

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გრიგოლ აბრამია

პალიასტომის ტბის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე პათოგენური
ბაქტერიების ზემოქმედების შესწავლა, მოდელირება და მისი
აღკვეთის პრევენციული ღონისძიებები

სადოქტორო პროგრამა---ქიმიური და ბიოლოგიური

ინჟინერია

შიფრი --0410

დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2019 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის გარემოსდაცვითი
ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტში

თანახელმძღვანელები: პროფესორი ლეილა გვერდწითელი
პროფესორი დიმიტრი ერისთავი

რეცენზენტები: -----

დაცვა შედგება 2019 წლის "-----" -----, ----- საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და

მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის

სხდომაზე, კორპუსი -----, აუდიტორია -----

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი -----

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალურობა: სადოქტორო ნაშრომი ეძღვნება პალიასტომის ტბის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე პათოგენური ბაქტერიების ზემოქმედების შესწავლას, მოდელირებასა და მისი აღკვეთის პრევენციულ ღონისძიებებს. აქტუალურია იმ თვალსაზრისით, რომ რამსარის კონვენციის თანახმად პალიასტომის ტბა მიეკუთვნება საერთაშორისო მნიშვნელობის დაცული ტერიტორიას და წარმოადენს კოლხეთის ეროვნული პარკის ნაწილს. პალიასტომის ტბა ითვლებოდა ერთ-ერთ მაღალპროდუქტიულ წყალსატევად. ეკოლოგიური ფაქტორების ზემოქმედებამ განაპირობა ტბის გამლამება. წყლის ჰიდროლოგიური რეჟიმის ცვლილებების შედეგებმა გამოიწვია ტბის სახეობათა შემადგენლობაზე ზეგავლენა, საგრძნობლად შემცირდა თევზების სახეობათა რაოდენობა და აღინიშნება მტკნარი წყლის ფიტოპლანქტონის ცვლილებაც.

პალიასტომის ტბას იყენებენ კულტურულ დასასვენებელ ზონად, საცურაოდ და თევზსაჭერად, რომლის რესურსებითაც სარგებლობს ადგილობრივი მოსახლეობა. ასევე იგი წარმოადგენს ტურისტულ და სარეკრეაციო ობიექტს, გადამფრენ ფრინველთა საბინადროს და მათ გამოსაზამთრებელ არეალს. ანთროპოგენულ ფაქტორებთან ერთად მიგრირებად ფრინველთა სახეობებმა შესაძლებელია გამოიწვიონ ბაქტერიოლოგიური დაბინძურება.

სამეცნიერო ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით პალიასტომის ტბის ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევის შესახებ მონაცემები ძალიან მწირია. ამიტომ პალიასტომის ტბის, როგორც საერთაშორისო მნიშვნელობისა და მრავალმხრივი გამოყენების წყლის ობიექტის, ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასება მეტად აქტუალურია და საჭიროებს სისტემატურ მონიტორინგს.

სამუშაოს მიზანი: პალიასტომის ტბის ეკოლოგიური მდგომარეობის შესაფასებლად წყლის ქიმიური, მიკრობიოლოგიური, ასევე ფსკერული დანალექების ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზის ჩატარება და მათი შედეგების ანალიზი.

კვლევის ძირითადი ამოცანები: კვლევითი სამუშაოს ამოცანების შესასრულებლად ექსპედიციის მოწყობა, პალიასტომის ტბის წყლისა და ფსკერული დანალექების ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევის ჩასატარებლად საანალიზო სინჯების ასაღები წერტილების შერჩევა.

სამუშაოში პრიორიტეტულად გამოისახა მიკროორგანიზმების რაოდენობის მიხედვით წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების სახეების განსაზღვრა, ასევე მიკროორგანიზმების გავრცელება და ჩატარებული კვლევის საფუძველზე ეკოლოგიური მდგომარეობის შესწავლა და შეფასება.

კვლევის მეთოდები: ტბის წყლისა და ფსკერული დანალექების სინჯის აღება, დაკონსერვება, ეტიკეტირება, შენახვა და ტრანსპორტირება წარმოებდა საერთაშორისო სტანდარტული ორგანიზაციის (ISO) სტანდარტული მეთოდის მიხედვით [58, 59, 65]. წყლის ტემპერატურა, pH, სიმღვრივე, ელექტროგამტარობა, გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა განისაზღვრა სავსე პორტატული აპარატურით: HACH-ის და Elmetron-ის ფირმის SensION156 და CX-401, HANNA Instruments Turbitimeter. ხოლო სტაციონალურ ლაბორატორიაში ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზები განხორციელდა ISO და USEPA სტანდარტული მეთოდის მიხედვით. Ca, Mg, Na, K, და მძიმე ლითონების კონცენტრაციის განსაზღვრავად გამოყენებული იყო ატომურ-აბსორბციული სპექტროფოტომეტრები: Perkin Elmer-305-B, და Perkin Elmer Analyst 200. ბიოგენური ელემენტები განისაზღვრა ფოტოკოლორიმეტრით KFK-2-ით. ძირითადი ანიონების განსაზღვრავად გამოყენებული იყო მოცულობითი, და ტურბიდომეტრიული (SO_4^{2-}) მეთოდი.

მიკრობიოლოგიური ანალიზის ჩატარება განხორციელდა შემდეგი ხელსაწყოებით: ავტოკლავი, ტემპერატურულ რეჟიმის ინკუბატორი, საშრობი, pH-მეტრი, პლანშეტი, პეტრის ჯამები, მულტიპიპეტები, სინჯარები და მემბრანული ფილტრები.

მეცნიერული სიახლე: პალიასტომის ტბის წყლის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე პათოგენური ბაქტერიების ზემოქმედების აღკვეთის პრევენციული ღონისძიებების შემუშავება სეფტოფაგის საშუალებით.

პალიასტომის ტბის ფაგომგრძნობელობის განსაზღვრა განხორციელდა პალიასტომის ტბის წყლის ნიმუშებიდან ამოთესილი შტამების (სალმონელა, ფეკალური კოლი, ვიბრიო) ფაგური სპოტ ტესტის საშუალებით სტანდარტული ფაგების მიმართ.

დამუშავებული იქნა პალიასტომის ტბის წყალში მიკროორგანიზმების გავრცელების რიცხვითი მოდელი. პალიასტომის ტბაში კოლიფორმების გავრცელების მათემატიკური და რიცხვითი მოდელირებისათვის გამოყენებულ იქნა Visual C++ ენაზე შედგენილი კომპიუტერული პროგრამა. კომპიუტერული მოდელი ეფუძნება ტბის დინამიკის ორგანოზომილებიან თავთხელი წყლისა და წყლის არეში პასიური მინარეგების გავრცელების ინტეგრირებას, თანამედროვე მაღალგარჩევისუნარიან რიცხვითი სქემის გამოყენებას. ინტეგრირების პროცესში გამოყენებულია მიღებული შედეგების ვიზუალიზაციის მეთოდი.

სამუშაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა: სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილი ჩატარებული ეკოქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევებით მიღებული შედეგების საფუძველზე პალიასტომის ტბაში და მასში ჩამდინარე წყლებში სანიტარულ-მიკრობული ინდიკატორების დინამიკის საფუძველზე გამოყოფილი პათოგენური აგენტების მგრძნობიარობის განსაზღვრა ფაგებით. პრევენციული ღონისძიების გატარების მიზნით ფაგებით წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების გაუვნებელყოფა შესაძლებელია გამოყენებული იქნას მიკრობიოლოგიურად დაბინძურებული ნებისმიერი წყლის ობიექტის ლოკალური წყაროებისათვის.

ასევე ჩატარებული კვლევითი სამუშაოს მიხედვით დამუშავებული პალიასტომის ტბაში მიკროორგანიზმების გავრცელების მათემატიკური და რიცხვითი მოდელირებით შესაძლებელია განისაზღვროს ნებისმიერი ტიპის წყალსაცავების მიკროორგანიზმებით დაბინძურების პროგნოზირება.

პუბლიკაციები: დისერტაციის ნაშრომი წარმოდგენილია 2 საერთაშორისო კონფერენციაზე; გამოქვეყნებულია 4 სამეცნიერო სტატია.

აპრობაცია: სადისერტაციო ნაშრომის მასალები მოხსენიებული და განხილული იქნა საერთაშორისო-სამეცნიერო-მეთოდური კონფერენციაზე "ქიმია-მიღწევები და პერსპექტივები." (თბილისი, 19-20 ოქტომბერი, 2018 წ.), ასევე მე-5 საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკულ კონფერენციაზე „გეოლოგიის დარგის სიძლიერე ეკონომიკის აღორძინების წინაპირობაა. (თბილისი, 2019 წლის 29-30 მაისი).

