

**ბათუმის წყალსარინ საწმენდ ნაგებობაზე ჩამდინარი წყლების
ფოსფორისაგან გაწმენდა შავი ზღვის ეუტროფიკაციისაგან დაცვის მიზნით
მარინე გვიანიძე, ევგენია შენგელია, ნინო ლომთათიძე**

(შპს „ბათუმის წყალი“, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, შოთა რუსთაველის
სახელმწიფო უნივერსიტეტი)

რეზიუმე: შავი ზღვის ბიომრავალფეროვნების დაცვისა და ეუტროფიკაციის პროცესის შესაჩერებლად ბათუმის წყალსარინ საწმენდ ნაგებობაზე დაიგემა ქიმიური მეთოდით წყლის ფოსფორისაგან გაწმენდა. ლაბორატორიული კვლევები ითვალისწინებდა ეფექტური კოაგულანტის შერჩევას და მისი ოპტიმალური დოზის დადგენას, ხოლო საწარმოო კვლევები – შერჩეული კოაგულანტის ტესტირებას ბათუმის საწმენდი ნაგებობის საბოლოო სალექარში.

აღნიშნული კვლევების შედეგად დადგინდა იქნა, რომ ბათუმის წყალსარინ საწმენდ ნაგებობაზე ჩამდინარი წყლების ფოსფორისაგან გასაწმენდი რეაგენტებიდან ყველაზე ეფექტურია PACS-ის და PAFCL-ის გამოყენება. განსაზღვრულია მათი ოპტიმალური დოზები $P-PO_4$ -ის ზღვის 1 მგ/ლ-მდე მისაღწევად, ჩატარებულია მათი ტესტირება საწარმოო პირობებში (საწმენდი ნაგებობის საბოლოო სალექარში) და მიღებულია ლაბორატორიულ კვლევებთან თანმხვედრი შედეგები. ამ შედეგების მიხედვით ჩამდინარი წყლების დეფოსფორაციის მიზნით PAFCL-ის გამოყენება უზრუნველყოფს ბიოფილტრებზე ნიტრიფიკაციის ეფექტიანობის გაზრდას. საბოლოო სალექარების წყალში შეწონილი ნაწილაკების (ბიოფილტრიდან ჩამორეცხილი აქტიური შლამის ფიფქების) რაოდენობის ზრდა კი იწვევს ფოსფატების დალექვის ეფექტიანობის გაზრდას.

საკვანძო სიტყვები: დალექვა; დისპერსია; ეუტროფიკაცია; კოაგულანტი; ფოსფორი; შეწონილი ნაწილაკები; შლამი.

შესავალი

წყლის ობიექტებში ლურჯ-მწვანე მცენარეების მასობრივი განვითარების ძირითადი მიზეზია წყალსატევებში ფოსფორისა და აზოტის დაგროვება, რაც წყალსატევის ეუტროფიკაციას იწვევს. შავი ზღვის ბიომრავალფეროვნების დაცვისა და ეუტროფიკაციის პროცესის შესაჩერებლად ბათუმის წყალსარინ საწმენდ ნაგებობაზე დაიგემა ქიმიური მეთოდით წყლის ფოსფორისაგან გაწმენდა, რისთვისაც ჩატარდა ექსპერიმენტული კვლევები ლაბორატორიულ და საწარმოო პირობებში. ლაბორატორიული კვლევები ითვალისწინებდა ეფექტური კოაგულანტის შერჩევას და მისი ოპტიმალური დოზის დადგენას, ხოლო საწარმოო კვლევები – შერჩეული კოაგულანტის ტესტირებას ბათუმის საწმენდი ნაგებობის საბოლოო სალექარში. ჩამდინარი წყლიდან ფოსფორის დასალექავად გამოყენებულ იქნა შემდეგი კოაგულანტები: $Al_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$, თხევადი პოლიალუმინის ჰიდროქსოქლორსულ-

ფატი (PACS) და თხევადი პოლიალუმინის რკინის ქლორიდი (PAFCL), ძეგვის კლინობტი-ლოლიტი და ასკანის თიხა. საწარმოო გამოცდა ჩატარდა ორი თხევადი კოაგულანტის გამოყენებით და მათ შორის შერჩეულ იქნა უფრო ეფექტური, პოლიალუმინის ჰიდროქსო-ქლორსულფატი PACS.

ძირითადი ნაწილი

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. ბათუმის წყალსარინ საწმენდ ნაგებობაზე, სადაც 2012 წლიდან წყლის ბიოლოგიური გაწმენდა მიმდინარეობს, პროექტით არ არის გათვალისწინებული ფოსფორის მოცილება. ნაგებობიდან გამავალ წყალში რეგულარულად აღინიშნება ფოსფორის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის (ზდკ) გადაჭარბება, რაც აზიანებს შავი ზღვის ეკოსისტემას. ცნობილია, რომ წყლის ფოსფორისაგან გაწმენდა შესაძლებელია ბიოლოგიური და ქიმიური მეთოდებით [2].

ბათუმის საწმენდი ნაგებობის სპეციფიკიდან გამომდინარე, წყლის ფოსფორისაგან გაწმენდა უმჯობესია განხორციელდეს ქიმიური მეთოდით. ქიმიურ მეთოდებს შორის კი ყველაზე გავრცელებულია რეაგენტული გაწმენდა.

ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ჩამდინარი წყლების გაწმენდის ბიოლოგიურ სქემებში ფოსფატების ქიმიური დალექვა შესაძლებელია სხვადასხვა წერტილში: პირველად სალექარებად (ბიოლოგიური გაწმენდის სტადიაზე) ან მეორეულ სალექარებში. ბათუმის წყალსარინ საწმენდ ნაგებობაზე წყლის გაწმენდა შემდეგი სქემით მიმდინარეობს: წყალი მექანიკურად იწმინდება ანაერობულ აუზებში, რომლებიც პირველადი სალექარების როლს ასრულებს. შემდეგ ხდება წყლის ბიოლოგიური გაწმენდა ბიოფილტრებით და ამის შემდეგ წყალი კვლავ მექანიკურად იწმინდება საბოლოო სალექარებში, სადაც ხდება ბიოფილტრიდან ჩამორეცხილი ბიომასის მეორეული შლამის სახით დალექვა. დალექილი შლამი რეგულარულად იტუმბება ანაერობულ აუზებში. ამგვარად მიმდინარეობს საწმენდ ნაგებობაზე ბიომასის ცირკულაცია. ჩამდინარი წყლების გაწმენდის მოცემულ სქემაში ფოსფორის მოცილების ადგილად შერჩეულია მეორეული სალექარები.

კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა ბათუმის წყალსარინი საწმენდი ნაგებობის ჩამდინარი წყლებიდან ფოსფატების დასალექავად ეფექტური კოაგულანტის შერჩევა და გამავალ წყალში ფოსფორის ზდკ-ის უზრუნველსაყოფად მისი ოპტიმალური დოზის დადგენა. ასევე ფოსფატების დალექვაზე შეწონილი ნაწილაკების რაოდენობრივი შემცველობის ზეგავლენის შეფასება და წყლის pH-ის და სიმღვრივის ცვლილების დინამიკის შესწავლა ექსპერიმენტის პერიოდში. კვლევები ტარდებოდა ბათუმის წყალსარინი საწმენდი ნაგებობის ლაბორატორიაში. ფოსფატების დალექვა ხდებოდა ბიოლოგიურად გაწმენდილ წყალში, წყლის სინჯების აღება კი – ნაგებობის საბოლოო სალექარში შემავალი არხიდან, საიდანაც შეედინება ბიოლოგიურად გაწმენდილი წყალი. ფოსფატების დასალექავად გამოიყენებოდა შემდეგი კოაგულანტები: ალუმინის სულფატი, რკინის სულფატი, ძეგვის ცეოლითი, ასკანის თიხა, თხევადი პოლიალუმინის ჰიდროქსოქლორსულფატი PACS და თხევადი პოლიალუმინის რკინის ქლორიდი PAFCL. PACS-ში Al_2O_3 -ის შემცველობა საპასპორტო მონაცემებით 23 %-ს შეადგენდა, ხოლო PAFCL-ში Al_2O_3 –6,2 %-ია და რკინა – 2,7 %.

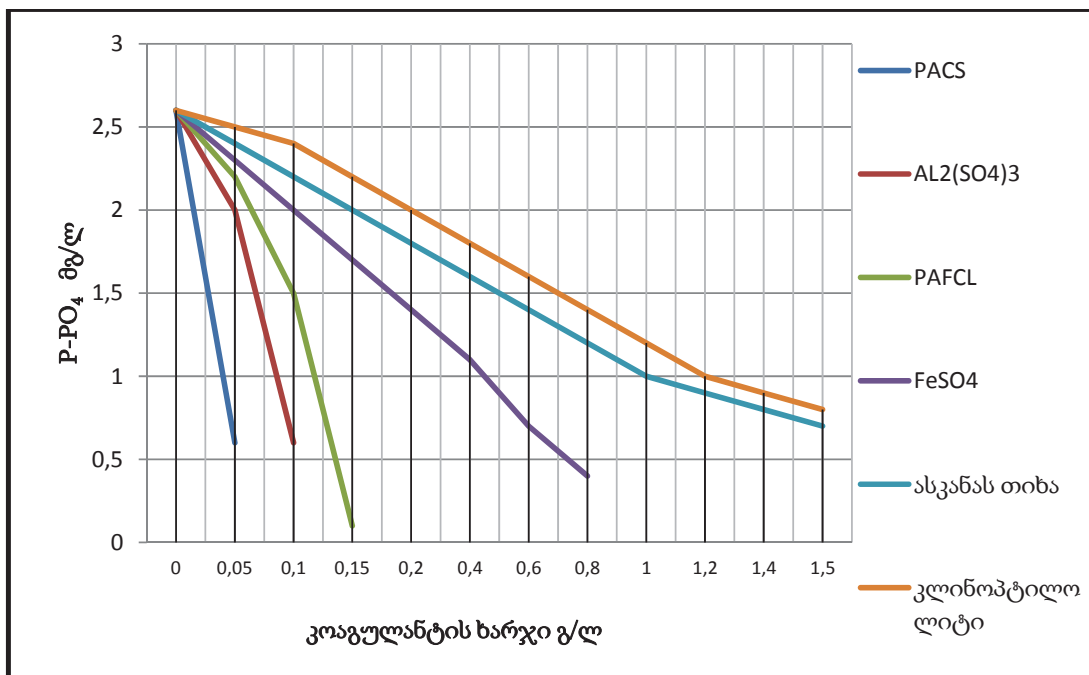
კვლევა ტარდებოდა 1 ლ წყალზე სქემით „შერევა–გამოფიფქვა–დაწლომა“ [3]. რეაგენტის წყალთან შერევა ხდებოდა 20 წთ-ის განმავლობაში ელექტროშემრევი მოწყობილობით და შემდეგ – დაყოვნება დასალექავად ასევე 20 წთ-ით. გამოფიფქვის პროცესი იწყებოდა მორევის დაწყებისთანავე და ინტენსიური ხდებოდა შერევის დროს. ფოსფორის $P-PO_4$ ფოსფატების, შეწონილი ნაწილაკების კონცენტრაცია და წყლის სიმღვრივე განისა-

