

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო-კვლევითი ერთეულის
სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობის

დანართი #1

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის/ფაკულტეტის
დამოუკიდებელი სამეცნიერო-კვლევითი ერთეულის სამეცნიერო-
კვლევითი საქმიანობის
თვითშეფასების ფორმა

დაწესებულების სახელწოდება	საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ორგანიზაციულ-სამართლებრივი ფორმა	საჯარო სამართლის იურიდიული პირი
დაწესებულების სახე	უნივერსიტეტი
საიდენტიფიკაციო კოდი	211349192
სამეცნიერო-კვლევითი ერთეულის/ფაკულტეტის სახელწოდება (ქართულ და ინგლისურ ენებზე)	მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი. Engineering Institute of Membrane Technologies.
საუნივერსიტეტო	☐
საფაკულტეტო	☐
მისამართი (ქუჩა, №, ქალაქი/მუნიციპალიტეტი, საფოსტო ინდექსი, ქვეყანა)	0159, თბილისი, ვაშლიჯვარი, ვ.თოფურიძის II გას. 1;
დაწესებულების ელ-ფოსტა	75 bibileishvili@gmail.com
ხელმძღვანელი	გიორგი ბიბილეიშვილი

მობილური ტელეფონი	599077575
ელ-ფოსტის მისამართი	

1. პროგრამული დაფინანსებით გათვალისწინებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები (სამეცნიერო-კვლევითი მუშაობის გეგმა)

შენიშვნა: ივსება მხოლოდ უნივერსიტეტის დამოუკიდებელი სამეცნიერო-კვლევითი ერთეულის (სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის) მიერ

1) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მიხედვით

1. პროექტი I - მემბრანული მეცნიერებებისა და ინდუსტრიის სასწავლო, სამეცნიერო და საინოვაციო საქმიანობის თანამედროვე ასპექტების მონიტორინგი ეკონომიკის დარგობრივი მიმართულებების მიხედვით; საინჟინრო მეცნიერებები - ნანო და მემბრანული ტექნოლოგიები;

2. პროექტი II - ახალი ნანოკომპოზიციური მასალების ექსპერიმენტული კვლევა, დამუშავება, მიკრო-, ულტრა- და ნანოფილტრაციული მემბრანების დამუშავება და შექმნა; ქიმიური და მეცნიერება მასალების შესახებ - ნანოკომპოზიციური მასალების დამუშავება;

3. პროექტი III - ცვალებადი შედგენილობისა და სიბლანტის ხსნარებისათვის ბარომემბრანული პროცესების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა; 1. საინჟინრო მეცნიერებები - ნანო და მემბრანული ტექნოლოგიები; 2. ქიმიური მეცნიერებები - კოლოიდური ქიმია, ანალიზური ქიმია; 3. მექანიკა - სითხეთა მექანიკა;

4. პროექტი IV - საცდელ - საკონსტრუქტორო - საინჟინრო სამუშაოები მემბრანული აპარატების, ავტომატიზაციის, ნანოტექნოლოგიებისა და დანადგარების დამუშავებისათვის; 1. საინჟინრო მეცნიერებები - ნანო და მემბრანული ტექნოლოგიები; 2. მექანიკა - სითხეთა მექანიკა;

5. პროექტი V - ხსნარების, პოლიმერული კომპოზიციების თხევადი და მყარი ფაზის ფიზიკურ - ქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევები; ქიმიური და მეცნიერება მასალების შესახებ - ადამიანისა და ბიოსფეროს ქიმიური დაცვის პრობლემათა დამუშავება;

2) პროექტის დაწყებისა და დამთავრების წლები

1. პროექტი I – 2021 – 2026;

2. პროექტი II – 2021 – 2026;

3. პროექტი III – 2021 – 2026;

4. პროექტი IV – 2021 – 2026;

5. პროექტი V – 2021 – 2026;

3) პროექტის შესრულებაში მონაწილე პერსონალი (თითოეულის როლის მიხედვით)

1. პროექტი I - გ. ბიბილეიშვილი - ხელმძღვანელი; შემსრულებლები: ე. კაკაბაძე, ზ. ჯავაშვილი, ა. გასიტაშვილი, გ. ბუთხუზი, ი. გოგიბერიძე, გ. ექვთიმიშვილი, ვ. თათევოსიანი.

2. პროექტი II - ნ. გოგესაშვილი - ხელმძღვანელი; შემსრულებლები: ე. კაკაბაძე, ზ. ჯავაშვილი, ა. გასიტაშვილი, გ. ბუთხუზი, ი. გოგიბერიძე, გ. ექვთიმიშვილი, ვ. თათევოსიანი.

3. პროექტი III - მ. კეჭერაშვილი - ხელმძღვანელი; შემსრულებლები: ე. კაკაბაძე, ზ. ჯავაშვილი, ა. გასიტაშვილი, გ. ბუთხუზი, ი. გოგიბერიძე, გ. ექვთიმიშვილი, ვ. თათევოსიანი.

4. პროექტი IV - ლ. ყუფარაძე - ხელმძღვანელი; შემსრულებლები: ე. კაკაბაძე, ზ. ჯავაშვილი, ა. გასიტაშვილი, გ. ბუთხუზი, ი. გოგიბერიძე, გ. ექვთიმიშვილი, ვ. თათევოსიანი.

5. პროექტი V - ლ. ებანოიძე - ხელმძღვანელი;

მ. მამულაშვილი - I მიმართულების ხელმძღვანელი; შემსრულებლები: ე. კაკაბაძე, ზ. ჯავაშვილი, ა. გასიტაშვილი, გ. ბუთხუზი, ი. გოგიბერიძე, გ. ექვთიმიშვილი, ვ. თათევოსიანი.

თ. ბუთხუზი - II მიმართულების ხელმძღვანელი; შემსრულებლები: ე. კაკაბაძე, ზ. ჯავაშვილი, ა. გასიტაშვილი, გ. ბუთხუზი, ი. გოგიბერიძე, გ. ექვთიმიშვილი, ვ. თათევოსიანი.
ლ. ებანოძე - III მიმართულების ხელმძღვანელი; შემსრულებლები: ე. კაკაბაძე, ზ. ჯავაშვილი, ა. გასიტაშვილი, გ. ბუთხუზი, ი. გოგიბერიძე, გ. ექვთიმიშვილი, ვ. თათევოსიანი.

კვლევითი პროექტის 20-- წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

1¹. სამეცნიერო ან სასწავლო ერთეულის პერსონალის მიერ შესრულებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

შენიშვნა: ივსება მხოლოდ უნივერსიტეტის სასწავლო ერთეულის მიერ

1.1.

1) გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით

1.

2.

2) პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები

1.

2.

3) პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)

1.

2.

გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 20-- წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

1.2.

1) დასრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით

1.

2.

2) პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები

1.

2.

3) პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)

1.

2.

დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

2. პროგრამული დაფინანსებით გათვალისწინებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტების შესრულების შედეგები

შენიშვნა: ივსება მხოლოდ უნივერსიტეტის დამოუკიდებელი სამეცნიერო-კვლევითი ერთეულის (სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის) მიერ

2.1.

1) გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით

1. პროექტი I - მემბრანული მეცნიერებებისა და ინდუსტრიის სასწავლო, სამეცნიერო და საინოვაციო საქმიანობის თანამედროვე ასპექტების მონიტორინგი ეკონომიკის დარგობრივი მიმართულებების მიხედვით; საინჟინრო მეცნიერებები - ნანო და მემბრანული ტექნოლოგიები;
2. პროექტი II - ახალი ნანოკომპოზიციური მასალების ექსპერიმენტული კვლევა, დამუშავება, მიკრო-, ულტრა- და ნანოფილტრაციული მემბრანების დამუშავება და შექმნა; ქიმია და მეცნიერება მასალების შესახებ - ნანოკომპოზიციური მასალების დამუშავება;
3. პროექტი III - ცვალებადი შედგენილობისა და სიბლანტის ხსნარებისათვის ბარომემბრანული პროცესების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა; 1. საინჟინრო მეცნიერებები - ნანო და მემბრანული ტექნოლოგიები; 2. ქიმიური მეცნიერებები - კოლოიდური ქიმია, ანალიზური ქიმია;
3. მექანიკა - სითხეთა მექანიკა;
4. პროექტი IV - საცდელ - საკონსტრუქტორო - საინჟინრო სამუშაოები მემბრანული აპარატების, ავტომატიზაციის, ნანოტექნოლოგიებისა და დანადგარების დამუშავებისათვის; 1. საინჟინრო მეცნიერებები - ნანო და მემბრანული ტექნოლოგიები; 2. მექანიკა - სითხეთა მექანიკა;
5. პროექტი V - ხსნარების, პოლიმერული კომპოზიციების თხევადი და მყარი ფაზის ფიზიკურ - ქიმიური და მიკრობიოლოგიური კვლევები; ქიმია და მეცნიერება მასალების შესახებ - ადამიანისა და ბიოსფეროს ქიმიური დაცვის პრობლემათა დამუშავება;

2) პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები

1. პროექტი I – 2021 – 2026;
2. პროექტი II – 2021 – 2026;
3. პროექტი III – 2021 – 2026;
4. პროექტი IV – 2021 – 2026;
5. პროექტი V – 2021 – 2026;

3) პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)

1. პროექტი I - გ. ბიბილეიშვილი - ხელმძღვანელი; შემსრულებლები: ე. კაკაბაძე, ზ. ჯავაშვილი, ა. გასიტაშვილი, გ. ბუთხუზი, ი. გოგიბერიძე, გ. ექვთიმიშვილი, ვ. თათევოსიანი.
2. პროექტი II - ნ. გოგესაშვილი - ხელმძღვანელი; შემსრულებლები: ე. კაკაბაძე, ზ. ჯავაშვილი, ა. გასიტაშვილი, გ. ბუთხუზი, ი. გოგიბერიძე, გ. ექვთიმიშვილი, ვ. თათევოსიანი.
3. პროექტი III - მ. კეჟერაშვილი - ხელმძღვანელი; შემსრულებლები: ე. კაკაბაძე, ზ. ჯავაშვილი, ა. გასიტაშვილი, გ. ბუთხუზი, ი. გოგიბერიძე, გ. ექვთიმიშვილი, ვ. თათევოსიანი.
4. პროექტი IV - ლ. ყუფარაძე - ხელმძღვანელი; შემსრულებლები: ე. კაკაბაძე, ზ. ჯავაშვილი, ა. გასიტაშვილი, გ. ბუთხუზი, ი. გოგიბერიძე, გ. ექვთიმიშვილი, ვ. თათევოსიანი.
5. პროექტი V - ლ. ებანოიძე - ხელმძღვანელი;

მ. მამულაშვილი - I მიმართულების ხელმძღვანელი; შემსრულებლები: ე. კაკაბაძე, ზ. ჯავაშვილი, ა. გასიტაშვილი, გ. ბუთხუზი, ი. გოგიბერიძე, გ. ექვთიმიშვილი, ვ. თათევოსიანი.

თ. ბუთხუზი - II მიმართულების ხელმძღვანელი; შემსრულებლები: ე. კაკაბაძე, ზ. ჯავაშვილი, ა. გასიტაშვილი, გ. ბუთხუზი, ი. გოგიბერიძე, გ. ექვთიმიშვილი, ვ. თათევოსიანი.

ლ. ებანოიძე - III მიმართულების ხელმძღვანელი; შემსრულებლები: ე. კაკაბაძე, ზ. ჯავაშვილი, ა. გასიტაშვილი, გ. ბუთხუზი, ი. გოგიბერიძე, გ. ექვთიმიშვილი, ვ. თათევოსიანი.

გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2023 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

პროექტი I.

2023წ.

მიმართულება I

ნანოფილტრაციული მემბრანები სათანადო მემბრანული ტექნოლოგიების დამუშავების ბაზაზე შესაძლებელს ხდის გაიყოს ნატრიუმის, მაგნიუმის, კალციუმის, ქლორის, ფტორის და კალიუმის იონები ცოცხალ ორგანიზმში ბიოლოგიური მემბრანების მსგავსად.

ნანომასალათა შორის, ფოროვან ნანოფილტრაციულ მემბრანებს უკავიათ განსაკუთრებული მდგომარეობა. ამას განაპირობებს შემდეგი ძირითადი მიზეზები: მემბრანები არიან ტიპიური ნანოსტრუქტურები, რომლებიც წარმოადგენენ სამგანზომილებიან შეკავშირებას ან ცალკეულ ნანოფორებს მატრიცულ, პოლიმერულ ან არაორგანულ ჩარჩოში; მემბრანების თხელი სელექტიური ფენები (შრეები), რომლებშიც ძირითადად ფუნქციონირებენ ნანოფორები, ხშირად თვითონ წარმოადგენენ ნანოფენას სისქით 100 ნმ-დე;

ნანოფილტრაცია უზრუნველყოფს ხსნარის გაყოფის იმ ამოცანების გადაწყვეტას, რომელიც შეუძლია უკუოსმოსის და ულტრაფილტრაციის პროცესებს; ეს ეხება მარილების (მონოვალენტური კათიონებით და ანიონებით) გაყოფის შესაძლებლობას, აგრეთვე ორგანული ნივთიერებების მოცილებას მოლეკულური მასით 200 დალტონის ზევით. ნანოფილტრაციის გამოყენებით შესაძლებელია შემცირდეს წყლის ფერი (75-90%-ით), დამყანგველობა (50-80%-ით), სიხისტე (50-80%-ით), მიკროელემენტების შემცველობა, მთლიანად მოცილდეს მიკროფლორა, განხორციელდეს წყლის ნაწილობრივი დემინერალიზაცია. ნანოფილტრაცია იძლევა წყალმომზადების სისტემებით წყლის დემინერალიზაციის სასურველი დონის დამუშავების შესაძლებლობას.

ნანოფილტრაციის ეფექტურად გამოყენება შესაძლებელია მიწისქვეშა და ზედაპირული წყლების გაწმენდა-გაუსწებოვნებისა და სათანადო ხარისხით დემინერალიზაციისთვის.

სინათლის განბნევის დინამიკური მეთოდი ანუ იგივე ფოტონური კორელაციური სპექტროსკოპია არის მძლავრი ინსტრუმენტი ხსნარში მაკრომოლეკულების ჰიდროდინამიური რადიუსების განსაზღვრისათვის, რომლებიც დამოკიდებულია მაკრომოლეკულების ზომებზე, ფორმებზე და წარმოიქმნება სიმკვრივისა და კონცენტრაციის ფლუქტუაციის შედეგად, რომელთა დარეგისტრირება შესაძლებელია თანამედროვე მეთოდებით უახლესი ანალიზატორების გამოყენებით. პოლიმერულ ხსნარში კომფორმაციული ცვლილებების შესასწავლად კვლევითი ექსპერიმენტები ჩატარებული იქნა ნანონაწილაკების ზომის განმსაზღვრელ ანალიზატორზე Zetasizer Nano ZS90, სინათლის განბნევის დინამიური მეთოდით (DLS).

აღნიშნულ მეთოდში მიჩნეულია, რომ ხსნარებში ნაწილაკები წარმოადგენენ იდეალურ მყარ სფეროებს. ცნობილია, რომ პოლიმერებს კარგ გამხსნელებში გააჩნიათ გაფართოებული გორგლის ფორმა. ამ მეთოდით განსაზღვრული გახსნილი ნაწილაკების რადიუსი წარმოადგენს წარმოსახვით ჰიდროდინამიკურ რადიუსს. ასევე, პოლიმერებს გააჩნიათ გლობულარული კონფორმაციები და ამ პირობებში ხსნარებში მოქმედი მოლეკულათაშორისო მიზიდულობის ძალების გამოწვევით ნაწილაკების ზომების განსაზღვრა არატრივიალური ამოცანაა, რადგან კონცენტრირებულ ხსნარებში ნაწილაკების ზომის გაზომვა რთულია მრავალჯერადი გაფანტვის ან სინათლის ძლიერი აბსორბციის ეფექტის გამო. ამიტომ, ექსპერიმენტები ჩატარებული იქნა განსხვავებული კონცენტრაციის განზავებულ ხსნარებზე ნაწილაკის ზომების, დისპერსიულობის ხარისხისა და გარდატეხის მაჩვენებლების მნიშვნელობების განსაზღვრით.

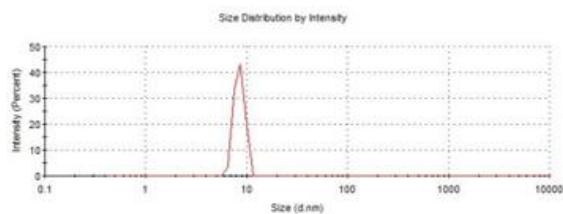
არომატული პოლიამიდი გახსნილი იქნა CaCl_2 - ის 5%-იან ხსნარში დიმეთილაცეტამიდში(დმა). პოლიმერის გახსნა წარმოებდა 100მლ-ან კოლბაში, რომელშიც მოთავსებული იყო CaCl_2 - ის 5%-იან ხსნარი დიმეთილაცეტამიდში. პროცესი მიმდინარეობდა 7სთ-ის განმავლობაში 55°C -ზე გაცხელებით, მაგნიტური სარევალათი მუდმივი მორევის პირობებში. მიღებული იქნა ჰომოგენური პოლიმერული კომპოზიცია კონცენტრაციით 26,3გ/ლ, რომელიც მეორე დღეს მუდმივი მორევის პირობებში, განზავებული იქნა 30მლ გამხსნელით და ხსნარში პოლიმერის კონცენტრაცია გახდა 12,8გ/ლ.