სადოქტორო ნაშრომის მასალები წარმოდგენილი იყო გარემოსდაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის თემატურ სემინარზე.

სამუშაოს მოცულობა და სტრუქტურა: დისერტაცია მოიცავს 130 გვერდს, 25 ცხრილს, 10 სურათს, 14 ნახაზს, 4 რუკას. დისერტაცია შედება შესავალისაგან, ლიტერატურის მიმოხილვისაგან, კვლევა, შედეგები და მათი განსჯისაგან, ექსპერიმენტალური ნაწილისაგან, დასკვნისა და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან.

სამუშაოს ძირითადი შინაარსი
კვლევა, შედეგები და მათი განსჯა

1. პალიასტომის ტბის წყლის ქიმიური ანალიზის შედეგები

სამეცნიერო ლიტერატურის კვლევის მიხედვით პალიასტომის ტბის ჰიდროქიმიური ანალიზის შესახებ მონაცემები ძალიან მწირია. ლიტერატურული მონაცემებით 1924 წლამდე პალიასტომის ტბა წარმოადგენდა მტკნარ წყალსატევს, ატმოსფერული ნალექებით კვების რეჟიმით, მტკნარი წყლის მიკრო- და მაკროფაუნითა და ფლორით. არხის გაყვანის შემდეგ, შტორმული ზემოქმედების შედეგად მოხდა მისი გაფართოვება და ამჟამად ზღვის წყალი თითქმის დაუბრკოლებლად აღწევს ტბაში.

ჩვენს მიერ 2017 წლის 14-15 მაისს მოეწყო იყო ექსპედიცია პალიასტომის ტბის წყლის ქიმიური, მიკრობიოლოგიური და ფსკერული ნალექების ქიმიური ანალიზის ჩასატარებლად. საანალიზო სინჯების ასაღებად. შერჩეული იქნა 4 წერტილი (ცხრილი 1-4).

ცხრილი 1. პალიასტომის ტბის ქიმიური ანალიზის შედეგები (რეინჯერების ბაზა -1)

წყლის ქიმიური ანალიზი (რეინჯერების ბაზა 1)				
წყლის სახეობა	ზედაპირული	ფიზ-ქიმ.მაჩვენ.	მგ/ლ	მგ-ექვ
წყლის დასახელება	პალიასტომის ტბა	სიხისტე		24.564
წყალპუნქტი	-	თავ. ტუტთანობა		N.D.
რეგიონი	-	გახსნ. O ₂	7.800	
დებიტი(მ ³ /დღე)	-	თავ. CO ₂	-	
პასპორტი	-	ჟ.ქ.მ&(მგ/ლ O)	<15.0	
ფერი	-	საერთო N	-	
სუნი	-	ორგ. C	-	
გემო	-	ჯამური SiO ₂	-	

(ცხრილი 1. გაგრძელება)							
სიმღვრივე (FTU)	150.00			H ₃ PO ₄	-		
pH	8.05			H ₃ BO ₃	-		
ტემპერატურა	-			H ₂ S	-		
მშრ.ნაშთი(მგ/ლ)	5741.410			ნარჩენი Cl	-		
ელვამტარობა(სიმ /მ)	1.03350						
კათიონები				ანიონები			
იონი	მგ/ლ	მგ-ექვ	მგ-ექვ%	იონი	მგ/ლ	მგ-ექვ	მგ-ექვ%
NH ₄	N.D.	N.D.	N.D.				
Ca	114.000	5.7000	5.70	*Cl	3225.950	91.0000	90.30
-				-			
Mg	229.200	18.8642	18.85	-			
*Na	1694.000	73.9738	73.94	HCO ₃	176.900	2.9000	2.88
K	57.800	1.4821	1.48				
Fe	0.550	0.0295	0.03	CO ₃	N.D.	N.D.	N.D.
Cu	0.005	0.0002	0.00	SO ₄	330.000	6.8750	6.82
Mn	N.D.	N.D.	N.D.	NO ₂	N.D.	N.D.	N.D.
Zn	0.005	0.0002	0.00	NO ₃	-	-	-
ჯამი	2095.560	100.0499	100%	ჯამი	3732.850	100.7750	100%
ტოქს.კომპ. მგ/ლ							
ტყვია ND							
სულ							
<*> - 20%-ზე-მეტი; <N.D.> - მგრძნობიარობაზე დაბლა;<-> - არ გაზომილ<-ფონური მნიშვნელობა							
მინერალიზაცია (მგ/ლ): 5828.410							

ცხრილი 2. პალიასტომის ტბის ქიმიური ანალიზის შედეგები
(რეინჯერების ბაზა -2)

წყლის ქიმიური ანალიზი (რეინჯერების ბაზა 2)				
წყლის სახეობა	ზედაპირული	ფიზ-ქიმ.მაჩვენ.	მგ/ლ	მგ-ექვ
წყლის დასახელება	პალიასტომის ტბა	სიხისტე		25.363
წყალპუნქტი	-	თავ. ტუტიანობა		N.D.
რეგიონი	-	გახსნ. O ₂	7.300	
დებიტი(მ ³ /დღე)	-	თავ. CO ₂	-	
პასპორტი	-	ჟ.ქ.მ&(მგ/ლ O)	<15.0	
ფერი	-	საერთო N	-	
სუნი	-	ორგ. C	-	
გემო	-	ჯამური SiO ₂	-	
სიმღვრივე (FTU)	160.00	H ₃ PO ₄	-	
pH	8.20	H ₃ BO ₃	-	
ტემპერატურა	-	H ₂ S	-	
მშრ.ნაშთი(მგ/ლ)	5732.795	ნარჩენი Cl	-	
ელვამტარობა (სიმ/მ)	0.98670			

კათიონები				ანიონები			
იონი	მგ/ლ	მგ-ექვ	მგ-ექვ%	იონი	მგ/ლ	მგ-ექვ	მგ-ექვ%
NH ₄	N.D.	N.D.	N.D.				
Ca	128.000	6.4000	6.36	*Cl	3275. 580	92.4000	91.69
			18.84				

(ცხრილი N 2 გაგრძელება)							
Mg	230.400	18.9630					
*Na	1692.000	73.8865	73.39	HCO ₃	180.560	2.960 0	2.94
K	54.500	1.3974	1.39				
Fe	0.550	0.0295	0.03	CO ₃	N.D.	N.D.	N.D.
Cu	N.D.	N.D.	N.D.				
Mn	N.D.	N.D.	N.D.				
Zn	0.005	0.0002	0.00	SO ₄	260.000	5.416 7	5.37
ჯამი	2105.455	100.676 6	100%	ჯამი	3716.14 0	100.7 767	100%
ტოქს.კომპ. მგ/ლ							
ტყვია ND							
სულ							
<*> - 20%-ზე-მეტი; <N.D.> - მგრძნობიარობაზე დაბლა;<-> - არ გაზომილ<-ფონური მნიშვნელობა							
მინერალიზაცია (მგ/ლ): 5821.595							

**ცხრილი 3. პალიასტომის ტბის ქიმიური ანალიზის შედეგები
(რეინჯერების ბაზა-3)**

წყლის ქიმიური ანალიზი (რეინჯერების ბაზა 3) 29.05.2017				
წყლის სახეობა	ზედაპირ.	ფიზ.ქიმ.მაჩ.	მგ/ლ	მგ-ექვ
წყლის დასახელება	პალიასტ. ტბა	სიხისტე		25.753
წყალპუნქტი	-	თავ. ტუტანობა		0.100
რეგიონი	-	გახსნ. O ₂	7.400	
დებიტი(მ ³ /დღე)	-	თავ. CO ₂	-	
პასპორტი	-	ქ.ქ.მ&(მგ/ლ O)	<15.0	
ფერი	-	საერთო N	-	
სუნნი		ორგ. C	-	
გემო		ჯამური SiO ₂	-	
სიმღვრივე (FTU)	299.00	H ₃ PO ₄	-	
pH	8.30	H ₃ BO ₃	-	

