

საქართველოს წყალსაცავებით აღძრული სეისმური მოვლენები

იორდანიშვილი კ., იორდანიშვილი ი., ირემაშვილი ი.,
კანდელაკი ნ., ბილანიშვილი ლ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტი

ანოტაცია. სტატიაში გაანალიზებულია მსოფლიოში მთის წყალსაცავებით აღძრული სეისმური მოვლენები (ე.წ. „აღძრული სეისმურობა“). განხილულია საქართველოს ტერიტორიის გეომორფოლოგიური პირობები და წყალსაცავები მაღალი კაშხლებით. აღნიშნულია ამ წყალსაცავებით „აღძრული სეისმურობის“ შესაძლო წარმოშობისა და განვითარების ძირითადი ფაქტორები, ესენია: ტერიტორიაზე მიმდინარე ტექტონიკური აქტიურობა, წყალსაცავში დაგროვილი ნატანისა და წყლის მასა, წყალსაცავის დონის ცვალებადობის დინამიკა, წყლის სიღრმე და ტერიტორიის ჰიფსომეტრული ზონალობა. გაანალიზებულია ენგურის წყალსაცავით აღძრული მიწისძვრები, რომლებიც იყო შემჩნეული მისი ექსპლუატაციის პირველივე წელს.

საკვანძო სიტყვები: წყალსაცავები, „აღძრული სეისმურობა“.

შესავალი

მიწისძვრის მაგნიტუდა (M) [ლათ. magnitudo-სიდიდე] პირობითი სიდიდეა და მიწისძვრის ენერჯის ის რაოდენობაა, რომელიც ნიადაგის გადაადგილების მაქსიმალური ამპლიტუდის ლოგარითმის პროპორციულია. მიწისძვრის მაქსიმალური მაგნიტუდაა $M=9$, რაც შეესაბამება ენერჯის 10^{19} ჯოულს [1]. მიწისძვრის ენერჯის გასაზომად გამოიყენება სეისმოგრაფი, რომელიც აფიქსირებს მიწისძვრის ბალიანობას რიხტერის 8.2 ან მერკალის 12 ბალიან სკალით, ცხრ. 1. მსოფლიოს მკვლევარებმა ყურადღება მიაქციეს ხელოვნურად წარმოქმნილ სეისმურობას, რომელიც იყო გამოწვეული მსხვილი წყალსაცავების აგებით და შესაბამისად - წყლის დიდი რაოდენობის აკუმულირებით.

ძირითადი ნაწილი

მიწისძვრები მიმდინარეობს დედამიწის მთის რეგიონებში და იშვიათად-ვაკის. დედამიწის ზედაპირზე სეისმურობა განისაზღვრება მიწისძვრის მაგნიტუდით (M), ეპიცენტრალური მანძილით და ჰიპოცენტრის განლაგების სიღრმით. ამ თვალსაზრისით ენგურის აუზის მიწისძვრის ჰიპოცენტრები 5-10 კმ-ის სიღრმეზეა განლაგებული.

წყალსაცავის მიმდებარე ტერიტორიაზე სეისმური მოვლენების აქტივიზაცია პირველად იყო შემჩნეული დიდი მოცულობის წყალსაცავების შექმნის შემდეგ. სეისმური მოვლენების გამწვავების ფაქტორებია - მთის ქანების დამაბული მდგომარეობის ცვლილებები და დამაბულობების კონცენტრაცია ქანების გადანატეხების ზონებში. წყალსაცავებით გამოწვეული „აღძრული“ სეისმურობის გამომწვევი ფაქტორებია: ტერიტორიის გეოლოგიური სიტუაცია (ქანების ტიპი, ტერიტორიის მთიანობა და სეისმიკა, სიღრმული ქანების რღვევები), წყალსაცავში წყლის და დაგროვილი ნატანის სიმაღლე და მასა, დონური რეჟიმის დინამიკა და წყალსაცავში წყლის სიღრმე.

კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით [საგრანტო პროექტის N FR 21- 2942].