განზავებულ კომპოზიციაში ნაწონაწილაკების ზომების, ასევე, გარდატეხის მაჩვენებლების ცვლილება დროსთან მიმართებაში მოცემულია ცხრილში 1.

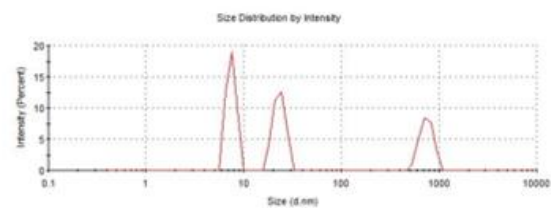
ცხრილი 1. პოლიმერული ხსნარების გარდატეხის მაჩვენებლებისა და ნაწილაკის ზომების ინტენსივობის პროცენტული მაჩვენებლები.

ნიმუშების აღების დღეები	პოლიმერული ხსნარის კონც. გ/ლ	გარდატეხის მაჩვენებელი n	ნაწილაკის ზომა (ნმ)	ინტენს.%	PDI	Z-Ave
2.10.23	26,3	1,4441	P1=8,525	100	0,695	341,9
3. 10.23	12,8	1,4323	P1=7,496 P2=23,18 P3=754,3	41,2 33,9 24,9	0,382	139,5
4.10.23		1,4331	P1=1346 P2=10,89	94,6 5,4	0,411	1060
5.10.23		1,4358	P1=1573	100	0,261	1297
6.10.23		1,4367	P1=1494	100	0,132	1315
9.10.23		1,4457	P1=1884 P2=634,1	98,9 1,1	0,269	1487
10.10.23		1,4331	P1=1673	100	0,228	1431
11.10.23		1,4331	P1=1545	100	0,271	1284
16.10.23		1,4329	P1=1486	100	0,300	1187
17.10.23		1,4331	P1=1581	100	0,271	1290
23.10.23		1,4321	P1=1612 P2=13,97	90,7 9,3	0,689	960,5
24.10.23		1,4331	P1=1467	100	0,374	1417
25.10.23		1,4322	P1=1793	100	0,308	1618

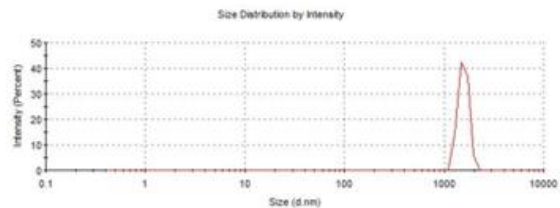
კომპოზიციაში არსებული ნაწონაწილაკების ზომების განაწილების ინტენსივობის DLS მრუდები მოცემულია სურათზე 1.



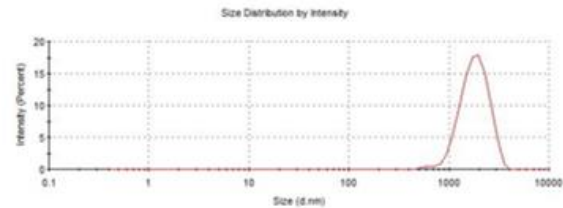
სურათი 1.ა



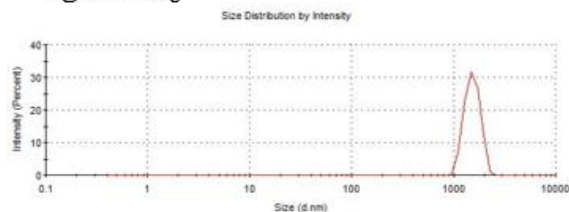
სურათი 1.ბ



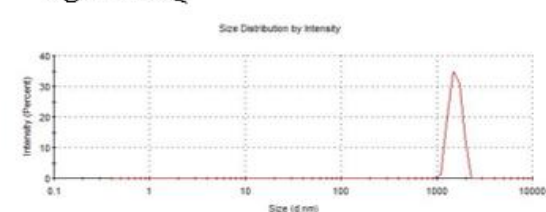
სურათი 1.გ



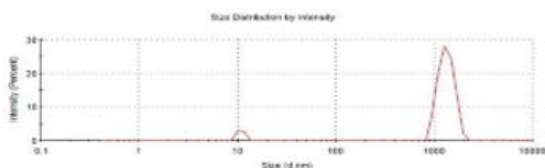
სურათი 1.დ



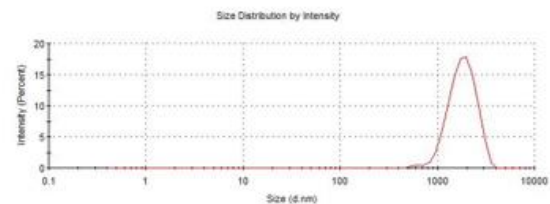
სურათი 1.ე.



სურათი 1.ვ.

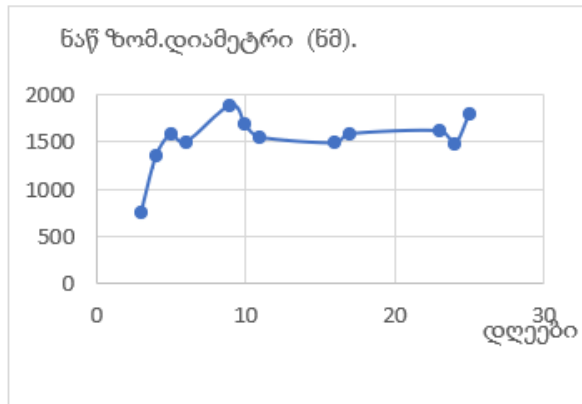


სურათი 1.ზ.

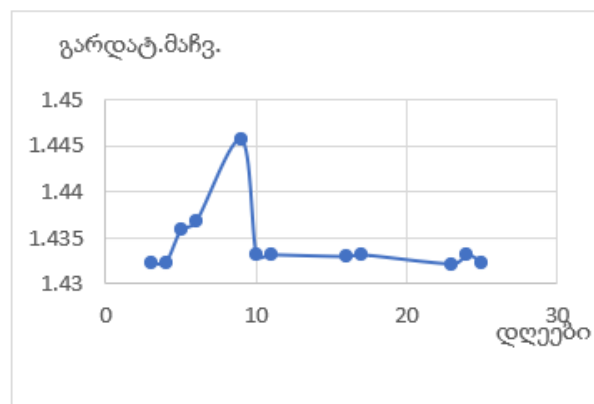


სურათი 1.თ

სურათზე 1.ა მოცემულია, კონცენტრირებულ პოლიმერულ კომპოზიციაში (პოლ/დმაა/ CaCl_2) არსებული ნანონაწილაკების ზომების ინტენსივობის განაწილების (DLS) მრუდი, რომელზეც დაფიქსირებულია, მხოლოდ 8,5ნმ ზომის ნაწილაკების არსებობა. სურათზე 1.ბ წარმოდგენილია, კომპოზიციაში განზავების შედეგად პოლიმერის კონფორმაციული ცვლილებით გამოწვეული ნანონაწილაკების ზომების ცვლილება, რაც გამოისახა განაწილების ინტენსივობის მრუდზე სამი პიკის წარმოქმნით და ნაწილაკების ზომის მნიშვნელობების ზრდით. განზავების შედეგად მიღებულ ხსნარში შესწავლილი იქნა ნაწილაკების ზომის მნიშვნელობები კვლევის ოცდამეცხრამედიან მონაკვეთში. მე-5 დღეს ადგილი ჰქონდა ნაწილაკის ზომის ზრდას 1500 ნმ-მდე (სურათი1.გ), ხოლო ნაწილაკის ზომის მნიშვნელობისა და ასევე, გარდატეხის მაჩვენებლის მაქსიმუმი აღინიშნა მე-7 დღეს (სურათი1.დ, სურათი1.ბ). შემდგომი 16 დღის განმავლობაში ნაწილაკის ზომები იცვლებოდა 1434ნმ-დან 1793 ნმ-მდე ფარგლებში (სურათი 1. ე,ვ,ზ,თ). კვლევის მე-7დღეს ხსნარის გარდატეხის მაჩვენებელმაც მიაღწია მაქსიმუმს (სურათი 3).