(ცხრილი N 3 გაგრძელება)							
ტემპერატურა	-	H ₂ S	-				
მშრ.ნაშთი(მგ/ლ)	5935.190	ნარჩენი Cl	-				
ელგამტარობა(სიმ /მ)	1.03870						
კათიონები				ანიონები			
იონი	მგ/ლ	მგ-ექვ	მგ-ექვ%	იონი	მგ/ლ	მგ-ექვ	მგ-ექვ%
NH ₄	N.D.	N.D.	N.D.				
Ca	120.000	6.0000	5.90	*Cl	3410.290	96.2000	91.10
-	240.000	19.7531	19.42	-			
Mg	1705.000	74.4541	73.18	-			
*Na	N.D.	N.D.	N.D.	HCO ₃	167.140	2.7400	2.59
K	58.300	1.4949	1.47				
Fe	0.660	0.0355	0.03	CO ₃	6.000	0.2000	0.19
Cu	N.D.	N.D.	N.D.	SO ₄	310.000	6.4583	6.12
Mn	N.D.	N.D.	N.D.	NO ₂	N.D.	N.D.	N.D.
Zn	N.D.	N.D.	N.D.	NO ₃	-	-	-
ჯამი	2123.960	101.7376	100%	ჯამი	3893.430	105.5983	100%
ტოქს.კომპ	მგ/ლ	მგ-ექვ					
ტყვია ND	N.D.	N.D.					
სულ	0.000	0.000					
<*> - 20%-ზე-მეტი; <N.D.> - მგრძობიარობაზე დაბლა;<-> - არ გაზომილ<-> ფონური მნიშვნელობა							
მინერალიზაცია (მგ/ლ): 6017.390							

ცხრილში 1-4 მოცემულია პალიასტომის ტბის ქიმიური ანალიზის შედეგები. pH მნიშვნელობის მიხედვით პალიასტომის ტბის წყალს ახასიათებს ოდნავად გამოხატული ტუტეობა, რაც აისახება მასში გახსნილი მარილების ბუნებითა და ჰიდროლიზით. 1,2,3 სიჩის მიხედვით ჟანგბადის რაოდენობა მაღალია და შეადგენს 7,3-7,8 მგ/ლ, ხოლო მე-4 სიჩის მონაცემებით გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობა შედარებით დაბალია და ტოლია 3,6 მგ/ლ-ის.

**ცხრილი 4. პალიასტომის ტბის ქიმიური ანალიზის შედეგები
(თევზის ქარხანა-4)**

წყლის ქიმიური ანალიზი (თევზის გადამამუშავებელი ქარხნის მიმდებარე ტერიტორია)							
წყლის სახეობა	ზედაპირული			ფიზ.ქიმ.მაჩ.	მგ/ლ	მგ-ექვ	
წყლის დასახელება	პალიასტომის ტბა			სიხისტე		5.168	
წყალპუნქტი	-			თავ. ტუტთანობა		N.D.	
რეგიონი	-			გახსნ. O ₂	3.600		
დებიტ(მ ³ /დღე)	-			თავ. CO ₂	-		
პასპორტი				ქ.ქ.მ&(მგ/ლ O)	36.000		
ფერი	-			საერთო N	-		
სუნი				ორგ. C	-		
გემო				ჯამური SiO ₂	-		
სიმღვრივე (FTU)	1570.00			H ₃ PO ₄	-		
pH	7.20			H ₃ BO ₃	-		
ტემპერატურა	-			H ₂ S	-		
მშრ.ნაშთი(მგ/ლ)	853.611			ნარჩენი Cl	-		
ელგამტარობა (სიმ/მ)	0.16510						
კათიონები				ანიონები			
იონი	მგ/ლ	მგ-ექვ	მგ-ექვ%	იონი	მგ/ლ	მგ-ექვ	მგ-ექვ%
NH ₄							
Ca	52.000	2.6000	16.91	*Cl	388,532	10.9600	72.94
-				HCO ₃	176.900	2.9000	19.30
Mg	31.200	2.5679	16.70	CO ₃	N.D.	N.D.	N.D.
*Na	220.000	9.6070	62.47	SO ₄	56.000	1.1667	7.76
K	8.800	0.2256	1.47	NO ₂	N.D.	N.D.	N.D.
Fe	5.600	0.3009	1.96	NO ₃	-	-	-
Cu	0.014	0.0004	0.00				
Mn	0.550	0.0200	0.13				
Zn	0.015	0.0005	0.00				
ჯამი	319.179	15.3779	100%	ჯამი	621.432	15.0267	100%
ტოქს.კ ომპ.	მგ/ლ	მგ-ექვ					
ტყვია	N.D.	N.D.					
სულ							
<*> - 20%-ზე-მეტი; <N.D.> - მგრძნობიარობაზე დაბლა;<-> - არ გაზომილ<-ფონური მნიშვნელობა							
მინერალიზაცია (მგ/ლ): 940.611							

ჟანგბადის რეჟიმი ახდენს ღრმა გავლენას წყალსატევის სიცოცხლის-უნარიანობაზე, გახსნილი ჟანგბადის მინიმალური შემცველობა, რომელიც უზრუნველყოფს თევზების ნორმალურ განვითარებას, შეადგენს 5 მგ/ლ O₂/ლ. მისი შემცირება 2 მგ/ლ-მდე იწვევს თევზების მასიურ სიკვდილს. 1,2,3 სინჯის მიხედვით გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაცია შეესაბამება ზედაპირული წყლების ხარისხის განსაზღვრულ კლასს-სუფთას მე-2 კლასს, ხოლო მე-4 სინჯის მიხედვით მიეკუთვნება გაბინძურებულს, მე-4 კლასს.

1-4 ცხრილებიდან ჩანს, რომ სიხისტის მნიშვნელობა 1,2,3 სინჯის მიხედვით შეადგენს, შესაბამისად 24,564; 25,363; 25,753 მგ-ექვ/ლ, რაც წყლის კლასიფიკაციის სიხისტის მაჩვენებლის მიხედვით მიეკუთვნება ძალიან ხისტს. ხოლო, მე-4 სინჯის მონაცემებით 93,6 მგ-ექვ/ლ)- ზომიერად ხისტს (3,0-6,0 მგ-ექვ/ლ).

ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილების (ჟქმ) ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია შეადგენს 5 მგ/ლ, ცხრილებიდან 1-4 ჩანს, რომ ჟქმ-ის მნიშვნელობის მიხედვით ტბის წყალი მიეკუთვნება დაბინძურებულს.

პალიასტომის ტბის ელექტროგამტარულობა იცვლება 0,16510-1, 03870 სიმ/მ ზღვრებში.

პალიასტომის ტბის წყალში ნატრიუმის კონცენტრაცია 1-3 სინჯის ანალიზის მონაცემებით (ცხრილი 1-3) საკმარისად მაღალია და შეადგენს შესაბამისად 1694,0; 1692,1705,0 მგ/ლ; ხოლო მე-4 სინჯის ანალიზის მიხედვით (ცხრილი 4) კი ნატრიუმის კონცენტრაცია შედარებით დაბალია-220,0 მგ/ლ, რაც აღმატება 8დკ-ს (120 მგ/ლ). ასევე კალიუმისა და კალციუმის იონებთან შედარებით მაგნიუმის კონცენტრაცია აღმატება 8დკ-ს (40-50 მგ/ლ) და შეადგენს 1-3 სინჯის ანალიზის მონაცემების მიხედვით შესაბამისად 229,200; 230,400 და 240,0 მგ/ლ-ს, ხოლო მე-4 სინჯის ანალიზის მიხედვით კი 31,200 მგ/ლ-ს, რაც ნაკლებია 8დკ-ზე. ძირითადი ანიონებიდან ჭარბობს ქლორის იონი, რომელიც ბევრად აღმატება 8დკ-ს (300 მგ/ლ) და იცვლება 3225,950-3410,290 მგ/ლ

ზღვრებში (1-3 სინჯის ანალიზის მონაცემებით, ცხრილი 1-3), ხოლო მე-4 სინჯის მონაცემებით შეადგენს 388,532 მგ/ლ-ს (ცხრილი4).

ზოგადად პალიასტომის ტბის წყალი ქიმიური ანალიზის შედეგების მიხედვით შესაძლებელია მივაკუთვნოთ ქლორიდულ ნატრიუმთან ტიპის წყალს.

მინერალიზაციის მიხედვით ტბის წყალი მლაშეა, რომელზედაც გავლენას ახდენს შავი ზღვის წყალიც.

მიკროელემენტებისა (Cu, Mg, Zn) და რკინის კონცენტრაცია წყალში დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებშია, ხოლო მე-4 სინჯის წყალში კი რკინის რაოდენობა აღემატება 8 დკ-ს, რაც შეიძლება აიხსნას თევზის გადასამუშავებელი ქარხნის ანთროპოგენული წყაროების გავლენით.

