

პალიასტომის ტბაში წყლის მასების დინამიკაზე ფსკერის რელიეფის გავლენის რიცხვითი მოდელირება

აკაკი გირგვლიანი, აკაკი ძნელაძე
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

აბსტრაქტი: ნაშრომში წარმოდგენილია პალიასტომის ტბის ორგანოზომილებიანი რიცხვითი მოდელი. შემუშავებული მოდელის საშუალებით გათვლილია ტბაში წყლის ნაკადების ცირკულაციის სურათები ფსკერის რელიეფის სხვადასხვა ხელოვნური მოდიფიკაციების შემთხვევაში. მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე მიღებულია დასკვნები და გამოუმუშავებულია შესაბამისი რეკომენდაციები წყალსაცავის მდგომარეობის შემდგომი გაუარესების თავიდან ასაცილებლად.

საკვანძო სიტყვები: რიცხვითი მოდელირება, გადატანა-დიფუზიის განტოლებები, პალიასტომის ტბა, წყლის მასების დინამიკა.

პალიასტომის ტბა წარმოადგენს კოლხეთის ეროვნული ნაკრძალის უმნიშვნელოვანეს შემადგენელ ნაწილს და დიდ გავლენას ახდენს რეგიონის მიკროკლიმატის ფორმირებაზე. წყალსაცავი მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს კოლხეთის დაბლობის ბიომრავალფეროვნებას და შეუძლია სერიოზული როლი შეასრულოს საქართველოში ეკოტურიზმის შემდგომი განვითარების საქმეში. სამწუხაროდ პალიასტომი განიცდის მნიშვნელოვან ანთროპოგენურ ზემოქმედებას ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის შედეგად და დღეისათვის უკვე მიღებული აქვს მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური დაზიანებები, როგორიცაა: გამლაშიანება, ფლორისა და ფაუნის ცვლილება-გადარბება, ფსკერული ნალექები, წყლის მასების ფიზიკო-ქიმიური შემადგენლობის ცვლილება და სხვა (wikipedia, 2024). განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ცვლილება ტბამ განიცადა გსული საუკუნის 20-იან წლებში, როცა სპეციალურად გათხრილი არხის საშუალებით პალიასტომი შავ ზღვას შეუერთეს. დროთა განმავლობაში დიდი ღელვებისა და ზვირთების შედეგად ხელოვნურად გაჭრილი არხი გაფართოვდა და პალიასტომი უკვე დიდი სრუტით უკავშირდება ზღვას. მასში ოდესღაც მტკნარი წყალიც გახდა მარილიანი, რამაც სერიოზული ცვლილებები გამოიწვია ტბის ჰიდრობიოლოგიურ-ჰიდროქიმიურ შენადგენლობაში. იმისათვის, რომ არ მოხდეს ბუნებრივი გარემოს არსებული მდგომარეობის შემდგომი შეუქცევადი გაუარესება, საჭიროა აუზის სხვადასხვა მახასიათებლების თეორიულად დასაბუთებული შეფასება და მათი შესაძლო ცვლილებების პროგნოზირება გარეგანი ხელოვნური ზემოქმედებების პირობებში. აღნიშნული ამოცანის წარმატებით გადაჭრა შესაძლებელია მხოლოდ მათემატიკური მოდელირების მეთოდების გამოყენებით, რაც სხვადასხვა იმიტაციური ვარიანტების თეორიულად გათამაშების საშუალებას გვაძლევს.

ტბის სხვადასხვა ფიზიკური პარამეტრების შესწავლისას განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება წყლის მასების დინამიკური მახასიათებლების შეფა-

სებას, ვინაიდან მათზე არის დამოკიდებული აუზში მიმდინარე მრავალი ფიზიკური, ბიოლოგიური და ქიმიური პროცესები. ისეთ მცირე ზომების მქონე წყალსაცავში, როგორიცაა პალიასტომის ტბა (სიგრძე - 5,8 კმ, სიგანე - 5,2 კმ, მაქსიმალური სიღრმე < 4 მ) წყლის მასების ძირითად მამოძრავებელ ძალას წარმოადგენს ატმოსფერული ზემოქმედება - ქარის ხახუნის დამაბულობის ძალები წყლის ზედაპირზე, ამასთან წყლის ნაკადების ცირკულაციას მნიშვნელოვანწილად განაპირობებს ფსკერის რელიეფი.

ატმოსფერული ქარის ზემოქმედების შედეგად ტბაში განვითარებული დინამიკური პროცესების შესასწავლად ჩვენს მიერ შემუშავებული იქნა მათემატიკური მოდელი, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია წყლის ნაკადების ცირკულაციისა და ტბის თავისუფალი ზედაპირის ფორმირების რიცხვითი გათვლა (გირგვლიანი, 2015; გირგვლიანი 2016).

