გამოკვლევათა სახეები და შესაბამისი საცენტროლო გამზომი აპარატურა	399
XXIX თავი. ანთროპოგენული გავლენა გარემოზე	403
29. 1. ანთროპოგენული გავლენა წყლის რესურსებზე	404
§ 29. 2. წყალსამეურნეო მშენებლობის გავლენა გარემოზე	408
§ 29. 3. წყლის რესურსების დაცვა და რაციონალური გამოყენება	409
ლიტერატურა	412

რედაქციის გამგე ც. ანდლუღაძე
რედაქტორი ე. გოგსაძე
სამხატვრო რედაქტორი ო. მესხი
ტექნიკური რედაქტორი ე. მუხაშვილი
უფროსი კორექტორი ნ. ქაფიანიძე
კორექტორი დ. ყვავაძე
გამომშვები ლ. გაბარაშვილი

სპ № 4497 Учебное издание

გადაეცა ასაწყობად 22.03.89 წ., ხელმოწერილია დასაბეჭდად 22.06.90 წ., ქალაქ-
დის ზომა 60X90^{1/16}. საბეჭდი ქაღალდი № 1. გარნიტურა ვენა. ბეჭდვა მაღალი. ნაბეჭ-
დი თაბახი 26,5. საღებავგატარება 26,63. სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 24,71.
უე 07060 ტირაჟი 2000 შეკვ. № 476
ფასი 1 მან. 30 კახ.

გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, გ. ჩუბინაშვილის ქ. 50
Издательство «Ганатლება», Тбилиси, ул. Г. Чубинашвили, 50
| 1990
სპი-ს სტამბა, თბილისი, ლენინის ქ. № 77
Типография ГПИ, Тбилиси, ул. Ленина, № 77