ბიოგენურ ნივთიერებათა კონცენტრაცია განსაზღვრის მგრძნობიარობაზე ბევრად დაბალია (ცხრილი 1-4).

2. პალიასტომის ტბის ფსკერული ანალიზის შედეგები

2017 წლის მაისის თვეში აღებული და გამოკვლეული იქნა პალიასტომის ტბის ფსკერული ნალექები. ჩატარებული ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე პალიასტომის ტბის ფსკერულ ნალექებში სპილენძის შემცველობა ნაკლებია ზღვრულად დასაშვებ ნორმატივებზე ხოლო საქართველოში დაშვებული ნორმატივების მიხედვით კი აღემატება ზღვრულად დასაშვებ სიდიდეს. ტბის ფსკერულ ნალექებში ტყვიის, თუთიის შემცველობა შესაძლებელია ჩაითვალოს ბუნებრივ ფონად . ხოლო მანგანუმისა და რკინის შემცველობა ფსკერულ ნალექებში ნაკლებია ზღვრულად დასაშვებ ნორმატივების სიდიდეზე.

3. პალიასტომის ტბის წყლისა და ფსკერული ნალექების მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

ლიტერატურული წყაროებით პალიასტომის ტბის ბაქტერიული კვლევის შესახებ მონაცემები ძალიან მწირია.

2017-2019 წლებში აღებული იქნა ტბის წყლისა და ფსკერული ნალექების სინჯები მიკრობიოლოგიური ანალიზის ჩასატარებლად.

ცხრილი 5. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (2017 წლის 15 მაისი)

საკვლევი პარამეტრები	მაჩვენებლების მნიშვნელობა ნორმატიული დოკუმენტის (ნდ) მიხედვით	მაჩვენებლების ფაქტიური მნიშვნელობა				გამოკვლევის მეთოდები
		რეინჯერების ბაზა-1	რეინჯერების ბაზა-2	რეინჯერების ბაზა-3	თევზის ქარხანა- 4	
საერთო კოლიფორმები, კწე 100მლ-ში	≤ 1 000	3 000	1280	920	5000	ISO 9308 1:2014
E.coli, კწე 100 მლ-ში	≤1 000	არ აღმოჩნდა	20	არ აღმოჩნდა	40	ISO 1:2014

ცხრილი 6. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (2017 წლის 10 აგვისტო)

პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ხარისხის მაჩვენებლები:	
გამოყენებული სტანდარტები: FOCT N 18963-73	
ნიმუშის აღების ადგილი: N1მდინარე კაპარჭინა-ხიდის მიმდებარე ტერიტორია	
ობიექტის წყლის მიკრობიოლოგიური ხარისხის მაჩვენებლები:	
ღია წყალსაცავების წყლის ხარისხიანობის მაჩვენებელი, მაფანმ საერთო რაოდენობა/მლ ნდ-ს მიხედვით-არაუმეტეს	1000 კწე/მლ
მაფანმ საერთო რაოდენობა მლ-ში, ფაქტობრივი მაჩვენებელი	5000 კწე /მლ
წყალსაცავების წყლის ხარისხიანობის (კოლი-ტიტრი, კოლი-ინდექსი) მაჩვენებელი ნდ-ს მიხედვით	კოლი ტიტრი არანაკლებ -111, კოლი ინდექსი არაუმეტეს-9
ღია წყალსატევების წყლის ხარისხის ფაქტობრივი მაჩვენებელი- კოლი ტიტრი და კოლი ინდექსი: 100მლ,10მლ,1მლ,0,1მლ (წყლის საერთო მოცულობა 111მლ)-ში	კოლი-ტიტრი< 0,4 კოლი-ინდექსი > 2380
pH	6,6
ნიმუშის აღების ადგილი: N 2 რეინჯერების ბაზა მარცხენა სანაპირო	
ობიექტის წყლის მიკრობიოლოგიური ხარისხის მაჩვენებლები:	
ღია წყალსაცავების წყლის ხარისხიანობის მაჩვენებელი, მაფანმ საერთო რაოდენობა/მლ ნდ-ს მიხედვით-არაუმეტეს	1000 კწე//მლ
მაფანმ საერთო რაოდენობა მლ-ში, ფაქტობრივი მაჩვენებელი	1000 კწე/მლ

(ცხრილი 6. გარძელება)	
წყალსაცავების წყლის ხარისხიანობის (კოლი-ტიტრი, კოლი-ინდექსი) მაჩვენებელი ნდ-ს მიხედვით	კოლი ტიტრი არანაკლებ -111, კოლი ინდექსი არაუმეტეს-9
ღია წყალსატევების წყლის ხარისხის ფაქტობრივი მაჩვენებელი- კოლი ტიტრი და კოლი ინდექსი: 100მლ,10მლ,1მლ,0,1მლ (წყლის საერთო მოცულობა 111მლ)-ში	კოლი ტიტრი -4 კოლი ინდექსი -230
pH	6,5
ნუმუშის აღების ადგილი: რეინჯერების ბაზის მარჯვენა სანაპირო	
ობიექტის წყლის მიკრობიოლოგიური ხარისხის მაჩვენებლები:	
ღია წყალსაცავების წყლის ხარისხიანობის მაჩვენებელი, მაფანმ საერთო რაოდენობა/მლ ნდ-ს მიხედვით-არაუმეტეს	1000 კწე/მლ
მაფანმ საერთო რაოდენობა მლ-ში, ფაქტობრივი მაჩვენებელი	1000 კწე/მლ
წყალსაცავების წყლის ხარისხიანობის (კოლი-ტიტრი, კოლი-ინდექსი) მაჩვენებელი ნდ-ს მიხედვით	კოლი ტიტრი არანაკლებ-111, კოლი ინდექსი არაუმეტეს-9
ღია წყალსატევების წყლის ხარისხის ფაქტობრივი მაჩვენებელი- კოლი ტიტრი და კოლი ინდექსი: 100მლ,10მლ,1მლ,0,1მლ (წყლის საერთო მოცულობა 111მლ)-ში	კოლი ტიტრი -4 კოლი ინდექსი -230
pH	6,5
ნიმუშის აღების ადგილი: კუნძულ კოლიმზარის მიმდებარე ტერიტორია	
ობიექტის წყლის მიკრობიოლოგიური ხარისხის მაჩვენებლები:	
ღია წყალსაცავების წყლის ხარისხიანობის მაჩვენებელი, მაფანმ საერთო რაოდენობა/მლ ნდ-ს მიხედვით-არაუმეტეს	1000 კწე/მლ
მაფანმ საერთო რაოდენობა მლ-ში, ფაქტობრივი მაჩვენებელი	1000 კწე/მლ
წყალსაცავების წყლის ხარისხიანობის (კოლი-ტიტრი, კოლი-ინდექსი) მაჩვენებელი ნდ-ს მიხედვით	კოლი ტიტრი არანაკლებ -111, კოლი ინდექსი არაუმეტეს-9
ღია წყალსატევების წყლის ხარისხის ფაქტობრივი მაჩვენებელი- კოლი ტიტრი და კოლი ინდექსი: 100მლ,10მლ,1მლ,0,1მლ (წყლის საერთო მოცულობა 111მლ)-ში	კოლი ტიტრი - 0,4 კოლი ინდექსი - 2380
pH	6,8

ღია წყალსაცავების წყლის ხარისხის მაჩვენებლის - მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობული მიკროორგანიზმების (მაფანმ) საერთო რაოდენობა 1 მლ-ში დასაშვები ნორმების მიხედვით შეადგენს არაუმეტეს 1000 კწე, ხოლო აღებულ 1, 2 და მე - 3 წყლის სინჯში მაფანმ-ის საერთო რაოდენობა იცვლება 800-5000 კწე/მლ ზღვრებში, ხოლო მაქსიმუმ მნიშვნელობას (3500 კწე/მლ) აღწევს მე - 4 სინჯში (ცხრილი 6).

ღია წყალსაცავების წყლის ხარისხის მაჩვენებლის (კოლი ტიტრი, კოლი ინდექსი) ზღვრულად დასაშვები ნორმა შეადგენს შესაბამისად: კოლი -ტიტრი არანაკლებ 111 მლ, ხოლო კოლი-ინდექსი არაუმეტეს - 9.