სურათი 2. ნანონაწილაკის ზომის ცვლილება დროში



სურათი 3. კომპოზიციის გარდატეხის მაჩვენებლების ცვლილება დროში

კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ პოლიმერული ხსნარების სინათლის განხილვის დინამიკური მეთოდით შესწავლა მნიშვნელოვან ინფორმაციას იძლევა განზავებისას ხსნარებში არსებული ნანონაწილაკების ზომებისა და კონფორმაციული ცვლილებების შესახებ. პოლიმერის ზომებზე და კონფიგურაციაზე გავლენას ახდენს ჰიდრატირებული, არაჰიდრატირებული წყალბადური ბმები, არაჰიდრატირებული ჰიდროფობიური ურთიერთქმედების კომბინირებული ეფექტები. ჰიდრატირებული წყალბადის კავშირები ინარჩუნებენ ერთი მოლეკულური ჯაჭვის ზომასა და სტრუქტურას, არაჰიდრატირებული წყალბადის კავშირები და ჰიდროფობიური ურთიერთქმედება იწვევს შიგამოლეკულურ კოლაფსს და მოლეკულათშორის აგრეგაციას, ნაწილაკის ზომების მკვეთრ მატებას, ხოლო ელექტროსტატული განზიდვა, ამცირებს თანაპოლიმერების აგლომერაციის ხარისხს. მიღებული კვლევის მეთოდოლოგია შესაძლებელია გამოყენებული იქნას პოლიმერული კომპოზიციებიდან ფაზური ინვერსიის მეთოდით ნანოფილტრაციული მემბრანების მისაღებად, სადაც მემბრანების სელექტიურობა დგინდება 0,2% $MgSO_4$ და 0,15% $NaCl$ ხსნარის მიმართ.

ჩატარდა სემინარი და ვორკშოპი შ.პ.ს. „კახური ტრადიციების“ წარმომადგენლების მონაწილეობით, ნანოფილტრაციული მემბრანების და მემბრანული აპარატების სათანადო ტექნოლოგიური სტანდარტის დამუშავების შესახებ.

გამოიცა სტატია: პოლიმერის კონფორმაციის ცვლილების შესწავლის სტანდარტული მეთოდოლოგია.

მიმართულება II

1. მემბრანებისა და ბარომემბრანული პროცესების კვლევის საკითხები შეეხება: ხსნარების გაწმენდას, გაკრიალებას, ფრაქციონირებას, სტერილიზაციას და კონცენტრირებას ულტრაფილტრაციული მეთოდის გამოყენებით. ასევე, ბუნებრივი წყლის დამუშავებას, მემბრანული დანადგარების და საფილტრაციო პოლიმერული მემბრანების შექმნისა და გამოყენების პროცესებს.

ჩვენ მიერ დამუშავებულია ბუნებრივი წყლის გაწმენდი და მემბრანული ფილტრაციის მოწყობილობები, წყლის დამუშავების მეთოდი. გამოგონება ეხება ბუნებრივ წყალში არსებული მინარევების მოცილებას ულტრაფილტრაციული მემბრანების გამოყენებით. ულტრაფილტრაციული პროცესი არის წყლის გაწმენდის ყველაზე ეფექტური და ეკონომიური საშუალება.

ქვემოთ მოყვანილია მემბრანების შექმნისა და ბარომემბრანული პროცესების კვლევის ზოგიერთი მეთოდი, როგორც ჩვენ მიერ დამუშავებული ასევე, საერთაშორისო პატენტებში მოცემული. აღნიშნული გამოცდილების ანალიზი ხელს უწყობს თანამედროვე ტიპის მემბრანების შექმნას და ბარომემბრანული გაყოფის პროცესების კვლევის ოპტიმიზაციას.

Internal pressure type ultrafiltration membrane separation water purification system and method - გამოგონება [1] იხილავს შიდა წნევის ტიპის ულტრაფილტრაციული მემბრანის წყლის გაწმენდ სისტემას და მეთოდს, რომელიც მოიცავს სალექარ ავზს, შიდა წნევის ტიპის ულტრაფილტრაციული მემბრანის

ფილტრაციის მექანიზმს, ორ დასუფთავების მექანიზმს, გაუფილტრავი წყლის ავზს და კონტროლის მექანიზმს;

დაბინძურებული ულტრაფილტრაციული მემბრანის ტუტე ხსნარით გაწმენდისას [2,4] შესაძლებელია ულტრაფილტრზე დარჩენილი ორგანული ნივთიერებების ამოღება, რაც აუმჯობესებს მემბრანის წარმადობას, წნევას, უზრუნველყოფს მემბრანის გამწმენდი სისტემის სტაბილურ მუშაობას.

გამოგონება - Remineralization of desalinated and of fresh water by dosing of a calcium carbonate solution in soft water - ეხება წყლის დამუშავების პროცესს და ამ პროცესში კალციუმის კარბონატის გამოყენებას. კერძოდ, წყლის რემინერალიზაციის პროცესს, რომელიც მოიცავს წყლისა და კალციუმის კარბონატის წყალხსნარის მიწოდების ეტაპებს.

პატენტებში განხილულია მარილიანი წყლებიდან, სასმელი წყლის ხარისხის მქონე მტკნარი წყლის წარმოების მეთოდის უზრუნველყოფა ულტრაფილტრაციული მემბრანული სისტემით.

Method for treatment of water containing humus matter for the production of drinking water with enhanced coagulation stage using inorganics polymers of AL and activated SiO_2 - გამოგონება ეხება ბუნებრივი წყლიდან ჰუმუსის ნივთიერების მოცილების მეთოდს სასმელი წყლის ხარისხის სტანდარტის მისაღებად, რომელშიც კოაგულაციის ეტაპზე გამოიყენება AL-ის არაორგანული პოლიმერები და გააქტიურებული SiO_2 კონტროლირებად pH დიაპაზონში. ამ მეთოდით წყალში ჰუმუსის შემცველობის შემცირების მაქსიმალური ეფექტი მიიღწევა ქიმიკატების მინიმალური მოხმარებით და სასმელ წყალში ნარჩენი ალუმინის უკიდურესად დაბალი შემცველობით. წყლის რესურსები აუცილებელია კაცობრიობის განვითარებისთვის, განსაკუთრებით სასმელი წყლის უსაფრთხოება, რომელიც პირდაპირ კავშირშია ადამიანების სიცოცხლესთან, ჯანმრთელობასთან. ბუნებრივი წყლის გამწმენდი მემბრანული ფილტრაციის მოწყობილობები, წყლის დამუშავების, ბუნებრივ წყალში შეწონილი ნაწილაკებისა და მინარევების მოცილების მეთოდები ულტრაფილტრაციული მემბრანების გამოყენებით დამუშავებულია პატენტებში. წარმოდგენილ პატენტებში მიმოხილულია მემბრანული დანადგარების შექმნისა და წყლის ულტრაფილტრაციული პროცესების კვლევის თანამედროვე გაუმჯობესებული მეთოდები მაღალი ხარისხის სასმელი წყლის მისაღებად.

2. შესწავლილია ადგილობრივი და საერთაშორისო პატენტების ბუნებრივი, მტკნარი წყლის ნანოფილტრაციული პროცესების კვლევის, მემბრანული დანადგარების, საფილტრაციო პოლიმერული მემბრანების შექმნისა და გამოყენების ზოგიერთი მეთოდი.

Nanofiltration membrane and manufacturing method therefor[1] - გამოგონება ეხება ნანოფილტრაციული მემბრანის შექმნის მეთოდს, რომელიც მზადდება პოლიამიდური ფისისგან, აქვს მოლეკულური წონა 200-1000Da და ეთანოლის შეღწევადობის სიჩქარე 0,03 ლ/(მ²·ბარ·სთ) ან მეტი.

გამოგონებაში -Preparation method of nanofiltration membrane and nanofiltration membrane prepared by same [2] - მოცემული მეთოდით მომზადებულ ნანოფილტრაციულ მემბრანას შეუძლია სტაბილური მუშაობა დიდი ხნის განმავლობაში მაღალი წარმადობის პირობებში.