წყალსაცავების ტერიტორიის გეოლოგიური სიტუაცია განსაზღვრავს წყლის და ქანების ურთიერთდამოკიდებულებას. ქანების სიმტკიცის მაჩვენებლების განსხვავების გამო, იქმნება ფერდობების სტატიკური მდგრადობის არახელსაყრელი პირობები: ქანების „ატივტივება“ - წყალსაცავში წყლის დონის აწევსას და მათი „დამძიმება“ - წყალსაცავში წყლის დონის დაწევსას. „აღძრული სეისმურობა“, რომელიც გამოწვეულია მსხვილი და ღრმა წყალსაცავებით, დაფიქსირდა დედამიწაზე გასული საუკუნის 50-იან წლებში, როდესაც დაიწყო მსხვილი და ღრმა წყალსაცავების აგება (ცხრ. 1).

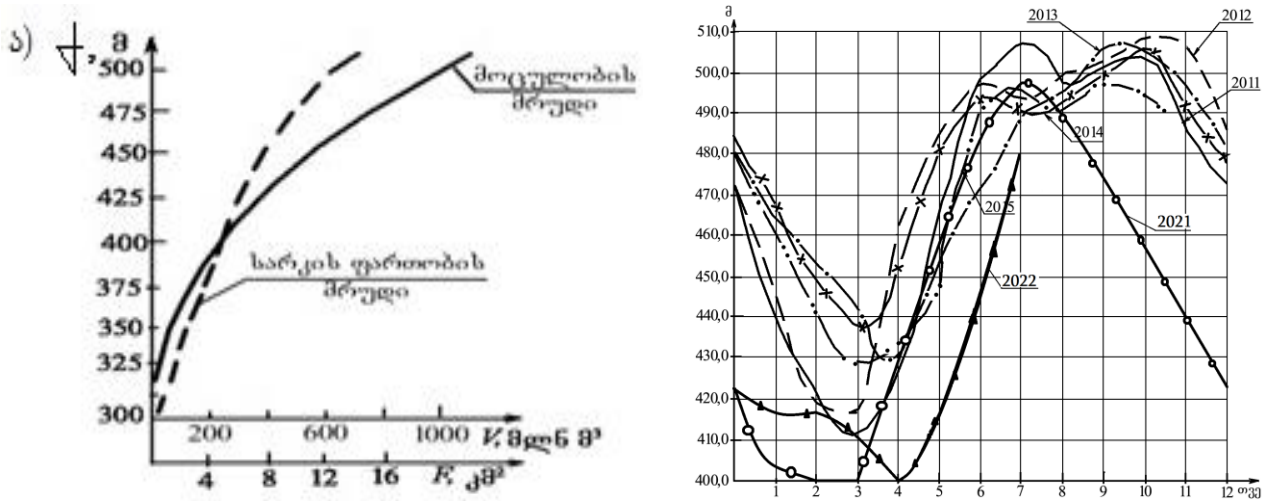
მიწისძვრის დროის (თარიღის) პროგნოზირება - მეტად რთული საკითხია. ყველაზე მნიშვნელოვანი ჰიდროსეისმური ფაქტები ადასტურებს იმას, რომ წყალსაცავში წყლის სიღრმის 100 მ-ზე და მოცულობის 0.01 კმ³-ზე მეტი გაზრდით - ფიქსირდებოდა მიწისძვრები.