ზღვრებოდა დალექვამდე და დალექვის შემდეგ Hach Lange DR 6000-ფოტომეტრით [4], წყლის pH-ისა და ტემპერატურისა კი – Hach HQ40d multi- pH-მეტრით.

კვლევის ანალიზი და შედეგები: კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ადლიის საწმენდი ნაგებობის ჩამდინარი წყლების ფოსფორისაგან გაწმენდა. ამისათვის აუცილებელი იყო შემდეგი ამოცანების შესრულება:

- ჩამდინარი წყლებიდან ფოსფატების დასაღებად ეფექტური კოაგულანტის შერჩევა და მისი ოპტიმალური დოზის დადგენა;
- შერჩეული კოაგულანტით ფოსფატების დალექვის კანონზომიერებების შესწავლა ლაბორატორიულ და საწარმოო პირობებში;
- კოაგულანტის ეფექტიანობის ძირითად კრიტერიუმად მიჩნეულ დამდგარ წყალში P-PO₄-ის ნარჩენი სამიზნე კონცენტრაციის (0,5 მგ/ლ) მიღწევა.

ფოსფატების დალექვის შედეგები სხვადასხვა რეაგენტის გამოყენებით მოცემულია 1-ლ ნახ-ზე.

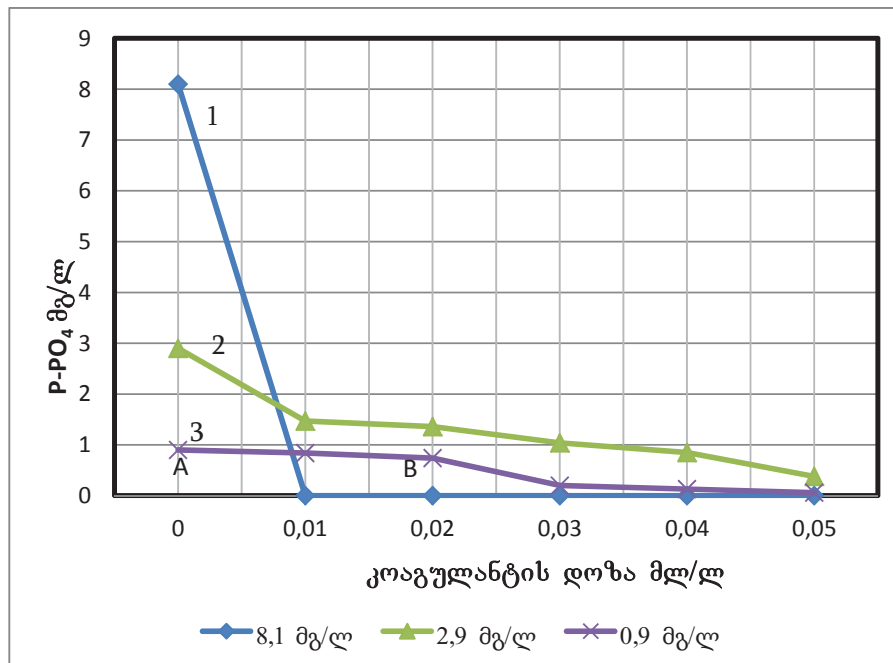


ნახ. 1. წყლიდან ფოსფატების დალექვა სამიზნე კონცენტრაციამდე სხვადასხვა კოაგულანტის გამოყენებით

1-ლ ნახ-ზე წარმოდგენილი დიაგრამიდან ჩანს, რომ ნარჩენი P-PO₄-ის 0,5 მგ/ლ-ის მისაღწევად ყველაზე ეფექტურია PACS-ის, Al₂(SO₄)₃-ის და PAFCL-ის გამოყენება. იმის გათვალისწინებით, რომ გამარტივებული დოზირების თვალსაზრისით პრაქტიკაში თხევადი კოაგულანტების გამოყენება უფრო ხელსაყრელია, კვლევის შემდეგი ეტაპი კოაგულანტის ოპტიმალური დოზის დასადგენად PACS-ისა და PAFCL-ის გამოყენებით გაგრძელდა. ფოსფორის დალექვის შედეგები განსხვავებული შედეგინილობის წყლებიდან PACS-ის გამოყენებით მოცემულია 1-ლ ცხრილსა და მე-2 ნახ-ზე.