გამოგონება - Nanofiltration composite membranes comprising self-assembled supramolecular separation layer [3] - ეხება ნანოფილტრაციულ (NF) კომპოზიციურ მემბრანებს, რომელიც შედგება მინიმუმ ერთი პოლიმერული ფოროვანი სადების და გამყოფი ფენისგან, რომელიც შედგება სუპრამოლეკულური მოლეკულებისაგან. ასეთი მემბრანების გამოყენებით შესაძლებელია მძიმე ლითონის კათიონების, არაორგანული ანიონებისა და ორგანული მცირე მოლეკულების გამოყოფა/ფილტრაცია/გაწმენდა, რომლებიც უზრუნველყოფენ ღრმად გაწმენდილ, კრისტალურად გამჭირვალე, სტერილურ, მაღალხარისხოვანი სასმელი წყლის მიღებას. ასიმეტრიული ინტეგრალური PAEK ნანოფილტრაციის მემბრანები განკუთვნილია ორგანული გამხსნელების ნანოფილტრაციისთვის. მათი გამოყენება და მომზადების მეთოდები წარმოდგენილია პატენტებში [4,6].

გამოგონება [5] ეხება პოლიმერული ნანოფილტრაციული მემბრანების დამზადების მეთოდს, რომელიც განკუთვნილია ორგანული მჟავების, სპირტების, სულფონური მჟავების, სულფონატების და სუსტი ფუძეებისაგან შერჩეული ნაერთების შემცველი სითხეებისთვის, დაბალი კონცენტრაციების და მაღალი ტემპერატურის პირობებში.

Method for operating freshwater production device [7]-ეხება მტკნარი წყლის მისაღები დანადგარის მუშაობის მეთოდს, რომელიც შესაძლებელს ხდის გაფილტრული წყლის სტაბილური მოცულობისა და ხარისხის შენარჩუნებას.

გამოგონებაში - A preparation method of poly(m-phenylene isophthalamide) hollow fiber nanofiltration membrane [8] - წარმოდგენილია პოლი(მ-ფენილენ იზოფთალამიდის) დრუფოროვანი, ბოჭკოვანი ნანოფილტრაციული მემბრანის მომზადების მეთოდი.

ბუნებრივი წყლის გამწმენდი მემბრანული ფილტრაციის მოწყობილობები, წყლის დამუშავების, ბუნებრივ წყალში შეწონილი ნაწილაკებისა და მინარევების მოცილების მეთოდები ნანოფილტრაციული მემბრანების გამოყენებით წარმოდგენილია პატენტებში [9,10].

მოძიებულ ადგილობრივ და საერთაშორისო საპატენტო ნამუშევრებში მიმოხილულია ბუნებრივი, მტკნარი წყლის მიღების პოლიმერული ნანოფილტრაციული მემბრანები, დანადგარები და პროცესები. კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ პოლიამიდის ბაზაზე დამზადებული მიკრო-, ულტრა- და ნანოფილტრაციული მემბრანები წარმატებით გამოიყენება წყლის საფილტრაციო დანადგარებში, ხასიათდება კარგი სატრანსპორტო თვისებებით, ექსპლოატაციის მაღალი ტემპერატურით, მყარი აგებულებითა და ჰიდროფილური ბუნებით. განხილული ადგილობრივი და საერთაშორისო საპატენტო ნამუშევრები ასახავს ბუნებრივი წყლების დამუშავების დარგობრივი სპეციფიკის არსებულ მდგომარეობას მსოფლიოში და განაპირობებს ინსტიტუტში მიმდინარე სამეცნიერო კვლევებისათვის სათანადო პრიორიტეტების გამოკვეთას.

ჩატარდა სემინარი ადგილობრივი და საერთაშორისო პატენტების განხილვის მიზნით ბუნებრივი, მტკნარი წყლის ნანოფილტრაციული პროცესით დამუშავების მიმართულებით.

გამოიცა 2 სტატია: 1. ბუნებრივი, მტკნარი წყლის ნანოფილტრაციული პროცესების კვლევის ზოგიერთი საკითხის ადგილობრივი და საერთაშორისო მდგომარეობის ანალიზი;

2. ბუნებრივი წყლის დამუშავების ბარომემბრანული პროცესების კვლევის ზოგიერთი საკითხის ადგილობრივი და საერთაშორისო მდგომარეობის ანალიზი;

მიმართულება III

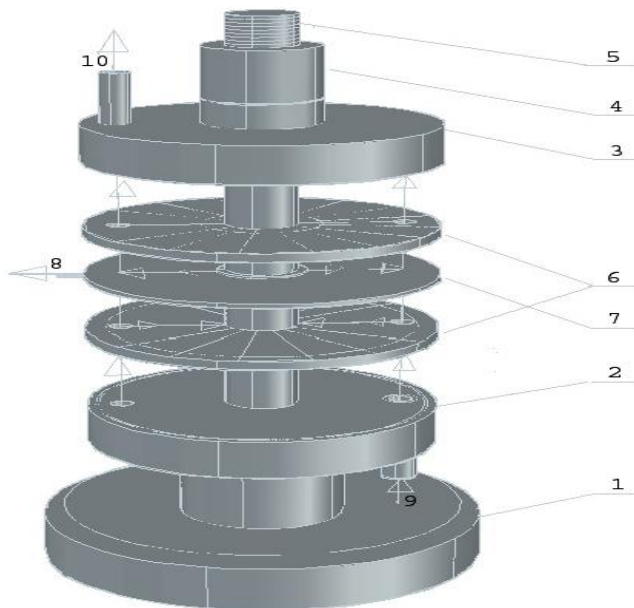
მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტის მიერ დაგეგმილია სასწავლო-სამეცნიერო ლაბორატორიული ხელსაწყოების დამუშავება და პროექტირება. ბარომემბრანული პროცესების კვლევის და მემბრანული მოწყობილობების შესახებ ინსტიტუტის მეცნიერების მიერ განხილულია მიკროფილტრაციული, ულტრაფილტრაციული, ნანოფილტრაციული და უკუოსმოსური ორიგინალური ტექნოლოგიების, პოლიმერული ფირების (მემბრანების) ლაბორატორიული, პილოტური და საწარმოო ნიმუშების დამუშავება - დამზადების საკითხები მათი შემდგომი ინდუსტრიული რეალიზაციის თვალსაზრისით. უცხოურ ლიტერატურაში წარმოდგენილ ანალოგებისგან განსხვავებით, ქართული მემბრანული პროდუქცია ადგილობრივი ბაზრისთვის სრულად კონკურენტუნარიანია, არანაკლები ხარისხობრივი მაჩვენებლების და მისი მინიმუმ ერთი რიგით დაბალი ფასის გამო. უცხოურ ბაზარზე გასვლისათვის აუცილებელია საერთაშორისო პატენტებისა და სერთიფიკირების ხანგრძლივი პროცესის სათანადო სამუშაოთა ჩატარება, რასაც ეხება პროექტის მეორე მიმართულების ერთ - ერთი ამოცანა. ქვემოთ მოყვანილია ბუნებრივი, მტკნარი წყლის ტემპერატურისა და სიბლანტის დამოკიდებულების ცხრილი 2, სადაც ნათლად ჩანს წყლის სიბლანტის მაჩვენებლის ცვლილება (CP), 1°C ტემპერატურის მატების შემდეგ, რაც სათანადოდ აისახება ექსპერიმენტალური გზით მიღებულ ხვედრითი წარმადობის მაჩვენებლებზე 10°C, 20°C 30°C და 40°C ტემპერატურის დროს, 3 ატმ. წნევის პირობებში.

ცხრილი 2. წყლის ტემპერატურისა და სიბლანტის დინამიური კოეფიციენტის დამოკიდებულება

T, °C	μ, CP	ლ/მ²სთ	T, °C	μ, CP	ლ/მ²სთ	T, °C	μ, CP	ლ/მ²სთ
0	1, 792		33	0, 7523		67	0, 4233	
1	1, 731		34	0, 7371		68	0, 4174	
2	1, 673		35	0, 7225		69	0, 4117	
3	1, 619		36	0, 7085		70	0, 4061	
4	1, 567		37	0, 6947		71	0, 4006	
5	1, 519		38	0, 6814		72	0, 3952	
6	1, 473		39	0, 6685		73	0, 3900	
7	1, 428		40	0, 6560	112	74	0, 3849	
8	1, 386		41	0, 6439		75	0, 3799	
9	1, 346		42	0, 6321		76	0, 3750	
10	1, 308	48	43	0, 6207		77	0, 3702	
11	1, 271		44	0, 6097		78	0, 3655	
12	1, 236		45	0, 5988		79	0, 3610	
13	1, 203		46	0, 5883		80	0, 3565	
14	1, 171		47	0, 5782		81	0, 3521	
15	1, 140		48	0, 5683		82	0, 3478	
16	1, 111		49	0, 5588		83	0, 3436	
17	1, 083		50	0, 5494		84	0, 3395	
18	1, 056		51	0, 5404		85	0, 3355	
19	1, 030		52	0, 5315		86	0, 3315	
20	1, 005	64	53	0, 5229		87	0, 3276	
20,2	1, 000		54	0, 5146		88	0, 3239	
21	0, 9810		55	0, 5064		89	0, 3202	
22	0, 9579		56	0, 4985		90	0, 3165	
23	0, 9358		57	0, 4907		91	0, 3130	
24	0, 9142		58	0, 4832		92	0, 3095	
25	0, 8937		59	0, 4759		93	0, 3060	
26	0, 8737		60	0, 4688		94	0, 3027	
27	0, 8545		61	0, 4618		95	0, 2994	
28	0, 8360		62	0, 4550		96	0, 2962	
29	0, 8180		63	0, 4483		97	0, 2930	
30	0, 8007	80	64	0, 4418		98	0, 2899	
31	0, 7840		65	0, 4355		99	0, 2868	
32	0, 7679		66	0, 4293		100	0, 2838	