ცხრილი 1. დედამიწის წყალსაცავების შექმნის შედეგად აღძრული მიწისძვრების წარმოქმნა

	კაშხალი (წყალსაცავი)	მდინარე	ქვეყანა	წყ-ის აგების წელი (ნ.შ.დ.-მდე)	წყ-ის მოცულობა, კმ ³	წყალსაცავის მაქსიმალური სიღრმე, მ	მიწისძვრის თარიღი	მაგნიტუდა, M
1	კრემასტა	აქელოოსი	საფრანგეთი	1965	4,8	120	24.01.1966	9,0
2	კოინა (შივა- ჯისადარი)	კოინა	ინდოეთი	1961	2,8	100	10.12.1967	7,0
3	კასირაკიონი	კრიკელიო-ტიკოს	საბერძნეთი	1969	1,0	100	1969	6,3
4	კარიბუ	ზამბეზი	ზამბია - ზიმბაბვე	1959-1963	175,0	122	23.09.1963	6,25
5	სინფინიანი	სინფინიანი	ჩინეთი	1961	13,9	105	1961	6,1
6	ოროვილი	ფეტერი	აშშ	1968	4,4	204	01,08,1975	5,7
7	უარაგამბა	უარაგამბა	ავსტრალია	1960	2,0	104	09,03,1973	5,4
8	აკოსომბო (ვოლტა)	ვოლტა	განა	1964-1967	165,0	109	11,1964	5,3
9	პორტო კოლუმბია	რიუ-გრანდე	ბრაზილია	1973	1,5	50	24,02,1974	5,1
10	ვოლტა გრანდე	რიუ-გრანდე	ბრაზილია	1973	2,3	31	24,02,1974	5,1
11	ბენმორი	უაიტაკი	ახალი ზელანდია	1963-1966	2,0	96	07,07,1968	5,0
12	ეუკუმბენე	ეუკუმბენე	ავსტრალია	1958	4,8	106	18,05,1959	5,0
13	ჰუვერი (Mid)	კოლორადო	აშშ	1935-1936	36,7	191	10,03,1940	5,0
14	მონტეინარი	დრაკი	საფრანგეთი	1962	0,3	125	25,04,1963	4,9
15	ბაინა-ბამტა	დრინა	იუგოსლავია	1965-1966	0,3	80	03,07,1967	4,8
16	კაჟურუ	პარა	ბრაზილია	1953-1959	0,2	21	23,01,1972	4,7
17	კანელიესი	ნოგუერა	ესპანეთი	1960	0,7	132	09,01,1962	4,7
18	სეფიდრუდი	სეფიდრუდი	ირანი	1962	1,8	80	02,08,1968	4,7
19	პუკაკი	პუკაკი	ახალი ზელანდია	1976	10,0	108	1978	4,6
20	ნურეკი	ვახში	ტაჯიკეთი	1972-1984	11,0	285	27,11,1972	4,5
21	კაფუე-გოჯი	კაფუე	ზამბია	1973-1978	5,0	62	13,05,1978	4,2
22	მანიკუაგან-3	მანიკუაგანი	კანადა	1975	10,4	96	23,10,1975	4,1
23	ენგურის	ენგური	საქართველო	1957	0,23	100	12.1979	4,4

ასეთივე მოვლენები დაფიქსირდა ენგურის წყალსაცავზე (საქართველო). „აღძრული“ სეისმური მოვლენების ანალიზმა გვაჩვენა, სეისმური აქტივობის გაზრდა, როდესაც წყლის

სიღრმემ 100 მ-ს მიაღწია. ენგურის წყალსაცავი - ყველაზე მსხვილი წყალსაცავია საქართველოში, რომელიც ექსპლუატაციაში შევიდა 1978 წელს. ენგურის წყალსაცავის სრული საპროექტო მოცულობა $V_{სრ}=1090,0$ მლნ მ³, $V_{სას}=66.20$ მლნ მ³, სიგრძე $L=38.5$ კმ, სიღრმე $H_{წყ.მაქს.}=230,0$ მ, წყალსაცავის დონის დამუშავება $H_{დონ.დამ.მაქს.}=70,0$ მ, ბეტონის თაღოვანი კაშხლის სიმაღლე $H_{კაშხ.}=271,5$ მ; კაშხლის სიგრძე $L_{კაშხ.}=758,0$ მ, კაშხლის სიგანე $B_{კაშხ.}=10,0$ მ, ნახ. 1 [2,3,4,5]. მდ. ენგურის აუზი განლაგებულია $M=5,5$ მაგნიტუდის ზონაში, ხოლო მის სეისმოსაფრთხე - ჩრდილოეთისკენ მკვეთრად იზრდება, რადგან სიღრმისეული რღვევის და მიწისძვრის კერა ერთმანეთთან არის დაკავშირებული. ამ რღვევასთან დაკავშირებულია ჩხალთის 9 ბალიანი მიწისძვრა (1963 წ.), რომლის მაგნიტუდა $M=6,4$.