პირველ და მე-4 წყლის სინჯში შესაბამისად $pH = 6,6$ და $pH = 6,8$ პირობებში კოლი ინდექსი იყო 2380 -ზე მეტი, ხოლო კოლი ტიტრი 0,4 -ზე ნაკლები. მე-2 და მე-3 სინჯში $pH = 6,5$ პირობებში კოლი ტიტრმა შეადგინა 4, ხოლო კოლი ინდექსი ტოლია 230 (ცხრილი 6). აქედან გამომდინარე ტბის წყლის ბაქტერიული დაბინძურების მაღალი დონე უნდა იყოს გამოწვეული არა მარტო პალიასტომის ტბის დაბინძურებით, არამედ იქ იძულებით გადაადგილებულ პირთა განსახლებიდან ჩამავალი საკანალიზაციო წყლებით (პირდაპირ, გაწმენდის გარეშე) და მის გასწვრივ არსებული ღია ნაგავსაყრელებით.

მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგების მიხედვით საერთო კოლიფორმების და კოლიფაგების რაოდენობა საკმარისად მაღალია. ასევე მაღალია სალმონელების შემცველობა (35-55 კწე /მლ). წყლის ავტოქტონური მიკროფლორას - ვიბრიონებისა და აერომონასების რაოდენობა საკმარისად მაღალია, რომელიც შესაბამისად შეადგენს 1400 კწე/1000 მლ, 1100 კწე/ 100 (ცხრილი 7) .

ცხრილი 7. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები (2019 წლის 30 იანვარი)

განსასაზღვრი მიკროორგანიზმები	მაჩვენებლის დასაშვები რაოდენობრივი მნიშვნელობა(*მე-2კატეგორიის ზედაპირული წყალი)	მაჩვენებლის ფაქტობრივი რაოდენობრივი მნიშვნელობა
ნიმუშის დასახელენა: მდინარე კაპარჭინაზე ხიდთან.		
მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები	<1000 კწე/მლ	68 კწე/ მლ
მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები 22°C48 სთ	<1000 კწე/ მლ	320 კწე/ მლ
საერთო კოლიფორმები	<10000 კწე/ 1000 მლ	16000კწე/1000მლ
ფეკალური კოლიფორმები/E.coli	<5000 კწე/1000 მლ	900 კწე/ 1000 მლ
ფეკალური სტრეპტოკოკები	<5000 კწე/1000 მლ	720 კწე/ 1000 მლ
კოლიფაგი(გამდიდრების მეთოდით)	<100 ნაწ./1000 მლ	3200 ნაწ/ 1000 მლ
ვიბრიონების საერთო რიცხვი	-	1300 კწე/ 1000 მლ
აერომონასების საერთო რიცხვი	-	1100 კწე/ 1000 მლ
სალმონელების საერთო რიცხვი	-	55 კწე/1მლ.

**4. პალიასტომის ტბის ფსკერული ნალექების
მიკრობიოლოგიური ანალიზი**

**ცხრილი 8. პალიასტომის ტბის ფსკერული ნალექების მიკრობიოლოგიური
ანალიზის შედეგები (2018 წლის 29 მარტი, 18 აპრილი)**

საკვლევი პარამეტრები	შეფასების კრიტერიუმები			
	მაჩვენებლის ფაქტიური მნიშვნელობა	მაჩვენებლების მნიშვნელობა ნდ-ს მიხედვით		
		სუფთა	დაბინძურებული	
ნიმუშის დასახელება: პალიასტომის ტბის ფსკერული დანალექის სინჯი რეინჯერების ბაზის მიმდებარე ტერიტორიაზე მდინარე ფიჩორასთან- 1				
მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობების რაოდენობა 1 გ-ში- 37°C 22°C	2600	-	-	
ნაწლავის ჩხირის ჯგუფის მიკრობების რ-ბა 1 გ-ში	3200	-	-	
E-coli კწე/გ	220	-	-	
სულფიტმარედუცირებელი კლოსტრიდიები კწე/გ	62	1-9	>10	
ფეკალური სტრეფტოკოკები (St. faecalis)	3			
პათოგენები, მათ შორის სალმონელები	1	1-9	>10	
	არ აღმოჩნდა	არ დაიშვება	არ დაიშვება	
ნიმუშის დასახელება: პალიასტომის ტბის ფსკერული დანალექის სინჯი რეინჯერების ბაზის მიმდებარე ტერიტორიაზე მდინარე ფიჩორასთან- 2				
მეზოფილური აერობების და ფაკულტატური ანაერობების რ-ბა 1გ-ში	37°C	600	-	-
	22°C	200	-	-
ნაწლავის ჩხირის ჯგუფის მიკრობების რ-ბა 1გ-ში	220	-	-	
E-coli კწე/გ	62	1-9	>10	
სულფიტმარედუცირებელი კლოსტრიდიები კწე/გ	3	-	-	

(ცხრილი 8. გაგრძელება)			
ფეკალური სტრეფტოკოკები (S.faecalis)	1	1-9	>10
პათოგენები მათ შორის სალმონელები	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა

მე-8 ცხრილის მონაცემების მიხედვით პალიასტომის ტბის ფსკერულ დანალექებში მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური ანაერობების რაოდენობა მარტის თვეში აღბულ სინჯ 1-ში საკმარისად მაღალია და შეადგენს 37°C-ზე 2600 კწე/გრ, ხოლო 22°C-ზე 3200კწე/გრ. ნაწლავის ჩხირის ჯგუფის მიკრობების რაოდენობა 1 გრ ფსკერულ ნალექებში მარტისა და აპრილის თვეში აღბულ სინჯებში მაღალია და შეადგენს 220. ასევე მაღალია E-coli-ის რაოდენობა ორივე სინჯში- 62 კწე/გრ, რომელიც მიეკუთნება შეფასების კრიტერიუმების მიხედვით დაბინძურებულს. პათოგენები მათ შორის სალმონელები ორივე სინჯში აღმოჩნდა.

ცხრილი 9. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზი

ღია წყლების მიკრობიოლოგიური ხარისხის მაჩვენებლები		
ნიმუშის აღების ადგილი:	პალიასტომის ტბა, რეინჯერების ბაზა-1	
pH	6,8	
მაფანმ საერთო რაოდენობა/მლ-ში ნდ მიხედვით	არაუმეტეს 1000 ბაქტ.უჯრ/მლ-ში	
მაფანმ საერთო რაოდენობა/მლ-ში ფაქტობრივი მაჩვენებელი	1500კწე/მლ-ში	
მაფანმ საერთო რაოდენობა/მლ-ში სეპტაფაგით სანაციის შემდგომ .	600კწემლ-ში	
წყლის ხარისხიანობის (კოლი ტიტრი, კოლი ინდექსი)მაჩვენებელი ნდ.მიხედვით	კოლი ტიტრი არანაკლებ 111, კოლი ინდექსი არაუმეტეს- 9.	
ფაქტობრივი მაჩვენებლები-კოლი ტიტრი,კოლი ინდექსი: 100მლ,10მლ,1მლ,0,1მლ(წყლის საერთო მოცულობა 111მლ)-ში.	კოლი ტიტრი-4 კოლი ინდექსი- 230.	
E.coli- რაოდენობა/მლ	საწყის წყლის სინჯში	1x10 ³ კწე/მლ
	სეპტაფაგით სანაციის შემდგომ	2 x10 ² კწე/მლ
ანალიზის შესრულებისას გამოყენებული სტანდარტები	ГОСТ-№18963-73	

5. პალიასტომის ტბის წყლის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე პათოგენური ბაქტერიების ზემოქმედების აღკვეთის პრევენციული ღონისძიებების შემუშავება სეფტოფაგის საშუალებით

2018 წლის 29 იანვარს აღებული იქნა წყლის სინჯი პალიასტომის ტბის რეინჯერების ბაზის ხელმარცხნივ 50 მეტრზე წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების ფაგებით გასაუვნებლყოფად (რეინჯერების ბაზა 1). პალიასტომის ტბის წყლის აღებულ სინჯში ღია წყალსაცავების წყლის ხარისხის მაჩვენებლის - მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობული მიკროორგანიზმების (მაფანმ) საერთო რაოდენობა 1 მლ-ში დასაშვები ნორმების მიხედვით შეადგენს არაუმეტეს 1000 კწე, ხოლო ანალიზის შედეგების მიხედვით მაფანმ-ის საერთო რაოდენობა ტოლია 1500 კწე/მლ .