აღსანიშნავია, რომ რიცხვითი მოდელი საშუალებას იძლევა ამოცანის სხვადასხვა ვარიანტების იმიტირების საშუალებას. შესაბამისად შესაძლებელი ხდება სხვადასხვა პარამეტრების ხელოვნური ცვლილების შედეგად ბუნებრივ გარემოში მოსალოდნელი ცვლილებების პროგნოზირება.

მოცემულ ნაშრომში ჩვენს მიზანს წარმოადგენდა ტბის რელიეფის ხელოვნურად გაზრდის შემთხვევაში აუზის დინამიკური მახასიათებლების მოსალოდნელი ცვლილების შეფასება. ამ მიზნით ჩატარებული იქნა რიცხვითი ექსპერიმენტები ექვსი სხვადასხვა ვარიანტისათვის:

- ვარიანტი 1. მთელი აუზის სიღრმე გაზრდილია 2 მეტრით;
- ვარიანტი 2. მთელი აუზის სიღრმე გაზრდილია 2-ჯერ;
- ვარიანტი 3. სიღრმე გაზრდილია ტბის დასავლეთ ნახევარში 2 მეტრით;
- ვარიანტი 4. სიღრმე გაზრდილია ტბის ჩრდილოეთ ნახევარში 2 მეტრით;
- ვარიანტი 5. სიღრმე გაზრდილია ტბის აღმოსავლეთ ნახევარში 2 მეტრით;
- ვარიანტი 6. სიღრმე გაზრდილია ტბის სამხრეთ ნახევარში 2 მეტრით;

თვითოეულ ვარიანტში რიცხვითი ექსპერიმენტები ტარდებოდა რეგიონში მოქმედი ორი ტიპური ქარის ზემოქმედების ქვეშ ნულოვანი (შეუმფოთებელი) მდგომარეობიდან სტაციონალური რეჟიმის დამყარებამდე. პალიასტომის თავზე მოქმედი ქარის ტიპების გამოსავლენად ჩვენ ხანგრძლივად ვაკვირდებოდით გარემოს ეროვნული სააგენტოს ვებ-გვერდზე (<http://meteo.gov.ge>) მოცემულ ინფორმაციას ქ. ფოთში ამინდის შესახებ. აღნიშნული ინფორმაციიდან იკვეთება, რომ რეგიონში დომინირებს შავი ზღვის მხრიდან მონაბერი 10-15 მ/წმ სიჩქარის დასავლეთის ქარი. ოდნავ დაბალი სიხშირით შეინიშნება აღნიშნულის საპირისპიროდ მოქმედი იმავე სიჩქარის აღმოსავლეთის ქარი. სწორედ ამ ორი ტიპის ქარების ზემოქმედების პირობებში ტარდებოდა ყველა რიცხვითი ექსპერიმენტი. თითოეულ ექსპერიმენტში სისტემის კვაზისტაციონალური რეჟიმი მყარდება თვლის დაწყებიდან

დაახლოებით 36-40 საათის შემდეგ. მოცემულ ნაშრომში წარმოდგენილია ტბაში წყლის ნაკადების ცირკულაციის სურათები თვლის დაწყებიდან 48 საათის შემდეგ.

რიცხვითი ექსპერიმენტების შედეგები: ნახ.1.-ზე წარმოდგენილია წყლის მასების ცირკულაციის სურათები რეალურად არსებული ფსკერის რელიეფის შემთხვევაში. აქ საყურადღებოა ორი ძირითადი ფაქტი:

1. წყლის ნაკადების მაქსიმალური სიჩქარეები 37-38 სმ/წმ-ის ფარგლებშია;
2. ქარის მიმართულების ცვლილება საპირისპიროთი იწვევს წყლის ნაკადების ცირკულაციის ცვლილებას ასევე საპირისპიროთი.

აღსანიშნავია, რომ ქარის მიმართულების ცვლილებასთან დაკავშირებული წყლის მასების ცირკულაციის მიმართულების ცვლა ანალოგიურად ხორციელდება აბსოლუტურად ყველა ექსპერიმენტში.



ნახ. 1. წყლის ნაკადების ცირკულაციის სქემა რეალური ფსკერის რელიეფის შემთხვევაში: a) დასავლეთის ქარი, $U_{\max}=37.4$ სმ/წმ; b) აღმოსავლეთის ქარი, $U_{\max}=37.5$ სმ/წმ.

ვარიანტი 1: მთელ აუზში ხელოვნურად 2 მეტრით გაზრდილი ფსკერის სიღრმის შემთხვევაში ჩატარებული თვლის შედეგად მიღებული ცირკულაციის სურათები გამოსახულია ნახ. 2.-ზე. მათი შედარებით ნახ.1.-ზე გამოსახულ შედეგებთან ადვილად შევამჩნევთ, რომ ცირკულაციის სურათი ნაწილობრივ შეიცვალა, განსაკუთრებით ეს გამოკვეთილია ტბის ჩრდილო საპირისპიროსთან, რაც იმით არის განპირობებული, რომ აქ რეალურ ვარიანტში აუზი ყველაზე დაბალი სიღრმეების მქონეა. სიღრმეების გაზრდამ მცირედით (3-4 სმ/წმ) გაზარდა წყლის ნაკადების მოძრაობის მაქსიმალური სიჩქარეებიც.

