

უაკ 551.588

ადგილობრივ კლიმატზე ჯვრის, ხუდონისა და ნენსკრას წყალსაცავთა კასკადის კუმულაციური ზემოქმედების შეფასება

ბეგალიშვილი ნ.ა., ცინცაძე თ., ბეგალიშვილი ნ.ნ., ცინცაძე ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო, თბილისი, დავით აღმაშენებლის გამზირი #150ა

შესავალი

მზარდი ტემპით ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებას შეიძლება მოჰყვეს რიგი სირთულეები წყალზე მოთხოვნილების ზრდასთან დაკავშირებით. გლობალური დათბობა ხელს შეუწყობს მწვავე დეფიციტის წარმოქმნას წყლით უზრუნველყოფის სფეროში. ასეთ ვითარებაში წყლის რესურსების დაგროვების და შემდგომ მათი კომპლექსურად გამოყენების ეფექტურ საშუალებას იძლევა მთის მდინარეებზე ჰესების და წყალსაცავების მშენებლობა. წყალსაცავების საშუალებით ხდება მდინარეთა ჩამონადენის რეგულირება, გარემოსი და მოსახლეობის დაცვა წყალმოვარდნების ნეგატიური ზემოქმედებისაგან. ამჟამად განიხილება 15 ახალი ჰესის მშენებლობა, რაც მნიშვნელოვნად შეარბილებს ან სულაც მოხსნის ქვეყანაში მოსახლეობის წყლის მომარაგების, საირიგაციო და ენერგეტიკულ პრობლემებს. მაგრამ, არსებული პროექტების მხოლოდ მკაცრი ეკოლოგიური ექსპერტიზის გავლის და საჯარო განხილვის შემდეგ შესაძლებელია ამ ჰესების და წყალსაცავების მშენებლობის განხორციელება.

გარემოზე ჰესის ზემოქმედების შეფასების ზოგიერთი პროექტის განხილვის შემდეგ შეგვექმნა შთაბეჭდილება, რომ არასათანადო ყურადღება ეთმობა ჰესის და წყალსაცავის მიკროკლიმატზე გავლენის რაოდენობრივ შეფასებას. ამასთან ერთად, განიხილება მხოლოდ ერთი წყალსაცავის შესაძლო გავლენა გარემოზე. ამიტომ წინამდებარე ნაშრომში გამოკვლეულია მდ.ენგურის ხეობაში არსებული და დაპროექტებული სამი წყალსაცავის ერთობლივი (კუმულაციური) ზემოქმედება გარემოს მიკროკლიმატზე.

კვლევის მეთოდიკა

დასმული ამოცანა გულისხმობს ჰესების კასკადის სამი წყალსაცავის ჯამური გავლენის სივრცით-დროითი მასშტაბებისა და ინტენსივობის (ეფექტის სიდიდე და მიმართულება) დადგენას. ამისათვის გამოყენებულია ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში, მოცემული ჰორიზონტალური ქარის ფონზე, ტურბულენტური სითბოგაცვლის ან ტენზრუნვის მათემატიკური მოდელი. ამოცანის გადაწყვეტა ხდება ორ ეტაპად, პირველ შემთხვევაში ვახდენთ ორი წყალსაცავის სისტემის- ჯვრისა და ხუდონის - ადგილობრივ კლიმატზე ზემოქმედების ეფექტის გამოვლენას. ხუდონის წყალსაცავი, რომლის სიგრძეა $L_2=5.5$ კმ პრაქტიკულად ებმება ჯვრის წყალსაცავს ($L_1=20$ კმ). მათი გამყოფია ხუდონის კაშხალი, მაგრამ კლიმატზე ზემოქმედების თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია, რომ ენგურის ხეობის გასწვრივ ქარის მაქსიმალური განარბენი ორივე წყალსაცავში წყლის ზედაპირზე შეადგენს $L_1+L_2=25.5$ კმ. ამ ამოცანის ამოსახსნელად კოორდინატთა სათავეს ვათავსებთ ჯვრის წყალსაცავის დასაწყისში, მაგრამ ჰაერის ტემპერატურისა და სინოტივის (წყლის ორთქლის პარციალური წნევის) მიწისპირა საწყისს ველებს ვიღებთ მეტეოროლოგიური სადგურების ჯვრისა და ხაიმის დაკვირვებების მონაცემთა გასაშუალებით. ასევე ვიქცევით წყლის ზედაპირის ტემპერატურისა და მის მახლობლობაში პარციალური წნევის მონაცემების მიმართ, ფლუგერის სიმაღლეზე გაზომილი ქარის სიდიდეთა მნიშვნელობებისათვის.