ფოსფატების დალექვის ეფექტიანობა განსხვავებული შედგენილობის ჩამდინარი წყლებიდან PACS-ის გამოყენებით

კოაგ. დოზა, მლ/ლ	pH	P-PO ₄	შეწ. ნაწ.	სიმღვრივე	ტემპერატურა
		მგ/ლ	მგ/ლ	მგ/ლ	°C
წყლის ხარისხი გაწმენდამდე					
	7,5	8,1	368	152	21,7
0,01	7,4	0,2	19	17	23,7
0,02	7,3	0,2	19	17	24,2
0,03	7,2	0	13	16	23,6
წყლის ხარისხი გაწმენდამდე					
	7,6	2,9	128	66	24,7
0,01	7,5	1,4	12	16	23
0,02	7,4	1	6	11	22,8
0,03	7,3	0,85	4	9	22,8
0,04	7,2	0,38	4	9	22,8
წყლის ხარისხი გაწმენდამდე					
	7,2	0,9	60	45	23,3
0,01	7,1	0,8	1	2	23,3
0,02	7	0,7	1	2	28,1
0,03	6,9	0,2	0	0	25,2



ნახ. 2. ფოსფატების დალექვა PACS-ის გამოყენებით წყალში საწყისი P-PO₄-ის განსხვავებული კონცენტრაციების დროს

როგორც მე-2 ნახ-დან ჩანს, დალექვის ეფექტიანობა დამოკიდებულია საწყის P-PO₄-ის კონცენტრაციაზე. რაც უფრო მაღალია წყალში მისი კონცენტრაცია, მით უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს დალექვის პროცესი. მაგალითად, როდესაც საწყისი P-PO₄-ის კონცენტრაცია 8,1 მგ/ლ-ს შეადგენს (რაც განპირობებულია აქტიური შლამის შეტანით) დალექვის საუკეთესო შედეგი უკვე 0,01 მლ/ლ კოაგულანტითაა შესაძლებელი. P-PO₄-ის საწყისი კონცენტრაციის (0,9 მგ/ლ-ის) შემთხვევაში კი დალექვა გაცილებით ნაკლები ინტენსიურობით მიმდინარეობს და 0,01 მლ/ლ კოაგულანტის გამოყენებისას დალექვის ხარისხი მხოლოდ 6,7 %-ს შეადგენს, როცა ამავე დოზის გამოყენებით საწყისი P-PO₄-ის 8,1 მგ/ლ კონცენტრაციაზე დალექვის 98 % მიიღწევა. P-PO₄-ის საშუალო კონცენტრაციაზე (2,9 მგ/ლ) ფოსფორის შემცველობა 0,6–0,8 მგ/ლ-მდე მცირდება და დალექვის ეფექტიანობა 70-79 %-ია. ნახაზის მიხედვით ცხადია, რომ, როცა საწყისი P-PO₄-ის შემცველობა შედარებით მაღალია და 2,9 მგ/ლ-ს შეადგენს (მრუდი 2), მისი კონცენტრაციის შემცირება, დამატებული კოაგულანტის დოზიდან გამომდინარე, დინამიკურად მიმდინარეობს, ხოლო საწყისი P-PO₄-ის მცირე კონცენტრაციის შემთხვევაში (მრუდი 3) კოაგულანტის დოზა 0,01–0,02 მლ/ლ არ იწვევს დალექვის საგრძნობ ეფექტს – ფოსფორის კონცენტრაცია მცირდება სულ რაღაც 0,74 მგ/ლ-მდე.

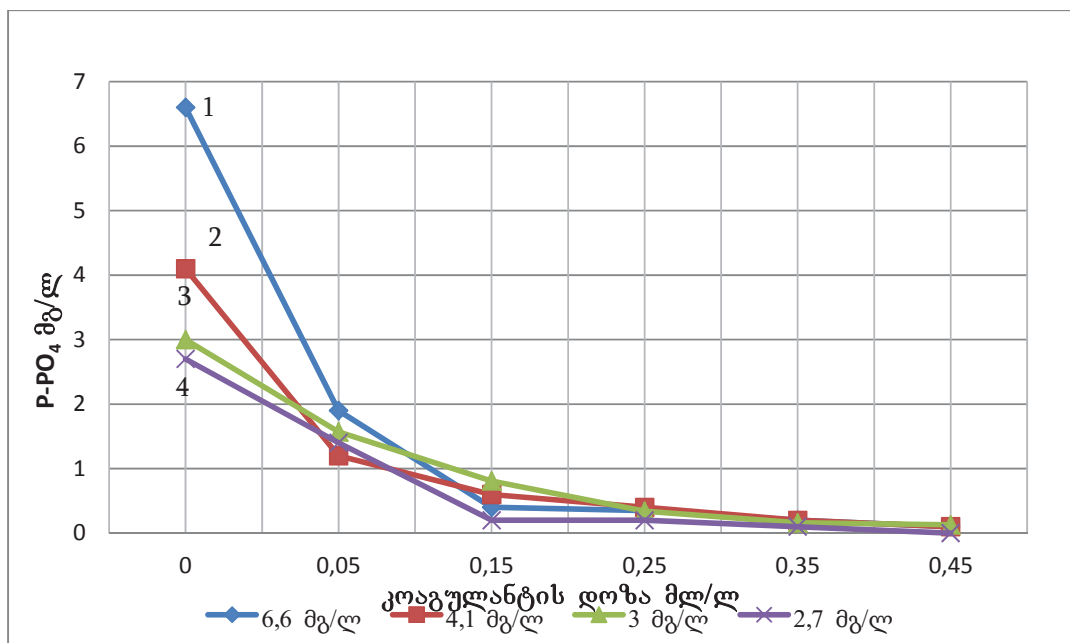
ცნობილია, რომ კოაგულაციის პროცესი ხასიათდება კოაგულაციის სინქარის გარკვეული სიდიდით, რომელიც შესაძლებელია განისაზღვროს როგორც ერთეული კოლოიდური ნაწილაკის რაოდენობის ცვლილება დროის ერთეულში, ნაწილაკის კოაგულაციის უნარი კი განისაზღვრება როგორც დასალექი ნივთიერების საწყისი კონცენტრაციით, ისე დამატებული კოაგულანტის დოზით. წყალში P-PO₄-ის მცირე კონცენტრაციით შემცველობისას მე-3 მრუდზე A-B მონაკვეთი შეესაბამება ე. წ. ფარულ კოაგულაციას, როდესაც ნაწილაკები ინარჩუნებს წონასწორობას. წერტილში კოაგულანტის კონცენტრაციისას (0,02 მლ/ლ) იწყება აშკარა კოაგულაცია P-PO₄-ის კონცენტრაციის მკვეთრი შემცირებით. განსხვავებულად ხორციელდება ფოსფორის კონცენტრაციის შემცირება, როდესაც მისი საწყისი კონცენტრაცია შეადგენს 8,1 მგ/ლ-ს (მრუდი 1). ამ დროს შეწონილი ნაწილაკების რაოდენობა შეესაბამება 368 მგ/ლ-ს და, როგორც აღნიშნული მრუდიდან ჩანს, საწყისი P-PO₄-ის შემცირება (კოაგულანტის დოზიდან დამოუკიდებლად) შეწონილი ნაწილაკების სწრაფი თვითდალექვის შედეგად დიდი სისწრაფით მიმდინარეობს.