ბუნებრივი, მტკნარი წყლის ტემპერატურისა და სიბლანტის დამოკიდებულების ასეთი განსხვავებული მაჩვენებლები უშუალოდ მოქმედებს ნაწოფილტრაციული პროცესის ხვედრითი წარმადობის ასიმპტოტური მახასიათებლის სიდიდეზე, რაც ბარომემბრანული პროცესების კვლევის ფართო შესაძლებლობას იძლევა ხსნარების გაყოფის ოპტიმალური რეჟიმული პარამეტრების დადგენისათვის.

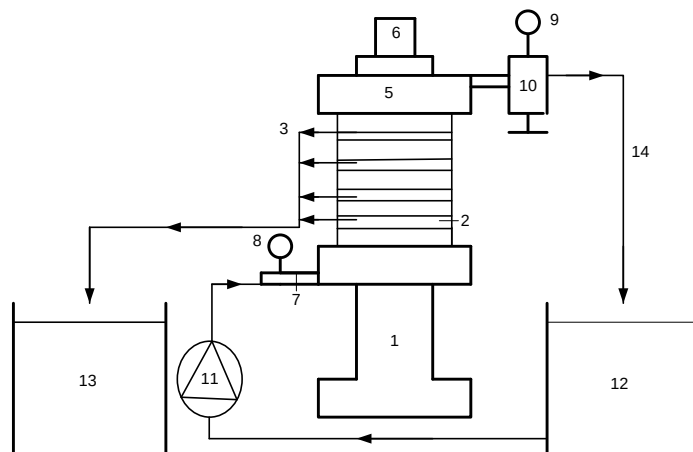
აღნიშნული კვლევითი პროგრამის გათვალისწინებით დამუშავდა ბუნებრივი, მტკნარი წყლის ცვალებადი ტემპერატურისა და სიბლანტის პირობებში ნანოფილტრაციული პროცესის კვლევისათვის სასწავლო-სამეცნიერო ლაბორატორიული კვლევის ხელსაწყო პროექტი, რომელიც მოყვანილია ნახაზზე 1.



ნახაზი 1. უნივერსალური ლაბორატორიული მემბრანული აპარატი

ლაბორატორიული მემბრანული აპარატი შედგება: სადგარისაგან 1, რომელზეც დამონტაჟებულია აპარატის ღერძი 5. მასზე დაფიქსირებულია ქვედა მილტუზი 2, რომელზეც დამაგრებულია შემყვანი შტუცერი 9 და ზედა მილტუზი 3, რომელზეც დამაგრებულია სითხის გამომყვანი შტუცერი 10. პოლისტიროლისა და პოლიკარბონატის მასალის პლასტმასებით ღერძზე 5 დაფიქსირებულია სადრენაჟო ფუძე 7 პერმეატის მილით 8 და შუალედური ელემენტები 6. სადრენაჟო ფუძეზე 7 ორივე მხრიდან განთავსებულია მემბრანული ფირები.

უნივერსალური ლაბორატორიული მემბრანული აპარატის ბაზაზე დამუშავდა ლაბორატორიული მემბრანული დანადგარის პრინციპული სქემა, რომელიც მოცემულია ნახაზზე 2. პროექტით გათვალისწინებული უნივერსალური მემბრანული ლაბორატორიული დანადგარი შედგება: მემბრანული აპარატისაგან (1), რომელშიც მიმდევრობითაა აწყობილი მემბრანული ელემენტები (2). თითოეული მემბრანული ელემენტი თავის მხრივ შედგება სადრენაჟო ფუძის, ორივე მხრიდან განლაგებული ნახევარგამტარი მემბრანების, შუალედური ელემენტისა და ფილტრატის გასასვლელი მილაკისაგან (3).



ნახაზი 2. ლაბორატორიული დანადგარის პრინციპული სქემა

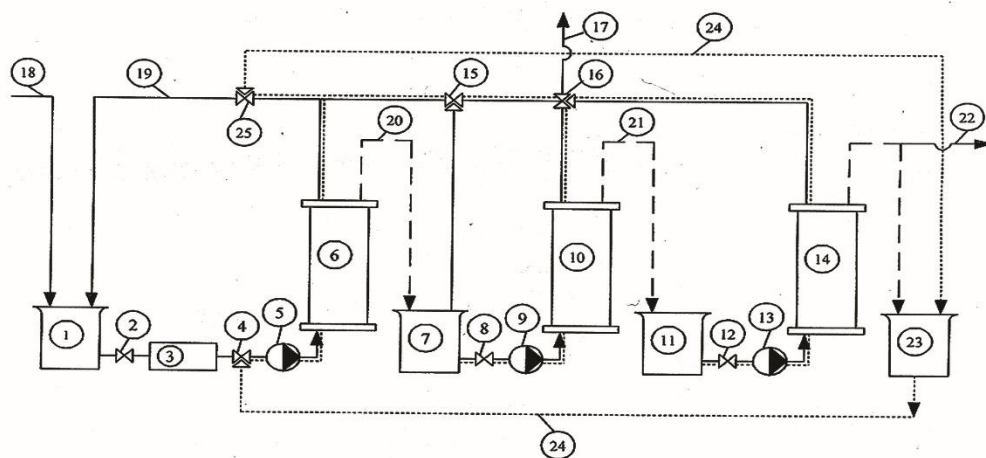
მემბრანულ აპარატს აქვს ქვედა (4) და ზედა (5) მილტუჩები, მათ შორის განლაგებული მემბრანული ელემენტების ნაკრებს წინასწარ უჭერენ ქანჩით (6), ელემენტების საბოლოო მოჭერა ხდება მემბრანული აპარატის ჩაშენებულ დგარში ჰიდრავლიკური სისტემით. მემბრანულ აპარატს ასევე, აქვს გადასამუშავებელი ხსნარის შესაყვანი, შესასვლელი (7). მემბრანული აპარატის შესასვლელსა და გამოსასვლელზე წნევა რეგულირდება მანომეტრით (8 და 9). ხსნარის მუშა წნევა მემბრანულ აპარატში რეგულირდება უკუსარქველით (10), ხოლო მისი ხარჯი, ვარიატორიანი წნევის სარეგულირებელი ტუმბოთი (11). დანადგარი აღჭურვილია საწყისი ხსნარის (12) და ფილტრატის (13) ავზებით.

უნივერსალურ ლაბორატორიულ მემბრანულ აპარატზე ბუნებრივი, მტკნარი წყლის ფილტრაციის პროცესის კვლევების პროგრამა ტარდებოდა ნანოფილტრაციის მეთოდით, რაც გულისხმობს ხსნარების დამუშავებას 0,3-0,8 მკა. წნევით ნახევრად გამტარი მემბრანებით.

ბუნებრივი წყლის სტერილური გაწმენდისათვის ჩატარებული ექსპერიმენტების მიზანს წარმოადგენდა ნანოფილტრაციის პროცესის კვლევის პროგრამის ძირითადი მიმართულების გამოკვეთა ოპტიმალური რეჟიმული პარამეტრების დადგენითა და სათანადო მემბრანის მახასიათებლების დამუშავებით, ფილტრაციის ხარისხობრივი მაჩვენებლების ასიმპტოტური მნიშვნელობების ხანგრძლივი შენარჩუნებისათვის. პარამეტრების ხანგრძლივად შენარჩუნების მეთოდიკა აგრეთვე გულისხმობს, მემბრანების რეცხვა-რეგენერაციის პროგრამის შემუშავებას.

ცვალებადი სიმღვრივის, ტემპერატურის, სიბლანტისა და ქიმიური შედგენილობის ბუნებრივი წყლის კვლევის მეთოდიკა გულისხმობს ნანოფილტრაციული პროცესის პირობებში მემბრანების ფორის ზომის, სელექტიურობის, ხვედრითი წარმადობისა და სადაწნო საკანში სტაბილური ჰიდროდინამიკური რეჟიმების მინიმალური ენერგეტიკული დანახარჯებით განხორციელებას.