იმის გამო, რომ მანძილი ხუდონის წყალსაცავის ბოლოდან ნენსკრას კაშხალამდე და წყალსაცავამდე (რომლის სიგრძეა $L_3=1.5$ კმ.) დაახლოებით შეადგენს 12 კმ-ს, მეორე ეტაპზე ცალკე ხდება ანალოგიური ამოცანის ამოხსნა ნენსკრას წყალსაცავისთვის. ამისათვის გამოყენებული იქნება სადგურების ხაიმისა და ლახამის ჰიდრომეტეოროლოგიური მონაცემები, ტრანსფორმირებული ნენსკრას კაშხალის სიმაღლის დონისათვის. სამივე წყალსაცავის გარემოზე გავლენის კუმულაციური ეფექტის შეფასება ხდება ამ ორი ამოცანის ამონახსნების ერთმანეთზე ზედდებით და ჯამური ზემოქმედების სიდიდის განსაზღვრით. თუ პირველი ორი წყალსაცავის სისტემის გავლენის მასშტაბები არ აღემატება 12 კმ-ს, მაშინ კუმულაციური ეფექტი წარმოადგენს მეორე ამოხსნის მიზმას (გაგრძელებას) პირველზე. თუ კი დაიკვირვება ამონახსნების გადაფარვა, მაშინ გადაფარვის წერტილებში აიღება ორივე ამონახსნის შედეგად მიღებული გავლენის კოეფიციენტის, ასევე ტემპერატურისა და სინოტივის ჯამური მნიშვნელობები.

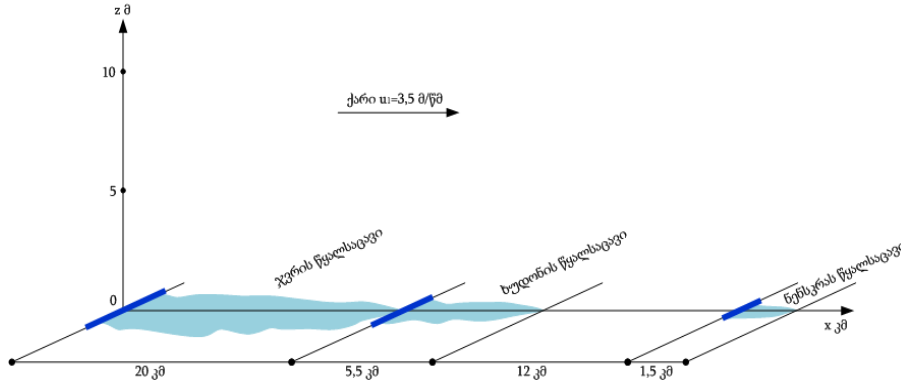
I ამოცანა - ჯვრისა და ხუდონის წყალსაცავების სისტემის მოქმედება გარემოზე

ჯვრისა და ხუდონის წყალსაცავების სისტემის მიკროკლიმატზე გავლენის გამოკვლევა შეიძლება ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში ტურბულენტური ტენზრუნვისა ან სითბოგაცვლის განტოლების საფუძველზე. ნახაზზე 1 მოცემული სქემის მიხედვით კოორდინატთა სათავე მოვათავსოთ შედარებით

ვიწრო ზოლის $L=L_1+L_2$ სიგრძის წყალსაცავთა სისტემის საწყის წერტილში. Ox ღერძი მიმართულია წყალსაცავების გასწვრივ, Oz ღერძი ვერტიკალურად ზევით. სტაციონალური ორგანზომილებიანი ამოცანის პირობებში განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$u_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^\rho \frac{\partial q}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} \left[k_1 \left(\frac{z}{z_1} \right)^{1-\rho} \frac{\partial q}{\partial z} \right], \quad (1)$$

სადაც q ტემპერატურა ან სინოტივე, x და z - შესაბამისად ჰორიზონტალური და ვერტიკალური კოორდინატები, u_1 - ქარის სიჩქარე Ox ღერძის გასწვრივ ფლუგერის $z_1=10\text{მ}$ სიმაღლეზე, ρ - ემპირიული მუდმივა, k_1 - ტურბულენტობის კოეფიციენტი.



ნახ.1. გარემოს მიკროკლიმატზე ჯვრის, ხუდონისა და ნენსკრას წყალსაცავთა სისტემის კუმულაციური ზემოქმედების მათემატიკური მოდელის განტოლების ამოხსნის არე xOz სიბრტყეში

ამოცანის ამოხსნა მოიძებნა არეში ($x=0, z=0$), სადაც $q(x,z)$ აკმაყოფილებს შემდეგ სასაზღვრო პირობებს:

$$[q(x,z)]_{x=0} = f(z), [q(x,z)]_{z=0} = \varphi(x). \quad (2)$$

ასეთი სასაზღვრო პირობებით (1) განტოლების ინტეგრალური ფორმით ჩაწერილი ანალიზური ამოხსნა მოცემულია [1,2]-ში.