ფოსფორის დალექვის მსგავსი სურათი იმაზე მიუთითებს, რომ P-PO₄-ის შემცირების დონე და გამოყენებული კოაგულანტის ხარჯი განისაზღვრება წყლის შედგენილობით და დამოკიდებულია შეწონილი ნაწილაკების (ბიოფილტრიდან ჩამორეცხილი აქტიური შლამის ნაწილაკების) რაოდენობაზე, რომლებიც ფოსფორის ადსორბციის კარგი უნარით გამოირჩევა.

ჩამდინარი წყლიდან ფოსფატების დალექვის და წყლის გაკამკამების შედეგები PAFCL-ის გამოყენებით მოცემულია მე-2 ცხრილში და მე-3 ნახ-ზე.

ფოსფატების დალექვის ეფექტიანობა განსხვავებული
შედგენილობის ჩამდინარი წყლებიდან PAFCL-ის გამოყენებით.

კოაგ. დოზა, მლ/ლ	pH	P-PO4	შეწ.ნაწ.	სიმღერივე	ტემპერატურა
		მგ/ლ	მგ/ლ	მგ/ლ	°C
წყლის ხარისხი გაწმენდამდე					
	7,6	6,6	439	201	23,3
0,05	7,4	1,9	22	20	24,2
0,15	7,2	0,4	9	10	24,2
0,25	7	0,35	8	10	23,9
წყლის ხარისხი გაწმენდამდე					
	7,5	3	120	101	14,2
0,05	7,3	1,57	36	32	26,3
0,15	7,1	0,81	30	24	26,3
0,25	6,9	0,34	28	24	26,8
წყლის ხარისხი გაწმენდამდე					
	7,1	2,6	52	23	19,9
0,05	6,9	1,1	7	5	20
0,08	6,7	0,3	5	2	20,1
0,15	6,5	0,1	5	2	20,1



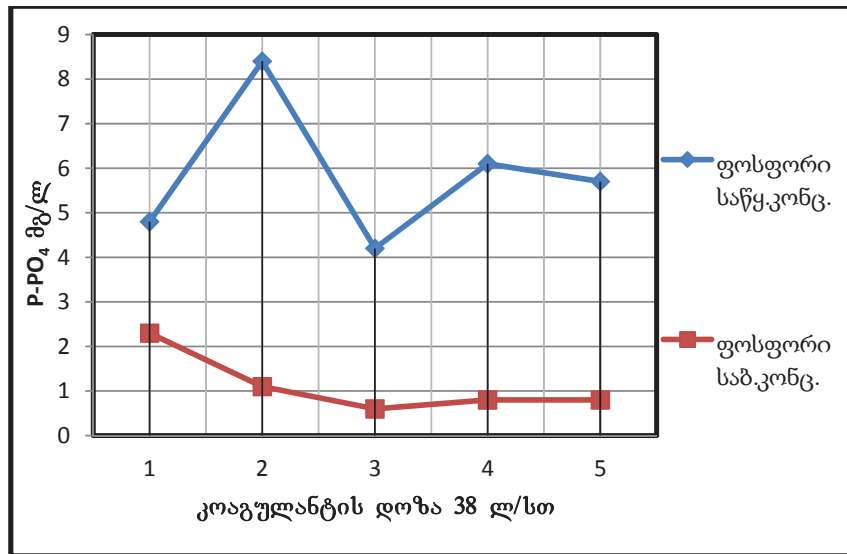
ნახ. 3. ფოსფატების დალექვა PAFCL-ის გამოყენებით საწყისი P-PO₄-ის განსხვავებული კონცენტრაციების დროს