ღია წყალსაცავების წყლის ხარისხის მაჩვენებლის (კოლი ტიტრი, კოლი ინდექსი) ზღვრულად დასაშვები ნორმა შეადგენს შესაბამისად: კოლი -ტიტრი არანაკლებ 111 მლ, ხოლო კოლი-ინდექსი არაუმეტეს - 9. pH = 6,8 პირობებში კოლი ინდექსი იყო 230, ხოლო კოლი ტიტრი- 4. E-coli-ის რაოდენობა მლ-ში შეადგენს 1×10^3 , ხოლო მაფანმ -ის რაოდენობრივი მნიშვნელობა ტოლია 1500 კწე/მლ (ცხრილი 9).

ჩვენს მიერ პალიასტომის ტბაში აღებული სინჯი გამოვიყენეთ, როგორც მოდელოური ნიმუში და ჩავატარეთ წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების გაუვნებლყოფა სეფტოფაგით.

პალიასტომის ტბის წყლის ანალიზის შედეგებმა დაადასტურა წყლის ობიექტში შემდეგი ბაქტერიების არსებობა: *Shigella flexneri* 1, 2, 3, 4, 6 სეროჯგუფი; *Shigella sonnei*; *Salmonella paratyphi A*; *Salmonella paratyphi B*; *Salmonella typhimurium*; *Salmonella choleraesuis*; *Salmonella oranienburg*; *Salmonella enteritidis*.

სეფტაფაგის შემადგენლობაში შედიან მოცემული ბაქტერიების ვირუსები (ბაქტერიოფაგები), რომლებიც პირდაპირ ზემოქმედებას ახდენენ მათ მასპინძელ

ბაქტერიებზე, ამიტომ პალიასტომის ტბის წყლის დასამუშავებლად გამოყენებული იყო სეფტოფაგი, რის შედეგადაც E-coli-ს რაოდენობა შემცირდა 2×10^2 კწე/მლ-მდე, ხოლო მაფანმ-ის რაოდენობა კი შემცირდა 600 კწე/მლ-მდე. წყლის ნიმუშის დამუშავებისას ბაქტერიული დაბინძურება 60%-ით შემცირდა (ცხრილი 9).

პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურებისაგან ბაქტერიოფაგებით გაწმენდის ტექნოლოგიის უფრო ღრმა შესწავლის მიზნით. ფაგომგრძნობელობის განსაზღვრა მოხდა პალიასტომის ტბის წყლის ნიმუშებიდან ამოთესილი შტამების (სალმონელა, ფეკალური კოლი, ვიბრიო) ფაგური სპოტ ტესტის საშუალებით სტანდარტული ფაგების 7 ნარევის მიმართ. ამოითესა ფეკალური კოლიფორმების, ენტეროკოკების, ვიბრიონების და სალმონელების 2-2- იზოლატი (ცხრილი 10).

ცხრილი 10. ფაგომგრძნობელობის განსაზღვრის შედეგები

ფაგები შტამები	პიო ბაქტე რიოფ აგი	ინტეს ტი ბაქტე რიოფა გი	ფერ სის ბაქტ ერი ოფა გი	სტაფილოკ ოკური ბაქტერიო ფაგი	ფაგიო პიობაქ ტერიო ფაგი	ენკო ბაქტერი ოფაგი	სეს ბაქტერიო ფაგი
Salmonella (რეინჯერები)	-	+	-	-	-	-	-
Vibrio (რეინჯერები)	-	-	-	-	-	-	-
E.coli (რეინჯერები)	-	+	-	-	-	+	-
Salmonella (ქარხანა)	-	+	-	-	-	-	-
Vibrio (ქარხანა)	-	-	-	-	-	-	-
E.coli (ქარხანა)	-	+	-	-	-	+	-

„+“ აღნიშნავს სუსტ ლიზისურ რეაქციას

წყლის სინჯებიდან ამოთესილი შტამების (სალმონელა, ფეკალური კოლი, ვიბრიო) ფაგური სპოტ ტესტის საშუალებით ჩატარდა წყლის მოდელურ ნიმუშში ფაგომგრძობელობის განსაზღვრა, რის შედეგადაც ინტესტი ბაქტერიოფაგმა და გამოიწვია სუსტი ლიზური რეაქცია სალმონელასა და E-coli ბაქტერიების მიმართ. ხოლო ენკო ბაქტერიოფაგმა სუსტი ლიზური რეაქცია გამოიწვია E-coli ბაქტერიების მიმართ (ცხრილი 10).

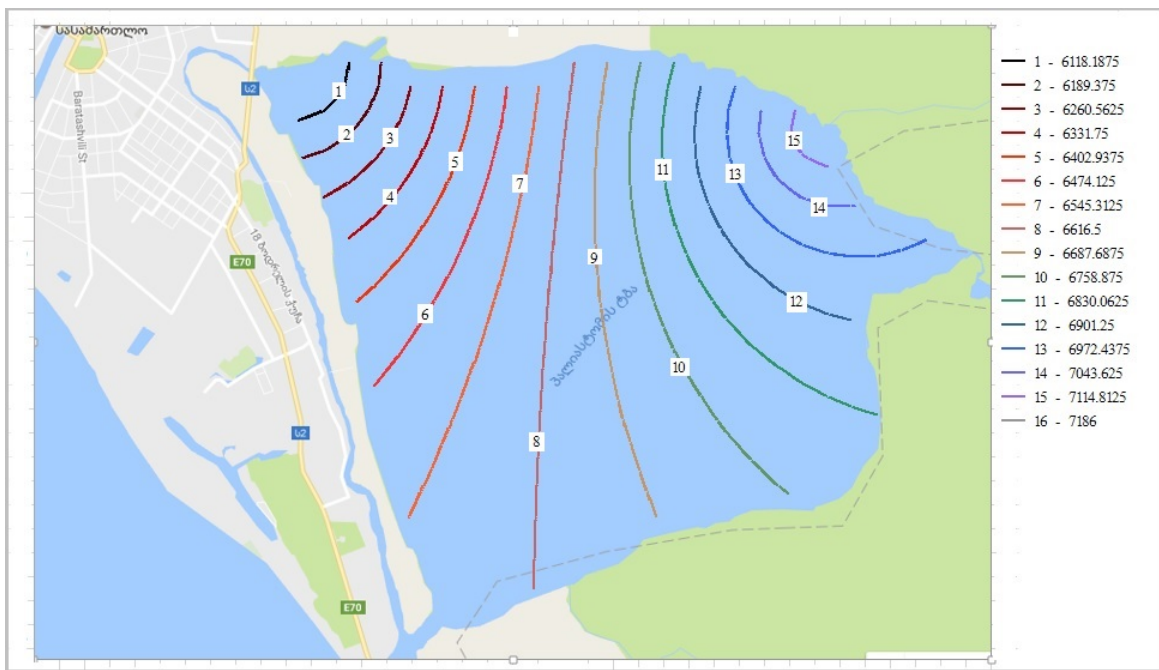
6. პალიასტომის ტბის წყალში პათოგენური ბაქტერიების გავრცელების მათემატიკური მოდელირება

პალიასტომის ტბაში კოლიფორმების გავრცელების კომპიუტერული მოდელირებისათვის გამოყენებული იქნა ორგანოზომილებიანი რიცხვითი მოდელი, რომელსაც საფუძვლად უდევს წყლის მოძრაობისა და უწყვეტობის განტოლებების ვერტიკალის მიხედვით ინტეგრირებით მიღებული სისტემა. პროგრამა შედგენილია Visual C++ ენაზე. მოდელი ეფუძნება ტბის დინამიკის ორგანოზომილებიან თავთხელი წყლის და წყლის არეში პასიური მინარევების გავრცელების ინტეგრირებას თანამედროვე მაღალგარჩევისუნარიან რიცხვითი სქემის გამოყენებას. ინტეგრირების პროცესში გამოყენებულია მიღებული შედეგების ვიზუალიზაციის მეთოდი.

მოდელირებით მიღებული შედეგების მიხედვით პირველ ნახაზზე მოცემულია პალიასტომის ტბის ზედაპირზე კოლიფორმების განაწილების იზოწირები. ნახაზიდან ჩანს, რომ კოლიფორმების მაქსიმალური კონცენტრაცია მიღებულია ტბის სამხრეთ- აღმოსავლეთ ნაწილში სადაც განლაგებულია დაბინძურების 3 წყარო (რეინჯერების ბაზა 1-3). ისინი რეინჯერების ბაზისაგან დაშორებულია 100 მეტრით (მარცხნიდან და მარჯვნიდან) და 500 მეტრით.