განვიხილოთ შედარებით მარტივი შემთხვევა [3,4]. დავუშვათ, რომ

$$f(x) = const, \varphi(x) - \varphi(0) = \begin{cases} \Delta = const, & 0 < x \leq L \\ 0 & x > L \end{cases} \quad (3)$$

ამრიგად, Δ warmoadgens temperaturis an sinotivis fonur gadaxras (kontrasts), romelic mocemulia sasazRvro pirobiT. maSin (1) gantolebis analizuri amoxsna moicema Semdegi gamosaxulebiT:

$$q(x,z) = \varphi(0) + \Delta \bullet n(x,z), \quad (4)$$

სადაც $n = 1 - \frac{\Gamma(m, \frac{s^2}{4t})}{\Gamma(m)}$ $0 < x \leq L$, $n = \frac{\Gamma(m, \frac{s^2}{4(t-t_1)} - \Gamma(m, \frac{s^2}{4t})}{\Gamma(m)}$. roca $x > L$. აქ $\Gamma(m)$ - gama funqciaa,

$$\Gamma\left(m, \frac{s^2}{4t}\right) = \int_0^{\frac{s^2}{4t}} \sigma^{m-1} e^{-\sigma} d\sigma - \text{ararsuli gama funqcia, } m = \frac{\rho}{2\rho+1}, S = \left(\frac{z}{z_1}\right)^{(2\rho+1)/2},$$

(4) ამოხსნაში შემავალი კოეფიციენტი $n(x,z)$ იცვლება ინტერვალში (0,1). მისი ფიზიკური არსი ის არის, რომ იგი გვიჩვენებს ფინური გადახრის რა ნაწილს შეადგენს მეტეოელემენტის ნაზრდი სივრცის მოცემულ წერტილში. იქ, სადაც წყალსაცავის გავლენა მაქსიმალურია $n \rightarrow 1$, ხოლო ზედაპირიდან დიდ სიმაღლეებზე და ნაპირიდან შორეულ მანძილებზე $n \rightarrow 0$. ფიზიკური არსის მიხედვით n კოეფიციენტს შეიძლება გავლენის კოეფიციენტი ვუწოდოთ.

გამოვთვალოთ გავლენის კოეფიციენტი n -ის რიცხვითი მნიშვნელობები $z=2\text{მ}$ სიმაღლისათვის შემდეგი მონაცემების გამოყენებით: $z_1=10\text{მ}$; $u_1=3.5\text{მ/წმ}$; $k_1=5\text{მ}^2/\text{წმ}$; $\rho=1/8=0.125$; $m=0.1$; $L=L_1+L_2=25.5\text{კმ}$. გამოთვლის შედეგები თავმოყრილია ცხრილში 1.

ცხრილი 1. ჯვრისა და ხუდონის წყალსაცავების სისტემის გარემოზე გავლენის კოეფიციენტის $n_1(x,z)$ -ის გამოთვლილი წლიური მნიშვნელობები $z=2\text{მ}$ სიმაღლისათვის

ჯვრის კაშხალი									
Xკმ	0.5	1	2	3	4	5	10	15	20
n ₁ (x,2)	0.33	0.37	0.41	0.44	0.45	0.46	0.50	0.52	0.53
ჯვრის წყალსაცავი									
ხუდონის კაშხალი									
Xკმ	25	25.5	26	27	28	30	35	37.5	
n ₁ (x,2)	0.54	0.54	0.22	0.15	0.12	0.09	0.06	0.05	
	ხუდონის წყალსაცავი		წყლისგან თავისუფალი მანძილი 12 კმ.						

II ამოცანა - ნენსკრას წყალსაცავის განცალკევებით და სამივე წყალსაცავის (ჯვრის, ხუდონის, ნენსკრას) სისტემის გარემოზე ზემოქმედების კუმულაციური ეფექტის განსაზღვრა.

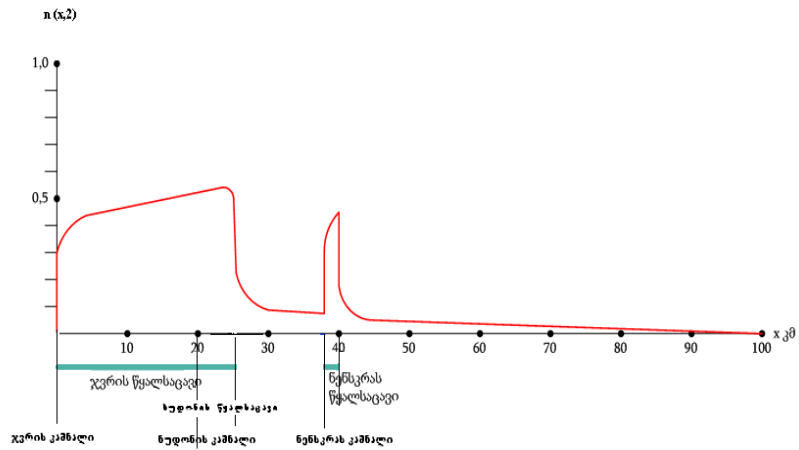
ანალოგიურად I ამოცანისა, მხოლოდ ნენსკრას წყალსაცავისთვის გამოთვლილ იქნა გავლენის კოეფიციენტის მნიშვნელობები $z=2$ სიმაღლისათვის შემდეგი მონაცემების გამოყენებით: $z_1=10$ მ; $u_1=3.5$ მ/წმ; $k_1=5$ მ²/წმ; $p=0.125$; $m=0.1$; $L=L_3=1.5$ კმ. n_2 -ის გამოთვლის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 2. ამავე ცხრილში შესულია ჯვრისა და ხუდონის სისტემის ზემოქმედების ჯამური ეფექტის ამსახველი n_1 -ის გავლენის კოეფიციენტის მნიშვნელობები. როგორც ვხედავთ, ნენსკრას კაშხალისა და წყალსაცავის დასაწყისში ჯვრისა და ხუდონის წყალსაცავთა სისტემის ზემოქმედების ეფექტი შეადგენს კონტრასტის მხოლოდ 5%-ს ($n_1=0.05$). მარტო ნენსკრას წყალსაცავის მაქსიმალური გავლენა ფიქსირდება კაშხალიდან 1.5 კმ მანძილზე (წყალსაცავის ბოლოში) და იგი შეადგენს $n_2=0.4$. მაგრამ ამ წერტილში გასათვალისწინებელია ჯვრისა და ხუდონის სისტემის გავლენაც. ამიტომ, ამ მანძილზე ჯამური ეფექტი შეადგენს $n=n_1+n_2=0.45$. ამრიგად, დაწყებული ნენსკრას კაშხალიდან, ცხრილში 2 მოცემულია სამივე წყალსაცავის გარემოზე ზემოქმედების კუმულაციური ეფექტის მნიშვნელობები $n=n_1+n_2$ მანძილზე დამოკიდებულებით. ნენსკრას წყალსაცავის ბოლოდან 0.5 კმ მანძილზე იგი შეადგენს $n=0.15$ და შემდეგ საკმაოდ შენელებულად მცირდება $n=0.04-0.05$ -მდე კოორდინატთა სათავიდან $L=45-50$ კმ მანძილებზე (ნენსკრას წყალსაცავის კიდედან 5-10 კმ). კუმულაციური ეფექტის მნიშვნელობა ხდება უმნიშვნელო კოორდინატთა სათავიდან $L=80-100$ კმ მანძილებზე - აქ ის მხოლოდ 1% შეადგენს ($n=0.01$). ნახაზზე 2 მოცემულია სამივე წყალსაცავის სისტემის გარემოს მიკროკლიმატზე ზემოქმედების კუმულაციური ეფექტის გამომხატველი მრუდი.