ნანოფილტრაციული პროცესის კვლევა განხორციელდა ბუნებრივ, მტკნარ წყალში გახსნილი 0.2%-იანი $MgSO_4$ -ის და 15%-იანი $NaCl$ -ის მოდელური ხსნარების ბაზაზე. დამუშავდა ბუნებრივი წყლის გაწმენდა-გაუსნებოვნებისა და საჭირო დონეზე დემინერალიზაციის ორსექციანი ტექნოლოგიური სქემა, რომლის მიხედვითაც, წყლის წინასწარი გაწმენდა - გაუსნებოვნების სამსაფეხურიანი სექციის 1 საფეხური ითვალისწინებს წყლის გაწმენდას 50 მკმ ზომის ჩიხური ტიპის ფილტრით, 2 საფეხური - წყლის დამუშავებას მიკროფილტრაციის პროცესის გამოყენებით, ხოლო 3 საფეხური - წყლის ულტრაფილტრაციას. ბუნებრივი წყლის საჭირო დონეზე დემინერალიზაცია ხორციელდება სელექტიურობის სათანადო პროცენტული მაჩვენებლის მქონე მემბრანებით ნანოფილტრაციული პროცესის სექციაში. წყლის გაუსნებოვნება - დემინერალიზაციის ნანოფილტრაციული დანადგარის პრინციპული სქემა მოყვანილია ნახაზზე 3.



ნახაზი 3. წყლის გაუსნებოვნება - დემინერალიზაციის ნანოფილტრაციული დანადგარის პრინციპული სქემა

დანადგარი შედეგები: საწყისი წყლის ავზისაგან 1 და ფილტრატის ავზისაგან 23, წინასწარი გაწმენდის ფილტრისაგან 3, ტუმბოებისაგან 5,9,13, მემბრანული აპარატისაგან 6,10,14, ვენტილებისაგან 2,4,7,8,12,15,16,25. დანადგარი აღჭურვილია მილგაყვანილობით 17,18,19,20,21,22,23,24. ამასთან, მთლიანი ხაზებით ნაჩვენებია ის მილგაყვანილობები, რომლებშიც მოძრაობს წყალი თვით გაყოფის პროცესის დროს, ხოლო წერტილოვანი ხაზებით – სარეცხი სითხის მოძრაობა მილებში დანადგარის დაუშლელი რეცხვის დროს. საწყისი წყალი ავზიდან 1 ვენტილის 2, წინასწარი ფილტრისა 3 და ვენტილის 4 გავლით ტუმბოთი 5 მიეწოდება მემბრანულ აპარატში 6. გაფილტრული სითხე ჩაედინება ავზში 7. ულტრაფილტრაციული მემბრანული აპარატში 10 გაფილტრული პერმეატი ჩაედინება ავზში 11. ნანოფილტრაციულ მემბრანულ აპარატში 14 გადამუშავებული ხსნარი პერმეატის სახით ჩაედინება ავზში 23.

ექსპერიმენტული კვლევის შედეგების საფუძველზე დადგინდა, რომ მიკროფილტრაციული მემბრანული დანადგარის წარმადობა შეადგენს 600 ლ/სთ, ულტრაფილტრაციული მემბრანული დანადგარის წარმადობა აღემატება 500 ლ/სთ., ხოლო ნანოფილტრაციული მემბრანული დანადგარის წარმადობა უტოლდება 300 ლ/სთ. მემბრანული დანადგარების საფილტრაციო ფართი შეადგენს 5კვ.მ. ბუნებრივ, მტკნარ წყალში გახსნილი 0.2%-იანი $MgSO_4$ -ის და 15%-იანი $NaCl$ -ის მოდელური ხსნარების გაწმენდა-გაუსუნებოვნება და სათანადო დონეზე დემინერალიზაცია ხორციელდებოდა ნანოფილტრაციული მემბრანებით NF-P, NF-K, NF-KN. ჩატარებული ცდების შედეგები მოყვანილია ცხრილში 3.

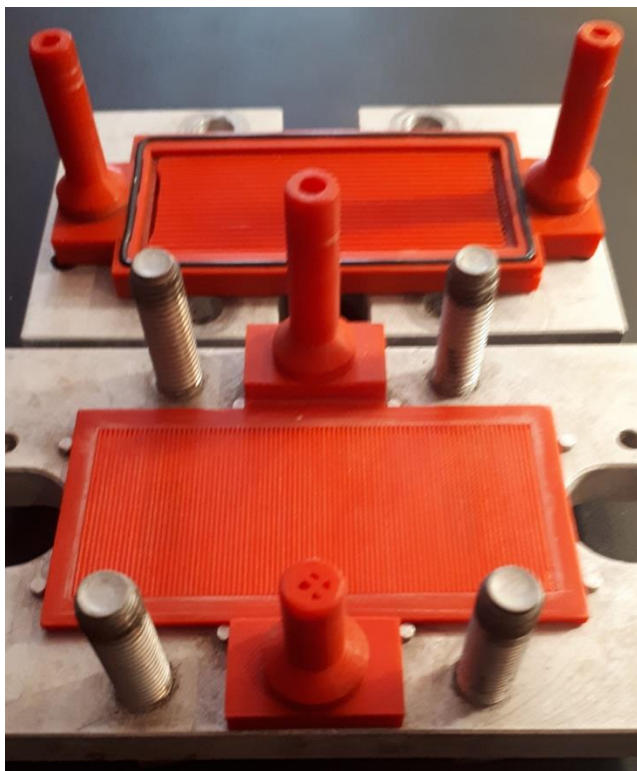
ცხრილი 3. ნანოფილტრაციული პროცესის კვლევა დემინერალიზაციის მაჩვენებლების მიხედვით

მემბრანის ტიპი	მუშა წნევა, მპა	მემბრანების მახასიათებლები		
		სელექტიურობა 15%-იანი $NaCl$ მიმართ, %	სელექტიურობა 0.2%-იანი $MgSO_4$ მიმართ, %	ხვ.წარმადობა, ლ/მ²სთ
NF-P	0.8	45.0	95.5	85.0
NF-K	0.8	25.0	93.0	97.0
NF-KN	0.6	60.0	98.0	38.0

ექსპერიმენტების შედეგებიდან გამომდინარე: NF-P ოპმნ-3 მემბრანების ხვ.წარმადობა ოპტიმალური წნევის დროს შეადგენდა 85 ლ/მ²სთ, მაშინ როდესაც NF-KN მემბრანების ხვ.წარმადობა ტოლი იყო 38 ლ/მ²სთ, 0,6 მპა წნევის დროს. NF-K მემბრანის სელექტიურობა შეადგენდა 25% 15%-იანი $NaCl$ მიმართ და 93% 0.2%-იანი $MgSO_4$ მიმართ.

ამრიგად, მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გამოვიტანოთ დასკვნა, რომ ბუნებრივი წყლის ნაწილობრივი დემინერალიზაცია შესაძლებელია სხვადასხვა ხარისხობრივ დონეზე მიკრო-, ულტრა- და ნანოფილტრაციული პროცესების გამოყენებით ქიმიური კომპონენტების ზღვ-ს სტანდარტის დაცვით.

ბუნებრივი წყლის დამუშავების დროს, ერთდროულად ხდება ყველა გარეშე მექანიკური ჩანარების, არასასურველი მინარევებისა და მიკროორგანიზმების მოცილება, რაც უზრუნველყოფს მაღალხარისხოვანი, კრისტალურად გამჭვირვალე, სუფთა, სტერილური და შენახვისადმი მდგრადი პროდუქციის მიღებას ნალექის წარმონაქმნის გარეშე. შესაძლებელი ხდება ბუნებრივი წყლის დამუშავებისას მიღებული ქიმიური კომპონენტების კონცენტრატების მეორადი გამოყენება. ლაბორატორიული კვლევის ხელსაწყოთვის მექანიკურ და ინსტრუმენტალურ საამქროში დამზადდა რკინისა და ალუმინის დამჭერი კორპუსის დეტალები, ხოლო 3დ პრინტერზე სადაწნეო საკნის მილტუჩები, დრენაჟები, ტურბულიზატორები და მილისები, რომელიც მოყვანილია სურათზე 4.