ნახაზი 1. პალასტომის ტბის ზედაპირზე საერთო კოლიფორმების განაწილების მათემატიკური და რიცხვითი მოდელირება (2017 წლის 15 მაისის მონაცემებით)



ნახაზი 2. პალასტომის ტბის ზედაპირზე საერთო კოლიფორმების განაწილების მათემატიკური და რიცხვითი მოდელირება (2018 წლის 29 მარტის მონაცემებით)

დაბინძურების მე-4 წყარო მოთავსებულია პალიასტომის ტბის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში. შესაბამისად იზოწირების სივრცული განაწილება ტბის აქვატორიაში არაერთგვაროვანია. კონცენტრაცია მინიმალურია ბაზა 2-3 მიდამოებში, თანდათანობით იზრდება ჩრდილოეთის მიმართულებით და თავის მაქსიმუმს აღწევს მე-4 ბაზის ტერიტორიაზე. კონცენტრაციების ჰორიზონტალური გრადიენტები დიდია ბაზების მიმდებარე ტერიტორიაზე და თანდათანობით მცირდება ბაზებიდან დაშორებისას ჩრდილო და ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულებით.

მეორე ნახაზზე ნაჩვენებია კომპიუტერული მოდელირებით მიღებული კოლიფორმების განაწილება 2018 წლის 29 მარტს 2 დამაბინძურებელი წყაროს შემთხვევაში (აეროპირტის არხი და მდინარე ფიჩორას შესართავი პალიასტომთან). მიღებული განაწილება მნიშვნელოვნად განსხვავდება პირველ ნახაზზე მოცემული სურათისაგან. კონცენტრაციის მაქსიმუმები განლაგებულია პალიასტომის ტბის 2 წერტილში (ჩრდილო-დასავლეთ და ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილებში).

ამრიგად მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ პალიასტომის ტბის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების ზოგადი სურათი არაერთგვაროვანია. ის დამოკიდებულია დამაბინძურებელი წყაროების მდებარეობაზე, დაბინძურების ინტენსიობაზე და მეტეოროლოგიური პირობებით ფორმირებული ტბის წყლის დინებებზე. მოცემური ტექნოლოგიით შესაძლებელია ანალოგიური გამოთვლები განხორციელდეს ნებისმიერი მცირე სიღრმის მქონე წყალსაცავისათვის, რისთვისაც საჭირო იქნება მხოლოდ წყალსაცავის მახასიათებლების შეცვლა (ჰორიზონტალური ზომები, ფსკერის რელიეფი და ატმოსფერული ქარი).

პალიასტომის ტბაში დამუშავებული მიკროორგანიზმების გავრცელების მათემატიკური და რიცხვითი მოდელირება შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ნებისმიერი ტიპის წყალსაცავების მიკროორგანიზმებით დაბინძურების პროგნოზირებისათვის;

დასკვნა

1. ევროგაერთიანების წყლის ჩარჩო დირექტივის მოთხოვნების შესაბამისად, წყლის სააუზო მართვის პრინციპების მიხედვით პალიასტომის ტბა მიეკუთვნება ენგურ-რიონის მდინარეთა აუზს, რომლისთვისაც წყლის რესურსების მართვის გეგმა არ არის შედგენილი;
2. ევროგაერთიანების წყლის ჩარჩო დირექტივის მოთხოვნების შესაბამისად პალიასტომის ტბის წყლის ხარისხის შესაფასებლად ჩატარდა ეკოლოგიური მონიტორინგი, რომელიც მოიცავს ეკოქიმიურ და მიკრობიოლოგიური კვლევას ISO სტანდარტული მეთოდების გამოყენებით;
3. პალიასტომის ტბის ეკოქიმიური კვლევის შედეგად წყლის 1,2,3 სინჯის მიხედვით გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაცია შეესაბამება ზედაპირული წყლების ხარისხის განსაზღვრულ კლასს - სუფთას, მე-2 კლასს, ხოლო მე-4 სინჯის მიხედვით მიეკუთვნება დაბინძურებულს, მე-4 კლასს;
4. წყლის კლასიფიკაციის სიხისტის მაჩვენებლის მიხედვით სიხისტე იცვლება ზომიერიდან ძალიან ხისტამდე;
5. ჟქმ-ის მნიშვნელობის მიხედვით ტბის წყალი მიეკუთვნება დაბინძურებულს;
6. პალიასტომის ტბის წყალი ქიმიური ანალიზის შედეგების მიხედვით მიეკუთვნება ქლორიდულ - ნატრიუმთან ტიპის წყალს;
7. მიკროელემენტების (Cu, Mn, Zn) კონცენტრაცია არ აღემატება ზდკ-ს, ხოლო რკინის კონცენტრაცია 1-3 სინჯის წყალში დასაშვები კონცენტრაციის ფარგლებშია (0, 550-0, 660 მგ/ლ), მე-4 სინჯის წყალში კი აღემატება ზდკ-ს და შეადგენს 5,600 მგ/ლ, რაც შეიძლება აიხსნას თევზის გადასამუშავებელი ქარხნის ანთროპოგენული წყაროების გავლენით;
8. ტბის წყლის ფსკერულ დანალექებში მიკროელემენტების მნიშვნელობები შესაძლებელია ჩაითვალოს ბუნებრივ ფონად;
9. ბიოგენურ ნივთიერებათა კონცენტრაცია განსაზღვრის მგრძნობიარობაზე ბევრად დაბალია;
10. ჩატარებული მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე საერთო კოლიფორმებისა და მეზოფილური აერობებისა და ფაკულტატური

ანაერობული მიკროორგანიზმების რაოდენობა აღემატება ნორმატიულად დასაშვებ რაოდენობრივ მნიშვნელობებს. ასევე დაფიქსირებულია E-coli-ის კლასის ბაქტერიები, ფეკალური სტრეფტო-კოკები, ვიბრიონები, აერომონასები და სალმონელები;

11. ანალიზის შედეგებმა დაადასტურა წყლის ობიექტში შემდეგი ბაქტერიების არსებობა: *Shigella flexneri* 1, 2, 3, 4, 6 სეროჯგუფი; *Shigella sonnei*; *Salmonella paratyphi* A; *Salmonella paratyphi* B; *Salmonella typhimurium*; *Salmonella choleraesuis*; *Salmonella oranienburg*; *Salmonella enteritidis*;
12. ტბის წყლის ფსკერულ დანალექებში მიკროორგანიზმების რაოდენობა ნორმატიულად დასაშვები რაოდენობის მნიშვნელობებზე მაღალია. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური დამაბინუძრებელ წყაროდ ითვლება ტბის სანაპიროზე არსებული გადამფრენი ფრინ-ველების მიერ წარმოქმნილი ფეკალური მასები და ორგანიზმის ნარჩენები, აგრეთვე თევზის გადასამუშავებელი ქარხნის ანთროპო-გენური წყაროები და დასახლებული პუნქტიდან ჩამავალი საყოფაცხო-ვრებო-სამეურნეო ჩამდინარე წყლები;
13. გარემოსდაცვითი მიზნების განსახორციელებლად, დასახული პრევენციული ღონისძიების მიხედვით, პალიასტომის ტბის მოდელური ნიმუში დამუშავდა ფაგებით წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების გასაუვნებელყოფად;
14. პალიასტომის ტბის წყლის სეპტაფაგით დამუშავების შემდეგ E-coli-ს რაოდენობა შემცირდა 2×10^2 კოლ/მლ -მდე, ხოლო მაფანმ-ის რაოდენობა შემცირდა 600 კწე/მლ-მდე, რაც მიუთითებს ბაქტერიული დაბინძურების 60%-ით შემცირებას;
15. წყლის სინჯებიდან ამოთესილი შტამების (სალმონელა, ფეკალური კოლი, ვიბრიო) ფაგური სპოტ ტესტის საშუალებით ჩატარდა წყლის მოდელურ ნიმუშში ფაგომგრძნობელობის განსაზღვრა, რის შედეგადაც ინტესტი ბაქტერიოფაგმა გამოიწვია სუსტი ლიზური რეაქცია სალმონელასა და E-coli ბაქტერიების მიმართ. ხოლო ენკო ბაქტერიოფაგმა სუსტი ლიზური რეაქცია გამოიწვია E-coli ბაქტერიების მიმართ;
16. პალიასტომის ტბაში და მასში ჩამდინარე წყლებში სანიტარულ-მიკრობული ინდიკატორების დინამიკის საფუძველზე გამოყოფილი პათოგენური აგენტების მგრძნობიარობის განსაზღვრა ფაგებზე და აქედან გამომდინარე პრევენციული ღონისძიების გატარების მიზნით ფაგებით წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების გაუვნებელყოფა შესაძლებელია გამოყენებული იქნას მიკრობიოლოგიურად დაბინძურებული ნებისმიერი წყლის ობიექტის მხოლოდ ლოკალური დაბინძურების წყაროებისათვის;