ცხრილი 2. ნენსკრას წყალსაცავის გარემოზე გავლენის კოეფიციენტის n_2 -ის მნიშვნელობები და სამივე წყალსაცავის კუმულაციური ზემოქმედების ამსახველი $n=n_1+n_2$ გავლენის კოეფიციენტის ცვლილება

ნენსკრას კაშხალი																
xკმ.	38.0	38.5	39	39.5	40	41	42	43	44	45	50	60	70	80	90	100
n ₁ (x,2)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
n ₂ (x,2)	0.33	0.37	0.4	0.1	0.09	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.005	0.005	0	0	0
n=n ₁ +n ₂	0.38	0.42	0.45	0.15	0.14	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.025~0.03	0.025~0.03	0.01	0.01	0.01
	ნენსკრას წყალსაცავი		სამივე წყალსაცავის ზემოქმედების კუმულაციური ზედდება													

სიმაღლის მიხედვით სამივე წყალსაცავის ზემოქმედების კუმულაციური ეფექტის სიდიდე საკმაოდ სწრაფად მცირდება და ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენის ზედა დონისთვის $H=100$ მ მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა წყალსაცავების თავზე არ აღემატება კონსტრასტის 5-10%-ს.

ცხრილში 3 მოცემულია წყალსაცავების ზედაპირისათვის წყლისა და ჰაერის ტემპერატურებისა და სინოტივის (წყლის ორთქლის პარციალური წნევის) სხვაობები, ანუ ფონური კონტრასტები. ამისთვის გამოყენებულია მეტეოსადგურების ჯვრისა და ხაიშის მონაცემები, ასევე წყალსაცავებში წყლის ზედაპირის, მდინარეების ნენსკრას და ენგურის წყლის ტემპერატურების მნიშვნელობები, წარმოდგენილი ჰიდრომეტეოროლოგიურ ცნობარებში და ზოგიერთ სამეცნიერო პუბლიკაციებში [5-8].



ნახ.2. ჯვრის, ხუდონისა და ნენსკრას წყალსაცავთა სისტემის გარემოზე ზემოქმედების კუმულაციური ეფექტის ამსახველი გავლენის კოეფიციენტის ცვლილება მანძილზე დამოკიდებულებით ($z=2\text{მ}$ სიმაღლისათვის).

ნენსკრას წყალსაცავის კაშხლის სიმაღლისთვის ჰაერის ტემპერატურის და პარციალური წნევის სიდიდეები აღდგენილი იყო შემდეგ გამოსახულებათა გამოყენებით [9]:

$$t=15-6.5xH \text{ და } e=13.9-4.7xH,$$

სადაც t -ჰაერის ტემპერატურაა ($^{\circ}\text{C}$), e - პარციალური წნევა (ჰპა), ხოლო H -სიმაღლე ზღვის დონიდან კმ-ში. აღნიშნული ფორმულები აღწერენ ტემპერატურისა და სინოტივის განაწილებებს სიმაღლის მიხედვით მაღალმთიან პირობებში, მაგალითად, მდ. ენგურის ხეობაში.