როგორც მე-3 ნახ-დან ჩანს, PAFCL-ის გამოყენებით წყალში P-PO₄-ის ნარჩენი სამიზნე კონცენტრაციის მისაღწევად საჭიროა კოაგულანტის 0,15 მლ/ლ. P-PO₄-ის მაქსიმალურ კონცენტრაციისას (6,6 მგ/ლ), რომელიც ხელოვნურად არის შექმნილი აქტიური შლამის შეტანით, კოაგულანტის 0,15 მლ/ლ-მდე დოზირებისას დალექვის ხარისხი 93 %-ს შეადგენს (მრუდი 1), რაც კიდევ ერთხელ ადასტურებს იმას, რომ ფოსფატების დალექვის ეფექტს განაპირობებს წყალში შეწონილი ნაწილაკების დიდი რაოდენობით შემცველობა. საწყისი P-PO₄-ის 4,1 მგ/ლ-ის (მრუდი 2) შემთხვევაში, როცა კოაგულანტის დოზა 0,15 მლ/ლ იყო, ფოსფატების 85 % დაილექა, ხოლო 2,7 მგ/ლ კონცენტრაციისას (მრუდი 4) კოაგულანტის იმავე დოზის დროს P-PO₄-ის კონცენტრაცია 0,6 მგ/ლ-მდე შემცირდა. ამასთან, დალექვის ეფექტიც უფრო მცირე იყო და 77 %-ს შეადგენდა, რაც, სავარაუდოდ, შეწონილი ნაწილაკების სიმცირემ გამოიწვია.

ჩატარებული კვლევის შედეგები ცხადყოფს, რომ ბათუმის წყალსარინი საწმენდი ნაგებობის საბოლოო სალექარების წყალში შეწონილი ნაწილაკების რაოდენობის ზრდით ფოსფატების დალექვის ეფექტიანობა იზრდება, რაც სიახლეს წარმოადგენს, რადგან ლიტერატურული მონაცემებით საბოლოო სალექარების წყალში შეწონილი ნაწილაკების კონცენტრაციის ზრდით ფოსფატების დასალექავად გამოყენებული კოაგულანტის ხარჯი იზრდება [3].

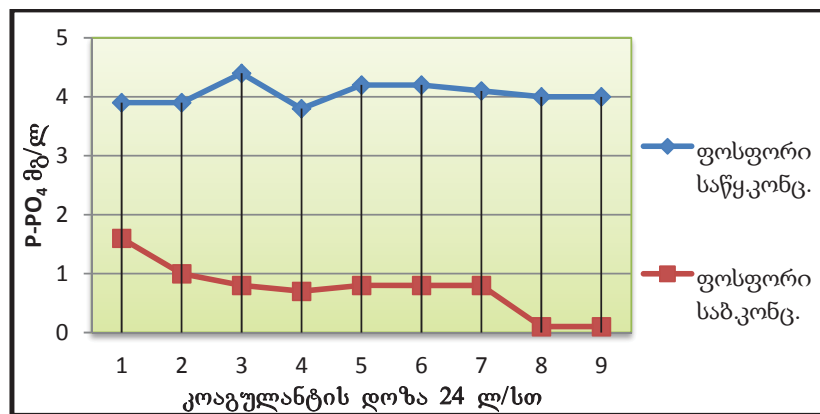
ჩვენ მიერ მიღებული შედეგები შეიძლება შემდგენიარად აიხსნას. მეორეულ სალექარებში არსებული შეწონილი ნაწილაკები ბიოფილტრებიდან ჩამორეცხილი შლამის ნაწილაკებია. ეს არის ჰეტეროგენული მრავალფაზური სისტემა, რომელშიც დისპერსიული არეა ბიოლოგიურად გაწმენდილი წყალი, ხოლო დისპერსიული ფაზის ძირითადი კომპონენტი – აქტიური შლამის ფიფქები, რომლებიც ფორმირებულია რთული სამდონიანი უჯრედული სტრუქტურის სახით და გარშემორტყმულია ბიოპოლიმერული შედგენილობის ეგზოუჯრედული ნივთიერებით [5]. შლამის ნარევის, როგორც დისპერსიული სისტემის, მნიშვნელოვანი თვისებაა აგრეგატული არამდგრადობა, რომელიც გამოიხატება აქტიური შლამის ფიფქების დიამეტრის ცვლილებით 20–300 მკმ ზღვრებში ტურბულენტური შერევის ინტენსიურობისაგან დამოკიდებულებით. რეაგენტის ხემოქმედების შედეგად, სავარაუდოდ, ალუმინის ჰიდროქსიდის განვითარებულ ზედაპირზე მიმდინარეობს მათი აგრეგირება და ალუმინის ფოსფატის წერილდისპერსიული ნალექის ადსორბირება. აქტიური შლამის ფიფქები რეაგენტთან ურთიერთქმედებით წარმოქმნის უფრო მსხვილ აგრეგირებულ ნაწილაკებს, რაც განაპირობებს გამსხვილებული ნაწილაკების სწრაფ დალექვას სიმძიმის ძალით. აქტიური შლამის ფიფქების აგრეგაციის მსგავსი სურათი აღწერილია მე-[6] ნაშრომში.