ნახ. 1. ენგურის წყალსაცავის ჰიდროლოგიური მონაცემები
 ა) წყალსაცავის სარკის ფართობებისა და მოცულობების მრუდები;
 ბ) წყალსაცავის დონური რეჟიმის მრუდები

საქართველოს წყალსაცავების ტერიტორიის სეისმურობა დამოკიდებულია მიმდინარე ტექტონიკურ აქტიურობაზე, წყალსაცავში დაგროვილი ნატანის და წყლის მასაზე, წყალსაცავის დონის ცვალებადობის დინამიკაზე, წყლის სიღრმეზე და ტერიტორიის ჰიფსომეტრულ ზონალობაზე (ა), ცხრ. 2. ამის მიხედვით, 6-9 ბალიან ზონაში განლაგებულია ენგურის, ალგეთის, ჟინვალის, სიონის, შაორის და ხრამის წყალსაცავები, ცხრ. 3. მაგრამ რადგან საქართველოს წყალსაცავების სიღრმე ნაკლებია 100 მ-ზე (გარდა ენგურისა) ამიტომ სავარაუდოდ ამ წყალსაცავებზე არ არის მოსალოდნელი „აღძრული“ მიწისძვრები.

ცხრილი 2. საქართველოს ტერიტორიის ჰიფსომეტრული ზონალობის კოეფიციენტები (ა)

№	წყალსაცავის ტიპი	წყალსაცავის შეტბორვის დონე, მ	„ა“-ს მნიშვნელობა
1	ვაკის	<400.0	0.52
2	მთის წინა	400.0-800.0	0.34
3	მთის	800.0-1200.0	0.32
4	მაღალი მთის	>1200.0	0.30

ცხრილი 3. საქართველოს მსხვილი წყალსაცავებით აღძრული შესაძლო სეისმურობის წარმომქმნელი ძირითადი ფაქტორები.

	წყალსაცავის დასახელება	წყალსაცავის მაქსიმალური მოცულობა V_{max} , (მლნ მ ³) და მასა (მლნ ტ)	წყალსაცავის მაქსიმალური სიღრმე, H_{max} , მ	წყალსაცავის დონის მაქსიმალური ჰიფსომეტრია, 4_{max} , მ	წყალსაცავში დაგროვილი ნატანის მასა, მლნ ტ	წყალსაცავის ფსკერზე წყლის და ნატანის საერთო მასა, მლნ ტ.	წყალსაცავის ტერიტორიის მაკროსეისმური ინტენსივობა,	რელიეფის მთიანობის კოეფიციენტის
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ენგურის	1090.0	230.5	510.0	200.0	1300.0	8	0.404
2	ქინვალის	510.0	98.00	810.0	250.0	770.0	8	0.384
3	სიონის	325.0	68.6	1068.0	50.0	375.0	7	0.259
4	ხრამის	312.0	25.0	1512.0	15.0	330.0	8	0.203
5	შაორის	71.0	12.3	1132.0	6.0	80.0	7	
6	ალგეთის	65.0	72.5	792.0	8.0	75.0	6	0.349

საქართველოს ტერიტორიაზე განლაგებულია 36 წყალსაცავი, რომელთა შორის ყველაზე მსხვილია და ღრმა (100 მ-ზე მეტი)- ენგურის.

ენგურის წყალსაცავში წყლის სიმაღლე 105 მ-მდე აწევსას მიწისძვრათა საერთო რაოდენობა გაიზარდა. სეისმური რეჟიმი გააქტიურდა [5]. სეისმური მოვლენები შემდეგნაირად მიმდინარეობდა: 1978 წლის აპრილში კაშხლიდან 30 კმ-ის რადიუსში დაფიქსირდა $K=5\div 7$ ენერგეტიკული კლასის რვა მიწისძვრა, მათ შორის ექვსი - 20 კმ-ის რადიუსში; ± 345 მ ნიშნულზე წყალსაცავის შევსებიდან ერთი თვის შემდეგ, წყალსაცავში მუდმივი დონის შენარჩუნების პირობებში, დარეგისტრირდა ათი $K=6\div 7$ კლასის მიწისძვრა, რომელთაგან შვიდი იყო კაშხლიდან 10 კმ-ის რადიუსში. მათი უმეტესი ნაწილი დაკავშირებულია ინგირის რღვევასა და ტყვარჩელის ფლექსურის გადაკვეთასთან, სადაც 1978 წლის მაისში რვა დღის განმავლობაში მოხდა რვა მიწისძვრა. ენგურის მიწისძვრების მაკროსეისმური ენერგია თავსდება იმ სეისმურ აქტიურობაში, რომელიც მიღებული იყო ენგურის წყალსაცავის დაპროექტებისას (ფონური სეისმურობა შეფასებული იყო 8 ბალად). ენგურის წყალსაცავის რაიონის მიწისძვრის ჰიპოცენტრები განლაგებულია 5-10 კმ სიღრმეზე. ასეთ პირობებში 5 მაგნიტუდამ შეიძლება გამოიწვიოს მიწის ზედაპირზე 8 ბალიანი მიწისძვრა. საქართველოს დანარჩენ წყალსაცავებზე (ცხრ.3) აღძრული მიწისძვრები არ არის შემჩნეული.