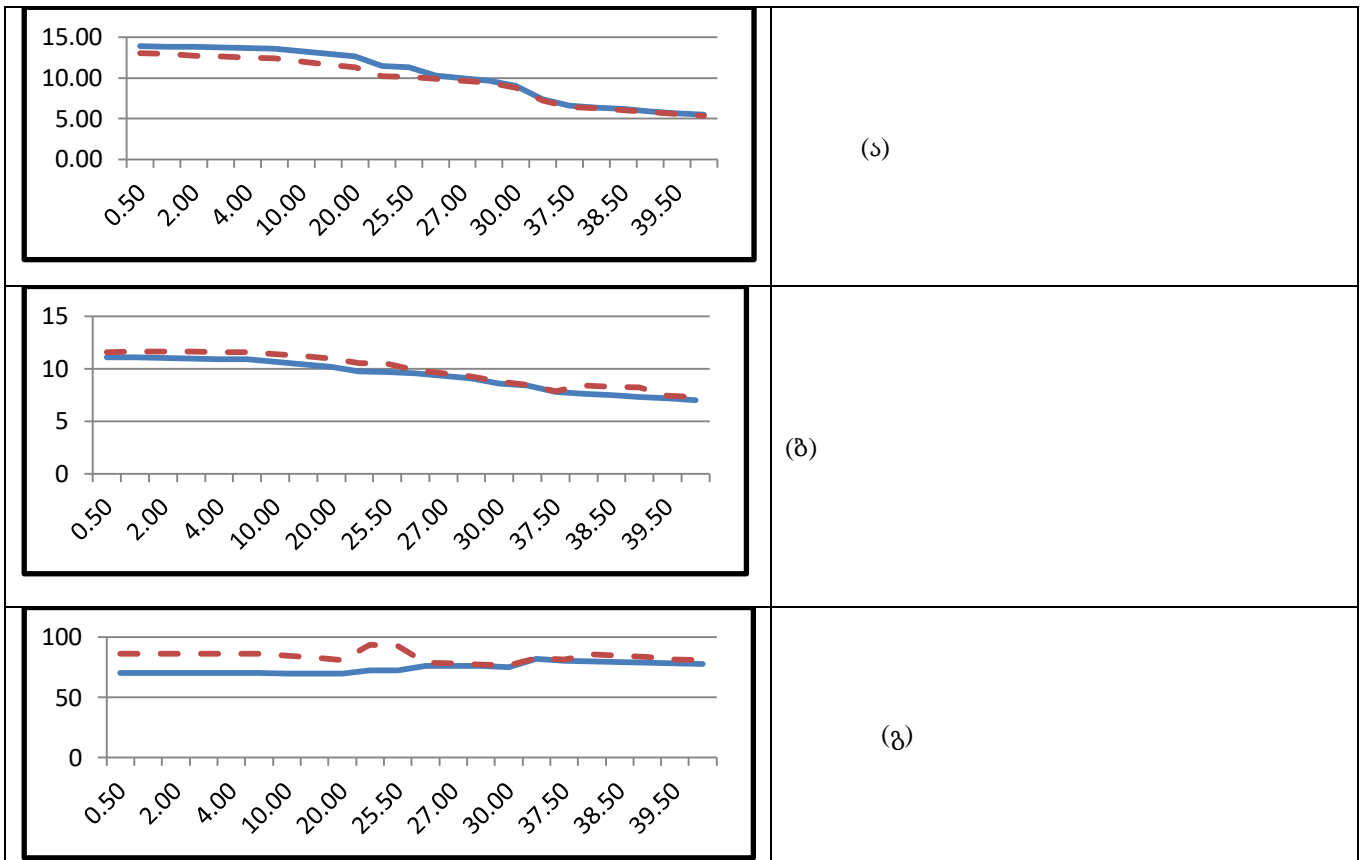
თანახმად ცხრ.3-ისა, სითბური კონტრასტი ჯვარი-ხუდონის წყალსაცავთა სისტემისათვის შეადგენს $(\Delta t)_1=-2.2^{\circ}\text{C}$, ხოლო ნენსკრას წყალსაცავისთვის $(\Delta t)_2=0.1^{\circ}\text{C}$. ეს ნიშნავს, რომ ჯვარი-ხუდონის სისტემა წლის უმეტეს პერიოდში (მაგ.თბილი სეზონის 7-8 თვის განმავლობაში) ახდენს გარემოზე გამაგრებულ ზემოქმედებას [4]. ნენსკრას წყალსაცავის შემთხვევაში, რომლის კაშხლის ადგილმდებარეობა განისაზღვრება ზღვის დონიდან 1.3 კმ სიმაღლით, წყალსაცავის სითბური კონტრასტი მცირეა, მაგრამ დადებითი. ეს იმას ნიშნავს, რომ მთელი წლის განმავლობაში წყლის ტემპერატურა წყალსაცავში მეტია ან ტოლი გარემოში ჰაერის ტემპერატურის, რაც საერთოდ დამახასიათებელია გამყინვადი წყალსატევებისთვის.