კვლევის შემდეგი ეტაპი ითვალისწინებდა PACS-ის და PAFCL-ის ტესტირებას საწარმოო პირობებში – ბათუმის წყალსარინი საწმენდი ნაგებობის საბოლოო სალექარში. ფოსფატების დასალექავად კოაგულანტის რაოდენობის თეორიული გათვლა მოხდა ლაბორატორიული ექსპერიმენტით მიღებული შედეგების და ნაგებობაზე მეორეულ სალექარებში შემავალი წყლის ხარჯის (100–120 ლ/წმ) გათვალისწინებით და შეადგენდა 18–22 ლ-ს PACS-ის, ხოლო 3–38 ლ/სთ-ს PAFCL-ის შემთხვევაში. კოაგულანტის საწარმოო გამოცდა მიმდინარეობდა 5 დღის განმავლობაში და დაიხარჯა 2 მ³ PAFCL. დაკვირვების შედეგები მოცემულია მე-4 ნახ-ზე.



ნახ. 4. ფოსფატების დალექვის შედეგები საბოლოო სალექარში

როგორც მე-4 ნახ-ზე მოცემული დიაგრამიდან ჩანს, ფოსფატების დალექვის სასურველი შედეგი მიღებული იყო 38 ლ/სთ კოაგულანტის დოზირებით, რაც სრულ თანხედრაში თეორიულად გათვლილ შედეგებთან. ცნობილია, რომ კოაგულანტს წყალში მაქსიმალურად განზაგებისათვის და მაკროფიფების წარმოსაქმნელად ესაჭიროება დრო. კოაგულანტის 38 ლ/სთ დოზირებისას ეს პროცესი 8 სთ-ში დაიწყო. P-PO₄-ის საწყისი კონცენტრაცია 4,2 მგ/ლ-დან შემცირდა 0,6 მგ/ლ-მდე, ხოლო დალექვის ხარისხი 86 %-ს შეადგენდა. ამასთან, მოხდა ნიტრიფიკაციის სტიმულაცია, რაც დადებითად აისახება წყლის გაწმენდის საბოლოო ხარისხზე. კოაგულანტის ტესტირებისას დადგინდა, რომ საბოლოო სალექარში შემაჯავ წყალში შეწონილი ნაწილაკების მაღალი კონცენტრაციების დროს ფოსფატების დალექვა უფრო უკეთესად მიმდინარეობს, ვიდრე მათი დაბალი შემცველობისას. ასევე ეფექტურად წარიმართა ფოსფატების დალექვა საბოლოო სალექარში PACS-ის გამოყენებით. ფოსფატების დასალექავად საბოლოო სალექარში მოხდა 2 მ³ კოაგულანტის ტესტირება. ფოსფატების დალექვის სასურველი შედეგი მიღწეულ იქნა კოაგულანტის 24 ლ/სთ დოზირებით. ექსპერიმენტით მიღებული შედეგები მოცემულია მე-5 ნახ-ზე.



ნახ. 5. ფოსფატების დალექვის შედეგები მეორეულ სალექარში PACS-ის გამოყენებით

ამ ნახაზის მიხედვით კარგად ჩანს რომ 24 ლ/სთ კოაგულანტის დოზირებისას ეფექტური დალექვა დოზირებიდან დაახლოებით 6 სთ-ში დაიწყო და პიკს 24 სთ-ში მიაღწია, როცა P-PO₄-ის ნარჩენი კონცენტრაცია 0,1 მგ/ლ-ს შეადგენდა. კოაგულანტის დოზირების საწყის ეტაპზე დალექვის ხარისხი 59 %-ს, ხოლო ბოლოს 98 %-ს აღწევდა. კოაგულანტის დოზირებისას 24 ლ/სთ-ის განმავლობაში ფოსფატების დალექვის ხარისხი მატულობდა. შესაბამისად, ბათუმის წყალსარინების საწმენდ ნაგებობაზე ფოსფატების დალექვის დაწერვის შემდეგ დროთა განმავლობაში კოაგულანტის წყალში კარგად შერევის შემდეგ გაწმენდის სასურველი შედეგის მიღწევა შესაძლებელი იქნება მისი უფრო მცირე დოზით გამოყენების შემთხვევაში.

დასკვნა

ჩატარებული კვლევების შედეგად დადგენილია, რომ ბათუმის წყალსარინების საწმენდ ნაგებობაზე ჩამდინარი წყლების ფოსფორისაგან გასაწმენდად გამოყენებულ რეაგენტებს შორის ყველაზე ეფექტური აღმოჩნდა PACS-ის და PAFCL-ის გამოყენება. განსაზღვრულია მათი ოპტიმალური დოზები. P-PO₄-ის ზღვის 1 მგ/ლ-მდე მისაღწევად ჩატარდა მათი ტესტირება საწარმოო პირობებში საწმენდი ნაგებობის საბოლოო სალექარში და მიღებულია ლაბორატორიულ კვლევებთან თანმხვედრი შედეგები. PAFCL-ის 38 ლ/სთ დოზირება 16 სთ-ის განმავლობაში გაგრძელდა და დალექვის შემდეგ P-PO₄-ის კონცენტრაცია შემცირდა 0,6 მგ/ლ-მდე. PACS-ის გამოყენებით 24 სთ-ის განმავლობაში მოხდა P-PO₄-ის კონცენტრაციის 0,1 მგ/ლ-მდე შემცირება.