დასკვნა

არსებული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე, გამოვყოთ ის ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც განსაზღვრავენ წყალსაცავებით აღძრულ სეისმურ სიტუაციას, ესენია: წყალსაცავის დონის არასწორი აწევ-დაწევა; წყალსაცავის სიღრმე 100 მ-ზე მეტი ფსკერზე ინფილტრაციული და წყლების განტვირთვის პირობების ცვლილებები; დედამიწის ქერქში გადანატეხების

* K - მიწისძვრის ენერგეტიკული კლასი, რომლის მნიშვნელობა დამოკიდებულია მაგნიტუდის მნიშვნელობაზე (M), $K=1,87M+3,9$.

არსებობა; მთის ქანების დამაბული მდგომარეობის ცვლილებები; მიწისქვეშა წყლების ჰიდროსტატიკური დაწნევის გაზრდა.

ძნელია აიხსნას საქართველოს მთის წყალსაცავებით „აღძრული“ სეისმური აქტივიზაციის ბუნება. ნათელია, რომ ის დაკავშირებულია ქანების დამაბულობის ცვლილებასთან და წყლის მზარდი ჰიდროსტატიკურ დაწნევასთან. „აღძრული“ სეისმურობის შესწავლა და პროგნოზირება - წარმოადგენს სეისმური მოვლენების ახალ ამოცანას.

„აღძრული“ სეისმური მოვლენების არიდების ერთ-ერთი მეთოდია წყალსაცავის წყლის დონის აწევ-დაწევის სიჩქარის სწორი რეგულირება.

ლიტერატურა

1. Шукин И.С. Советская энциклопедия, 1980, 703 стр.;
2. იორდანიშვილი ი., იორდანიშვილი კ., საქართველოს მთის წყალსაცავები და მათი ზემოქმედება გარემოზე. უნივერსალი, თბილისი, 2010, 340 გვ.;
3. იორდანიშვილი ი., იორდანიშვილი კ., საქართველოს წყალსამეურნეო ობიექტების კადასტრი, უნივერსალი, თბილისი, 2015, 223 გვ.;
4. მეტრეველი გ., მაჭავარიანი ლ., გულაშვილი ზ. წყალსაცავების პოზიტივები და ნეგატივები, სამშობლო, თბილისი, 2022, 200 გვ.;
5. Чоговадзе Г.И., Мгебришвили И.М., Ломов И.Е., Ингурская электростанция. Энергоиздат, М., 1987, 200 стр.

SEISMIC EVENTS CAUSED BY WATER RESERVOIRS OF GEORGIA

Iordanishvili K., Iordanishvili I., Iremashvili I., Kandelaki N., Bilanishvili L.

Tsothe Mirtskhulava Water Management Institute of the Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Abstract. *The article analyzes the seismic phenomena provoked by the mountain reservoirs of the world (the so-called "caused seismicity"). The geomorphological conditions of the territory of Georgia and reservoirs with high dams are discussed. The main factors of the possible occurrence and development of "seismicity" caused by these reservoirs are named, namely: tectonic activity in the area, the mass of sediment and water accumulated in the reservoir, the dynamics of the reservoir level, water depth and hypsometric zoning of the territory. The earthquakes provoked by the Enguri reservoir, which were noticed in the first year of its operation, are analyzed.*

Key words: *reservoirs, "caused seismicity".*