ცხრილი 3. წყლისა და ჰაერის ტემპერატურების, ასევე სინოტივის (პარციალური წნევის), ფონური კონტრასტები

სითბური კონტრასტი		სინოტივის კონტრასტი	
ჰიდრომეტეოროლოგიური ელემენტი	ელემენტის მნიშვნელობა	მეტეოროლოგიური ელემენტი	ელემენტის მნიშვნელობა
ჰაერის ტემპერატურა ჯვრის წყალსაცავის კაშხალთან $^{\circ}\text{C}$	13.9	სინოტივის პარციალური წნევა ჯვრის წყალსაცავისთვის ჰპა	11.1
ჰაერის ტემპერატურა ხუდონის წყალსაცავის კაშხალთან $^{\circ}\text{C}$	10.6	სინოტივის პარციალური წნევა ხუდონის წყალსაცავისთვის ჰპა	10.6
ჰაერის საშუალო ტემპერატურა ჯვარი-ხუდონის სისტემისათვის $^{\circ}\text{C}$	12.3	პარციალური წნევის საშუალო სიდიდე ჯვარი-ხუდონის წყალსაცავთა სისტემისათვის ჰპა	10.9
წყლის ზედაპირის ტემპერატურა ჯვრის წყალსაცავისთვის $^{\circ}\text{C}$	11.4	წყლის ნაჯერი ორთქლის წნევა ჯვრის წყალსაცავის პირობებში, ჰპა	13.5
წყლის ზედაპირის ტემპერატურა ხუდონის წყალსაცავისთვის $^{\circ}\text{C}$	8.8	ნაჯერი ორთქლის წნევა ხუდონის წყალსაცავის პირობებში ჰპა	11.3
წყლის ზედაპირის საშუალო ტემპერატურა ჯვარი-ხუდონის სისტემისათვის $^{\circ}\text{C}$	10.1	ნაჯერი ორთქლის საშუალო წნევა ჯვარი-ხუდონის წყალსაცავთა სისტემისათვის ჰპა	12.4
წყლის და ჰაერის ტემპერატურათა სხვაობა	-2.2	სინოტივის პარციალური წნევის კონტრასტი ჯვარი-ხუდონის	1.5

(კონტრასტი) ჯვარი-ხუდონის სისტემისათვის ° C		წყალსაცავთა სისტემისათვის ჰჰა	
ჰაერის ტემპერატურა ნენსკრას წყალსაცავისთვის ° C	6.6	სინოტივის პარციალური წნევა ნენსკრას წყალსაცავისთვის, ჰჰა	7.8
წყლის ზედაპირის ტემპერატურა ნენსკრას წყალსაცავისთვის ° C	6.7	ნაჯერი ორთქლის წნევა ნენსკრას წყალსაცავისთვის, ჰჰა	9.8
წყლისა და ჰაერის ტემპერატურების კონტრასტი ნენსკრას წყალსაცავისთვის ° C	0.1	სინოტივის კონტრასტი ნენსკრას წყალსაცავისთვის, ჰჰა	2.0

საბოლოოდ ნახ.3-ზე წარმოდგენილია ჯვრის, ხუდონის და ნენსკრას წყალსაცავების სისტემის გარემოზე კუმულაციური ზემოქმედების ეფექტის ამსახველი ტემპერატურის და სინოტივის (პარციალური წნევა, ფარდობითი ტენიანობა) განაწილებები მანძილის მიხედვით Z=2მ სიმაღლისათვის. ამისათვის გამოყენებულია ცხრილების 2 და 3-ის, ასევე ნახ. 2-ის მონაცემები.



- t°C - ბუნებრივი განაწილება
- - t°C - სამივე წყალსაცავის კუმულაციური გავლენა
- e ჰჰა - ბუნებრივი განაწილება
- - e ჰჰა - სამივე წყალსაცავის კუმულაციური ზემოქმედების ეფექტი
- f% - ბუნებრივი განაწილება
- - f% - სამივე წყალსაცავის კუმულაციური ზემოქმედების ეფექტი

ნახ. 3. ჯვრის, ხუდონისა და ნენსკრას ერთობლივი ზემოქმედებით გამოწვეული ტემპერატურის (ა), პარციალური წნევის (ბ) და ფარდობითი ტენიანობის (გ) ტრანსფორმაცია Z=2 მ სიმაღლისათვის.

როგორც ვხედავთ, ყველაზე დიდ გავლენას ტემპერატურისა და სინოტივის განაწილებებზე ახდენს ჯვრისა და ხუდონის წყალსაცავთა სისტემა. მაქსიმალური ცვლილებები დაიკვირვება წყალსაცავების თავზე. შემდეგ წყლისგან თავისუფალ 12-კმ-იან ზონაში ბუნებრივი და ტრანსფორმირებული განაწილებანი უახლოვდებიან ერთმანეთს. ნენსკრას წყალსაცავის ზემოქმედება ჯვრისა და ხუდონის სისტემასთან შედარებით ბევრად სუსტია, მაგრამ მაინც შესამჩნევია. წყალსაცავების სისტემის ერთობლივი გავლენა გარემოზე გამოიხატება ტემპერატურის დაწევაში და სინოტივის ზრდაში. ეს ეფექტები მნიშვნელოვანია

დაახლოებით 40კმ-იან ზონაში დაწყებული ჯვრის წყალსაცავის კაშხალიდან. 40 კმ-ის შემდეგ (ნენსკრას წყალსაცავის ბოლოდან 1კმ-ის მანძილზე) ტემპერატურის სხვაობა ბუნებრივ და ტრანსფორმირებულ განაწილებებს შორის დადის 0.1°C - მდე (1-2%), პარციალური წნევა მომატებულია დაახლოებით 0.3 ჰპა-ით (3-4%), ხოლო ფარდობითი ტენიანობა გაზრდილია მხოლოდ 3%-ით (3-4%).