ვარიანტი 2: მთელ აუზში ხელოვნურად 2 - ჯერ გაზრდილი ფსკერის სიღრმის შემთხვევაში ჩატარებული თვლის შედეგად მიღებული ცირკულაციის სურათები გამოსახულია ნახ. 3-ზე. მოცემულ შემთხვევაში წყლის ნაკადების ცირკულაციის ხასიათის ცვლილებასთან ერთად მნიშვნელოვნად (1.6-ჯერ) იზრდება დი-

ნების სიჩქარეები. ეს განპირობებულია იმით, რომ ამ ვარიანტში 2-ჯერ იზრდება ფსკერის რელიეფის ჰორიზონტალური გრადიენტების (dH/dx , dH/dy) მნიშვნელობები მთელს არეში.



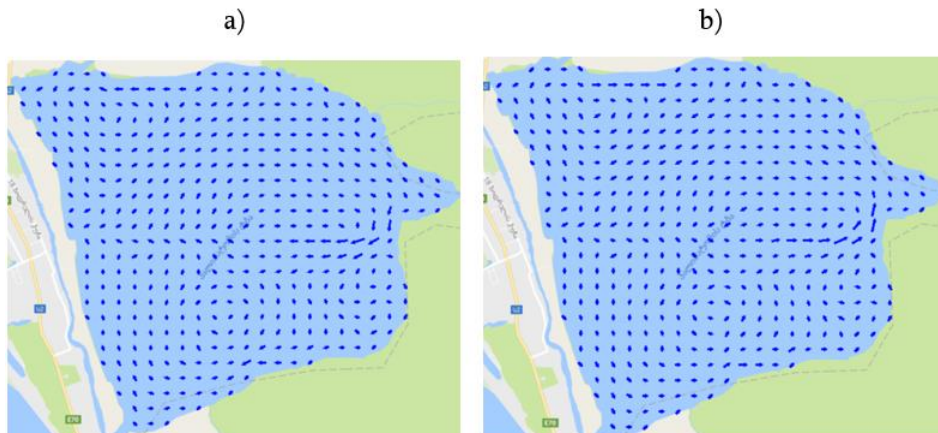
ნახ. 2. წყლის ნაკადების ცირკულაციის სქემა (ვარიანტი 1):

a) დასავლეთის ქარი, $U_{\max}=42$ სმ/წმ; b) აღმოსავლეთის ქარი, $U_{\max}=41.2$ სმ/წმ.



ნახ. 3. წყლის ნაკადების ცირკულაციის სქემა (ვარიანტი 2):

a) დასავლეთის ქარი, $U_{\max}=59.3$ სმ/წმ; b) აღმოსავლეთის ქარი, $U_{\max}=61.2$ სმ/წმ.



ნახ. 4. წყლის ნაკადების ცირკულაციის სქემა (ვარიანტი 4):

a) დასავლეთის ქარი, $U_{\max}=57.3$ სმ/წმ; b) აღმოსავლეთის ქარი, $U_{\max}=56.2$ სმ/წმ.

დასკვნა: ჩატარებული რიცხვითი ექსპერიმენტების შედეგებიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ პალიასტომის ტბის გეომეტრიის ხელოვნურმა ცვლილებამ შეიძლება გამოიწვიოს მისი დინამიკური მახასიათებლების (დელტა-ნაპირების ეროზია) მნიშვნელოვანი ცვლილება, რის გამოც ამ საკითხთან დაკავშირებული ნებისმიერი პროექტის განხორციელება საჭიროებს მოსალოდნელი შედეგების დამატებით დეტალურ გამოკვლევას.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. გირგვლიანი ა., (2015), წყლის ნაკადების დინამიკური მახასიათებლების რიცხვითი მოდელირება „ბრტყელი“ წყალსაცავებისათვის. // აწსუ მოამბე, № 2(6), ქუთაისი, გვ. 132-138
2. გირგვლიანი ა., (2016), წყალსაცავებში წყლის ნაკადების ჰორიზონტალური ცირკულაციის მათემატიკური მოდელირება.// აწსუ მოამბე, № 1(7), ქუთაისი, გვ. 145-151
3. wikipedia , (2024), პალიასტომი.
<https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%9E%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%98%E1%83%90%E1%83%A1%E1%83%A2%E1%83%9D%E1%83%9B%E1%83%98>

Numerical modeling of the influence of bottom relief on the dynamics of water masses in Lake Paliastomi
Summary

The paper presents a two-dimensional numerical model of Lake Paliastomi. The developed model was used to calculate the circulation patterns of water flows in the lake in the case of various artificial modifications of the bottom relief. Based on the analysis of the obtained results, conclusions were drawn and appropriate recommendations were developed to prevent further deterioration of the reservoir.

Keywords: numerical modeling, transport-diffusion equations, Paliastomi Lake, water mass dynamics.