მიღებული შედეგებით ჩამდინარი წყლების დეფოსფორაციის მიზნით PAFCL-ის გამოყენება უზრუნველყოფს ბიოფილტრებზე ნიტრიფიკაციის ეფექტიანობის ზრდას. საბოლოო სალექარების წყალში შეწონილი ნაწილაკების (ბიოფილტრიდან ჩამორეცხილი აქტიური შლამის ფიფქების) რაოდენობის ზრდით კი იზრდება ფოსფატების დალექვის ეფექტიანობა.

ზემოთ განხილული კვლევა, რომელიც მიზნად ისახავდა ბათუმის საწმენდი ნაგებობის ჩამდინარი წყლების ფოსფორისაგან გაწმენდას, მეტად მნიშვნელოვანია გარემოს დაცვის თვალსაზრისით, რადგან ზღვის წყალში ფოსფორი ეუტროფიციერების განვითარების „ლიმიტირებადი“ ფაქტორია. მისი დიდი რაოდენობით მომატება სანაპირო ბიოცენოზების დეგრადაციას იწვევს, რაც ნეგატიურად აისახება წყლის მდგომარეობაზე სანაპირო ზოლში.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Цианобактерии в биосфере www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9609_033.pdf
2. P. Baumann, T. Bosler, M. Eschenhagen, Ch. Locher, P. Mauer, R. Schneider. Grundlagen für den Betrieb von Belebungsanlagen mit gezielter Stickstoff- und Phosphorelimination. 4 Auflage. DWA Verlag Landesverband Baden-Württemberg, 2016.
3. Драгинский В. Л., Алексеева Л. П. Методика проведения технологических изысканий и моделирования процессов очистки воды на водопроводных станциях. М.: ОАО „НИИ КВОВ“ ООО „Водкомунтех“, 2001.
4. LCK 348 Phosphate, DOC 312.53.94020, HACH LANGE GMBH
5. Вторичные отстойники – Очистка сточных вод – Строй-Справка.ру stroy-spravka.ru/article/vtorichnye-otstoiniki
6. Спроткин А. С. и др. Очистка сточных вод от фосфора//Промышленная экологическая безопасность охрана труда, № 2, 2015.

ENVIRONMENTAL PROTECTION

TO REMOVE THE PHOSPHORUS FROM THE WASTE-WATER AT BATUMI WASTE-WATER TREATMENT PLANT IN ORDER TO PROTECT THE BLACK SEA FROM THE EUTROPHICATION

M. Gvianidze, E. Shengelia, N. Lomtavidze

(LLC "Batumi Water", Georgian Technical University, Shota Rustaveli State University)

Resume: In order to reduce of the Black Sea biodiversity, protection and eutrophication process, it was planned to clean the water from phosphorus by the chemical method at Batumi waste-water treatment plant, for which the laboratory surveys conducted by us were envisaged to select effective coagulant and to determine its optimal dose and manufacturing studies provided to test the selected coagulant in the Final sedimentation tank at Batumi waste-water treatment plant.

As a result of the conducted research, it was established, that among the reagents used to remove the phosphorus from the waste-water at Batumi waste-water treatment plant it is the most effective to use PACS and PAFCL. Their optimal doses are determined to reach P-PO₄ MPC (maximum permissible concentrations) up to 1 mg/L, their testing was conducted in the production conditions in the final sedimentation tank of the waste-water treatment plant and the concomitant results with laboratory studies have been obtained. According to the received results, the usage of PAFCL for the purpose of dephosphatization of the waste-water ensures the increase of the efficiency of nitrification on trickling filters. By increasing the amount of the suspended solids in final sedimentation tank, which are represented, as the activated sludge scoured from the trickling filter, the effectiveness of phosphate precipitation is increased.

Key words: coagulant; dispersion; eutrophication; phosphorus; sedimentation; silt; weighted particles.

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФОСФОРА НА ОЧИСТИТЕЛЬНОМ СООРУЖЕНИИ ВОДОСТОКОВ БАТУМИ С ЦЕЛЬЮ ЗАЩИТЫ ЧЕРНОГО МОРЯ ОТ ЭВТРОФИКАЦИИ

Гвианидзе М. Д., Шенгелия Е. Г., Ломтатидзе Н. Д.

(ООО «Батумис цкали», Грузинский технический университет, Государственный университет им. Шота Руставели)

Резюме. Для защиты биоразнообразия Черного моря и сокращения процесса эвтрофикации на очистительном сооружении водостокос Батуми была запланирована очистка воды от фосфора химическим методом, для чего проведенные нами лабораторные исследования предусматривали

подбор эффективного коагулянта и установление его оптимальной дозы, а производственные исследования – тестирование подобранного коагулянта в конечных отстойниках очистительного сооружения Батуми.

В результате проведенных исследований было установлено, что для очистки сточных вод от фосфора на очистительном сооружении водостоков Батуми самым эффективным среди примененных реагентов является применение PACS-а и PAFCL.

Определены их оптимальные дозы для достижения P-PO₄ до 1 мг/л ПДК (предельно допустимая концентрация), их тестирование проведено в производственных условиях в конечном отстойнике очистительного сооружения и получены совпадающие с лабораторными исследованиями результаты. Полученными результатами применение PAFCL с целью дефосфоризации сточных вод обеспечит рост эффективности нитрификации на биофильтрах. Ростом количества взвешенных частиц в водах конечного отстойника, которые представляют собой снежинки смытого с биофильтра активного ила, возрастает эффективность оседания фосфатов.

Ключевые слова: взвешенные частицы; дисперсионная эвтрофикация; коагулянт; оседание; фосфор; шлам.