ქარის რეჟიმზე წყალსაცავების ზემოქმედება ძირითადად განპირობებულია ქვეფენილი ზედაპირის ტრანსფორმაციით, როდესაც ჰაერის ნაკადი ხმელეთიდან წყალსაცავზე გადასვლის შემდეგ სრიალებს უფრო გლუვ ზედაპირზე. [4]-ში შესრულებულია ქარის ცვლილების რაოდენობრივი შეფასება გამომდინარე ჰაერის ნაკადის სიჩქარის ვერტიკალური განაწილების ლოგარითმული კანონიდან, რომელიც მოქმედებს ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში წონასწორულ პირობებში. კერძოდ, ნაჩვენებია, რომ წყალსაცავის აკვატორიის თავზე $d=2\text{მ}$ სიმაღლეზე ქარის სიჩქარე შეიძლება გაიზარდოს 2-3-ჯერ. ეს ცვლილება ხდება საკმაოდ ვიწრო ზონაში 0.1-0.5 კმ მანძილებზე წყალსაცავის დასაწყისიდან. ასევე სწრაფად ხდება ქარის ბუნებრივ რეჟიმზე დაბრუნება ჰაერის ნაკადის წყალსაცავიდან ისევ ხმელეთზე გადასვლის შემდეგ. ტემპერატურის და სინოტივის ცვლილებებისაგან განსხვავებით, ქარის ტრანსფორმაციის მასშტაბი უფრო ნაკლებია და არ აღემატება 1კმ სანაპირო ხაზიდან [1,4]. იმის გამო, რომ ჰაერის ნაკადის განარბენი წყლის ზედაპირზე ნენსკრას წყალსაცავის შემთხვევაში ($L_3=1.5$ კმ) ბევრად ნაკლებია, ვიდრე განარბენის მანძილი ჯვარი-ხუდონის წყალსაცავების თავზე ($L=L_1+L_2=25.5$ კმ), ასევე იმის გათვალისწინებით, რომ შემდეგ ნაკადი მოძრაობს 12 კმ-იან უწყლო ზედაპირზე ნენსკრას წყალსაცავამდე, ამიტომ ქარის რეჟიმის ცვლილება შესამჩნევი იქნება დაახლოებით 25-30 კმ-იან ზონაში ჯვრის წყალსაცავის დასაწყისიდან.

ატმოსფერული ნალექების რეჟიმზე წყალსაცავების ერთობლივი ზემოქმედება შეიძლება მოხდეს იმ წყლის ორთქლის ხარჯზე, რომელიც წარმოიქმნება თითოეული წყალსაცავის აკვატორიიდან წყლის აორთქლების და ატმოსფეროში მისი დაბრუნების შემდეგ. წყლის ორთქლის ეს რაოდენობა არ გროვდება წყალსაცავების თავზე და ჰაერის ნაკადებით ვრცელდება ენგურის, ნენსკრას, ნაკრას და სხვა მეზობელი მდინარეების აუზებში. აორთქლების წლიური სიდიდე შეიძლება გამოვთვალოთ შემდეგი ემპირიული ფორმულით [4]:

$$E = Pd(0.013 + 0.00085t) + 600,$$

სადაც E წლის განმავლობაში ფართის ერთეულიდან აორთქლებული წყლის ფენაა (მმ-ში), P-წლიურ ნალექთა ჯამია (მმ), d-სინოტივის ნაჯერობის დეფიციტი (ჰპა ან მმ), t°C-ჰაერის ტემპერატურა. თუ ვისარგებლებთ ცხრ. 3-ში მოცემული მახასიათებლებით, მაშინ ჯვრის წყალსაცავის აკვატორიიდან აორთქლებული წყლის რაოდენობა შეადგენს:

$$V_1 = E_1 \times S_1 = 729\text{მმ} \times 19\text{კმ}^2 = 13.9 \times 10^6 \text{მ}^3,$$

ხუდონის წყალსაცავიდან:

$$V_2 = E_2 \times S_2 = 620\text{მმ} \times 5.5\text{კმ}^2 = 3.3\text{ხ}10^6 \text{მ}^3,$$

ხოლო ნენსკრას წყალსაცავიდან:

$$V_3 = E_3 \times S_3 = 647\text{მმ} \times 3\text{კმ}^2 = 1.9\text{ხ}10^6 \text{მ}^3.$$