17. პალიასტომის ტბის წყალში დამუშავებული მიკროორგანიზმების გავრცელების მათემატიკური რიცხვითი მოდელის მიხედვით კოლიფორმების მაქსიმალური კონცენტრაცია მიღებულია ტბის სამხრეთ - აღმოსავლეთ. საერთო ნაწილში სადაც განლაგებულია დაბი-ნძურების 3 წყარო. დაბინძურების მე-4 წყაროს შემთხვევაში, რომელიც მდებარეობს პალიასტომის ტბის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში საერთო კოლიფორმების იზოწირების სივრცული განაწილება ტბის აკვატორიაში არაერთგვაროვანია;
18. პალიასტომის ტბასთან არსებული აეროპორტის არხისა და მდინარე ფიჩორას შესართავთან კომპიუტერული მოდელირებით მიღებული საერთო კოლიფორმების კონცენტრაციის მაქსიმუმები განლაგებულია პალიასტომის ტბის 2 წერტილში - ჩრდილო-დასავლეთ და ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილებში;
19. 24 საათის განმავლობაში ადგილი აქვს საერთო კოლიფორმების დიფუზიურ და ადვექციურ გადატანას ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულებით და მაქსიმუმის ზონაში კონცენტრაციის შემცირებას;
20. პალიასტომის ტბაში ტურბულენტობით გამოწვეული პროცესები იწვევენ საერთო კოლიფორმების გადანაწილებას მთელ აკვატორიაში. გადანაწილება არათანაბარია და ის განსაკუთრებით ინტენსიურია ტბის ჩრდილო-დასავლეთი სანაპიროს შუა ნაწილში.
21. პალიასტომის ტბაში დამუშავებული მიკროორგანიზმების გავრცელების მათემატიკური და რიცხვითი მოდელირება შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ნებისმიერი ტიპის წყალსაცავების მიკროორგანიზმებით დაბინძურების პროგნოზირებისათვის;
22. მოცემური ტექნოლოგიით შესაძლებელია ანალოგიური გამოთვლები განხორციელდეს ნებისმიერი მცირე სიღრმის მქონე წყალსაცავისათვის, რისთვისაც საჭირო იქნება მხოლოდ წყალსაცავის მახასიათებლების შეცვლა (ჰორიზონტალური ზომები, ფსკერის რელიეფი და ატმოსფერული ქარი).

**დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია
შემდეგ შრომებში:**

1. გ. აბრამია, ლ. გვერდწითელი, დ. ერისთავი. პალიასტომის ტბის ეკოსისტემის დახასიათება. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 2016, ტომი 43, №2, გვ. 227-232;
2. Abramia G., Gverdtsiteli L. Eristavi D. "Assesment of Ecological situation of the lake Plaliastomi," The 5th International Scientific-Practical Conference on the topic -"The power of the field of geology is a precondition for the revival of the economy" Mineral Society of Georgia and Georgian Technical University May 29-30, pg. 8-11;
3. გ.აბრამია, ლ. გვერდწითელი, დ. ერისთავი. პალისტომის ტბის წყლის ეკოქიმიური კვლევა. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი 2017, გვ. 218-224;
4. გ.აბრამია, ლ. გვერდწითელი, დ. ერისთავი. ევროგაერთიანების წყლის ჩარჩო დირექტივის მოთხოვნების შესაბამისად პალისტომის ტბის წყლის ხარისხის შეფასება; აკადემიკოს გივი ცინცაძის დაბადებიდან 85 წლისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო-სემეცნიერო-მეთოდური კონფერენცია "ქიმია-მიწვევები და პერსპექტივები." თბილისი, 19-20 ოქტომბერი, 2018, გვ. 217-219;
5. Abramia G, Golijashvili A, Rigvava S, Natidze M, Japarashvili N, Gverdtsiteli L., Eristavi D. Bacteriophages against Antibiotic Resistant Salmonella Bacteria for the Possible Prevention and Treatment of Birds and Clean Up of their Water Habitats. Journal of Veterinary Science & Technology. 2016, Volume 7 • Issue 6 page 1-6. <https://www.omicsaonline.org/open-acces/bacteriophages-against-antibiotic-resistant-salmonella-bacteria-for-thepossible-prevention-and-treatment-of-birds-and-clean-up-of-2157-7579-1000395.pdf>;
6. აბრამია გ.ვ., გვერდითელი ლ.ვ., ერისთავი დ.ვ. პალიასტომის ტბის წყლის მიკრობიოლოგიური კვლევა. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2018, N3, ტ 87, გვ 67-70.

Abstract

The dissertation work is based on the assessment of the ecological condition of the lake Paliastomi. Based on the results of water eco chemical, microbiological research has been developed numerical modeling of the dissemination of pathogenic bacteria, as well as, for the purpose of working out preventive measures against impact of the pathogenic bacteria on the ecological conditions of the lake Paliastomi has been conducted clean up of microbiological pollution of water model pattern of the water body by Septaphage.

According to the Ramsar Convention, the lake Paliastomi belongs to the protected area of international importance and is the part of the Kolkheti National Park. The lake Paliastomi was considered as one of the high-productive water reservoirs. The impact of ecological factors caused Lake Salianation. The changes in water hydrology have resulted in impact on the composition of the lake species, the number of fish species significantly decreased. There is also a change of fresh water phytoplankton.

The Lake Paliastomi is used as a cultural leisure zone. It also serves as an important tourist and recreational facility with the resources of the local population. The lake Paliastomi represents the habitat and the wintery for the migratory birds. Along with the anthropogenic factors migratory bird species may cause bacteriological contamination.

According to scientific literary data the data on the hydroelectric and microbiological survey of the lake Paliastomi is very limited. Therefore, the ecological condition of the lake Paliastomi, as well as the importance of water and multilateral use, is more relevant and needs regular monitoring. The novelty of the dissertation is the numerical modeling of the dissemination of microorganisms in the lake water, as well as clean up of microbiological pollution of water model pattern of the water body by Septaphage.

Several expeditions were carried out in 2017-2019 to accomplish the objective tasks, and the samplings were conducted to carry out chemical and microbiological research of water and sediments using ISO standard methods. The complete chemical and microbiological analysis of water samples was conducted.

According to the chemical analysis, the lake Paliastomi water belongs to chloride-sodium type water. Water hardness changes from mild hard to very hard. According to the concentration of the oxygen belongs to the pure water according to the water quality determinant, while the water in the surrounding the fish factory is contaminated. The concentration of microelements is within normative concentration limits. The value of the microelements in the waters of the lake can be considered as natural background. The concentration of biogenic substances is less sensitive to determination.

Based on the results of the conducted microbiological survey, the number of general coliforms and mesophilic aerobes and the quantity of facultative anaerobes microorganisms exceeds normative permissible quantities. There are also e-coli class

bacteria, fecal streptococcus, vibrios, aeromonas and salmonelas.

The number of microorganisms in the lake water sediments is normally higher than the number of permissible quantities. Fecal masses and wasted bodies of the migratory birds on the lake coast are considered as the microbiological hazardous source of water for the lake Paliastomi, as well as anthropogenic sources of fish processing plant and household-wastewater wastes from the populated area.

The numerical model of the distribution of microorganisms in the water of the Lake Paliastomi was developed.

In order to develop preventive measures against the impact of pathogenic bacteria on the lake Paliastomi the model sample of water from the lake was processed against microbiological contamination by Septaphage. The number of E-coli as a result of the processing of water model sample decreased. Determination in a sample of water sampled by phage spots test (salmonella, fecal coli, vibrio) from water samples, resulting in test bacteriophage caused weak lysine reaction to salmonella and E-coli bacteria, while Enco bacteriophage has a reaction to e-coli bacteria.

Therefore, the determination of sensitivity of separated pathogenic agents on bacteriophages on the bases of dynamics of sanitary-microbial indicators of inflowing waters of the lake Paliastomi, and as a result preventive measures for microbiological decontamination of bacterially polluted waters by phage can be used for purification of local point sources of any other microbiologically contaminated water objects.

In accordance with the results obtained by mathematical and numerical modeling of microorganisms developed by us in the lake Paliastomi, the general picture of microbiological contamination of the lake Paliastomi is diverse that depends on the location of contaminant sources, the pollution intensity and the water flows created by meteorological conditions allows us to make prognoses of contamination by microorganisms of any type of water reservoir.