სამივე წყალსაცავიდან წლის განმავლობაში აორთქლებული იქნება $V = V_1 + V_2 + V_3 = 19.1 \times 10^6$ მ³ წყალი. მივიღოთ, რომ ამ რაოდენობის მხოლოდ ნახევარი გარდაიქმნება ატმოსფერულ ნალექებად [4], რომლებიც წლის განმავლობაში ძირითადად განაწილდებიან ენგურის, ნენსკრას, ნაკრას და მათი შენაკადების აუზების ჯამურ ფართობზე არანაკლებ $S = 1000\text{კმ}^2$ -ზე. მაშინ წყალსაცავების კუმულაციური გავლენით დამატებითი ნალექების სიდიდე იქნება:

$$\Delta P = \frac{0.5V}{S} \approx 10 \text{ mm} . . .$$

ეს მეტად მცირე მატებაა. ის ჯვრის მეტეოსადგურის ნალექთა წლიური ნორმის 0.5%-ს შეადგენს, ხოლო ხაიშის, ლახამის, ბეჩოს და მესტიის სადგურებისათვის - დაახლოებით წლიური ნორმის 1%-ს. ამიტომ, შეიძლება ითქვას, რომ წყალსაცავების ერთობლივი გავლენით რეგიონში ატმოსფერულ ნალექთა ჯამი არ შეიცვლება.

დასკვნა

კვლევის ყველა შედეგის გათვალისწინებით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ჯვრის, ხუდონისა და ნენსკრას წყალსაცავების კუმულაციური ზემოქმედების შედეგად კლიმატის რაიმე არსებითი ცვლილებები რეგიონში არ არის მოსალოდნელი.

ლიტერატურა

1. Тимофеев М. П. Метеорологический режим водоёмов. Л., Гидрометеониздат, 1963.
2. Лайхтман Д. Л. Физика пограничного слоя атмосферы Л. , Гидрометеониздат, 1970.
3. ბეგალიშვილი ნ.ა., ბეგალიშვილი ნ.ნ. წყალსაცავის მიკროკლიმატზე გავლენის შეფასება მათემატიკური მოდელის საფუძველზე. ივ ჯავახიშვილის დაბადებიდან 120 წლისთავისადმი

- მიძღვნილი V რესპუბლიკური კონფერენციის (გეოგრაფია, ჰიდრომეტეოროლოგია, გეოლოგია, გეოფიზიკა) მასალები. თბილისი, თსუ, 1996, გვ. 121-124.
4. ზეგალიშვილი ნ.ა. გარემოს მიკროკლიმატზე დაპროექტებული ხუდონჰესის წყალსაცავის გავლენის საპროგნოზო შეფასება. ნაშრომი შესრულებულია კავკასიის გარემოსდაცვითი არასამთავრობო ორგანიზაციების ქსელის (სენი) დაკვეთით. 2012, 27 გვ.
 5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 9, Закавказье и Дагестан. Вып. 1., Западное Закавказье. Л., Гидрометеиздат, 1974.
 6. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. –Метревели Г.С. Водохранилища Закавказья (Армянская и Грузинская СССР). Л., Гидрометеиздат, 1985.
 7. სამუკაშვილი რ. მდინარე ენგურის და გალის წყალსაცავების გავლენა ჰაერის ტემპერატურაზე. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტ. შრომები „მეტეოროლოგიის პრობლემები“ ტომი №114, თბილისი, 2010, გვ. 153-158.
 8. სამუკაშვილი რ. მდინარე ენგურის და გალის წყალსაცავების გავლენა ქარის სიჩქარის, ჰაერის ტენიანობისა და ნალექების სიდიდეებზე. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტ. შრომები „მეტეოროლოგიის პრობლემები“ ტომი №114, თბილისი, 2010, გვ. 163-166.
 9. კაპანაძე კ. სტრუქტურული თანაფარდობანი საქართველოს წყალსაცავების ძირითად კლიმატურ მახასიათებლებს შორის. საქ. მეცნ. აკად. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები „კლიმატოლოგიის პრობლემები“, თბილისი, 2001, გვ.183-188.

UDC551.588

Begalishvili N.A., Tsintsadze T., Begalishvili N.N., Tsintsadze N.

Assessment of the Cumulative Impact of the Series of Jvari, Khudon and Nenskra Water Reservoirs on Local Climate

Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University

The work gives the assessment of the possible cumulative impact of the three water reservoirs of the hydroelectric power plant series present or designed in the river Enguri gorge on the environmental micro-climate. The spatial scales and intensity of the impact of Jvari, Khudon and Nenskra water reservoirs on the air temperature and humidity are identified by using the analytical solution of a two-dimensional stationary mathematical model of turbulent heat exchange and moisture circulation on the background of the horizontal wind given in the surface atmosphere. Assessment of the cumulative effect of the water reservoirs on the environment is made by superpositioning of the analytical solutions gained for each of the water reservoirs, i.e. the values of the impact effects of the three water reservoirs are summed up at every point of space.

The possible cumulative impact of the series of water reservoirs on the regimes of wind and atmospheric precipitations is also assessed.

The gained results suggest that any significant change in temperature or humidity may occur only in up to 5 km from the water reservoir coastline, in the wind direction. The impact of the series of the water reservoirs on the atmospheric precipitations and wind values is insignificant. Thus, no significant changes in the climate of the region are expected as a result of the cumulative impact of the series of the water reservoirs.

Key words: Power plant series, three reservoirs, microclimate, impact.