სურათი 4. ლაბორატორიული კვლევის ხელსაწყო

მიღებულია დადებითი დასკვნა ორ პატენტზე:

პატენტი 1. გამოგონება „საწარმოო მემბრანული საფილტრაციო მოწყობილობა“; გ. ბიბილეიშვილი; გამოგონების პატენტუნარიანობაზე დადებითი დასკვნა (N4966/10, საქმის ნომერი 869/10, თარიღი: 2022-08-30);

პატენტი 2. გამოგონება „წყლის ჩიხური და ტანგენციალური მემბრანული საფილტრაციო დანადგარი“; გ. ბიბილეიშვილი; გამოგონების პატენტუნარიანობაზე დადებითი დასკვნა (N4965/10, საქმის ნომერი 872/10, თარიღი: 2022-08-30)

ჩატარდა სემინარები: ბუნებრივი, მტკნარი წყლის ცვალებადი სიმღვრივის და ხსნარში გახსნილი $MgSO_4$ -ის და $NaCl$ -ის კონცენტრატებისათვის ნანოფილტრაციული პროცესის სასწავლო-სამეცნიერო ლაბორატორიული კვლევის პროგრამის შესახებ.

ჩატარდა ვორკშოპი შ.პ.ს. „კახური ტრადიციების“ წარმომადგენლების მონაწილეობით, კვების მრეწველობის წარმოებებისათვის სტერილური სარეცხი წყლის მიღებისა და გამოყენებისათვის ნანოფილტრაციული ხელსაწყოების მეშვეობით, რისთვისაც წარმოდგენილი იქნა ლაბორატორიული კვლევის ხელსაწყოები.

პროექტი II

2023წ.

მიმართულება I

შერჩეული ორგანული და არაორგანული, დაბალმოლეკულური და მაღალმოლეკულური ნივთიერებების ბაზაზე მიკროფილტრაციული მემბრანის მისაღებ პოლიმერულ კომპოზიციაში პოლიმერული სისტემების სტრუქტურული ორგანიზების მოლეკულური, სუპრამოლეკულური და მიკროდონეების შესწავლა.

მემბრანის მიკრორელიეფს და მიკროსტრუქტურას ძირითადად განსაზღვრავს მისი მისაღები კომპოზიციის შემადგენელი პოლიმერული მასალის მაკრომოლეკულების ურთიერთგავლენა სივრცეში, რაც განაპირობებულია მაკრომოლეკულების ფორმით, სიდიდით, აგებულებით და ურთიერთქმედებით. პოლიმერული მასალის სტრუქტურის ქვეშ მოიაზრება მაკრომოლეკულების სტრუქტურული ელემენტების შინაგანი აგებულება და მათ შორის ურთიერთქმედება. მემბრანის შესაქმნელ პოლიმერულ კომპოზიციებში გამხსნელების, ლიოფილური მარილების და სხვა დანამატების პირობებში ხშირად წარმოიქმნება დიდი ზომის მოლეკულური ანსამბლები ანუ, პოლიმოლეკულური ასოციატები თავისი არქიტექტურით, სუპრასტრუქტურით და იმ ურთიერთქმედებებით, რომლებიც განსაზღვრავს მემბრანების მახასიათებლებს, მიკრორელიეფს და მიღებული მემბრანების მაკრო- მეზო- და მიკროსკოპულ დონეებს, სტრუქტურული ელემენტების შემდეგი მასშტაბებით: მაკრო - 50 ნმ-ზე მეტი, მეზო - 25მ-დან 50ნმ-მდე , მიკრო - 25მ-ზე ნაკლები (მოლეკულური). პოლიმერული ნივთიერებების გახსნისას დაბალმოლეკულურ გამხსნელებში შეიძლება მოხდეს ასევე , სივრცითი ზადის წარმოქმნა განსხვავებული ბუნების მოლეკულათაშორისო ბმებით, რომელიც იწვევს თვით მაკრომოლეკულებს შორის ბმების შესუსტებას, ჰომოგენური ხსნარის წარმოქმნას და გავლენას ახდენს მიღებული მემბრანების თვისებებზე.

პოლიმერული კომპოზიციების ელემენტარულ, პირველად ზემოლეკულურ წარმონაქმნად მიჩნეულია გლობულები, მონომოლეკულური ბურთები ან მაკრომოლეკულები მოუწესრიგებლობის სხვადასხვა ხარისხით “დასტების” შიგნით. პოლიმერის მოლეკულის სტრუქტურას (მასში შემავალი ელემენტარული რგოლის თანამიმდევრობით შეერთება და ორიენტაცია) უწოდებენ მოლეკულურს ანუ პირველადს. პოლიმერის მოლეკულის სხვადასხვანაირი კომბინაციას უწოდებენ ზემოლეკულურს ანუ მეორად სტრუქტურას. მეტ-ნაკლებად სრულყოფილ მეორად სტრუქტურად მიჩნეულია ცალკეული კრისტალები. ნაკლებად სრულყოფილად ითვლება სფეროლიტები, რომლისგანაც აგებულია “ლენტები” და “ფურცლები”. იმავდროულად პოლიმერში არსებობს ამორფული ფაზა, რომელიც აგებულია გლობულებისგან, რომლებიც არ არის დაკრისტალებული “დასტებში”, სხვადასხვა დეფექტები (ეს შეიძლება იყოს “დასტების” და “ფურცლების” მოხვევის ადგილი). თავის მხრივ “დასტები” წარმოქმნის ფორმით და ზომით განსხვავებულ რთულ ფიბრილარულ სტრუქტურებს სწორედ, ამ რთული აგებულების გამო პოლიმერული ხსნარები, დაბალმოლეკულური ნივთიერებების ხსნარებისგან განსხვავებით წარმოადგენენ რთულ სისტემებს და ახასიათებთ თავისებურებები, რომლებიც გამოწვეულია მათში მაკრომოლეკულების განსხვავებული ზომებით და თვისებებით: მოქნილობის ფართო დიაპაზონით, დიდი რაოდენობით კონფორმაციული გარდაქმნების უნარით განსხვავებული ტემპერატურისა და გამხსნელების ცვლილებისას. გახსნისას მათ კომპოზიციებში წარმოქმნილი სტრუქტურული ელემენტებია: კრისტალიტი, გლობული, კონა, გორგალი და კიდევ უფრო რთული ზემოლეკულური წარმონაქმნები, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ პოლიმერულ ხსნარებში არსებობს მრავალდონიანი სტრუქტურული ორგანიზაცია. პოლიმერულ სისტემებში ნაწილაკების ზომები შეიძლება მერყეობდეს 1-100ნმ-მდე კრისტალიტების, 100ნმ-დან 1მ-მდე გლობულების, ხოლო კიდევ უფრო დიდი წარმოქმნების 400ნმ-ის ზემოთ.

მემბრანების მოსამზადებლად ექსპერმენტებში პოლიმერულ მასალად გამოყენებული იყო პოლიამიდი-6 (პა 6), ხოლო დანამატად, განსხვავებული მოლეკულური მასის პოლიეთილენგლიკოლი(პეგ) და პოლივინილპიროლიდონი (პვპ). გამხსნელად გამოყენებული იყო პოლარული დაბალმოლეკულური გამხსნელი დიმეთილაცეტამიდი (დმა).

პოლიამიდები მიეკუთვნებიან პოლარულ პოლიმერებს. პოლიმერის უნარი გაჟირჯვდეს ან გაიხსნას განპირობებულია მრავალი ფაქტორით: პოლიმერის და გამხსნელის ქიმიური ბუნებით, პოლიმერის მოლეკულური მასით, მოქნილობით, მაკრომოლეკულების ჩაწყობის სიმჭიდროვით და პოლიმერის ფაზური მდგომარეობით. პოლიამიდების, როგორც პოლარული მოლეკულების შემცველი პოლიმერების გახსნის პროცესი მიმდინარეობს სამ სტადიად: პირველ სტადიაზე ხდება პოლიმერის მაკრომოლეკულების სოლვატაცია გამხსნელის მოლეკულების მიერ, მეორე სტადიაზე წარმოებს გაჟირჯვება და შემდეგ, მესამე სტადიაზე - გახსნა, პოლიმერის ჰომოგენური ხსნარის წარმოქმნა. კვლევებში სამივე ეტაპზე მიღებულ პოლიმერულ კომპოზიციებში შესწავლილია მოლეკულური წარმონაქმნების ზოგიერთი მახასიათებელი.

აღნიშნული ნივთიერებები თავსდება 100მლ-ან კოლბაში CaCl_2 - ის 5%-იან ხსნარში დიმეთილაცეტამიდში და 55°C -ზე გაცხელებით მაგნიტური სარევალათი მუდმივი მორევის პირობებში ტარდებოდა პოლიმერის გახსნის პროცესი. შემდეგ ხდებოდა პეგ-ის და პოლივინილპიროლიდონის-ის

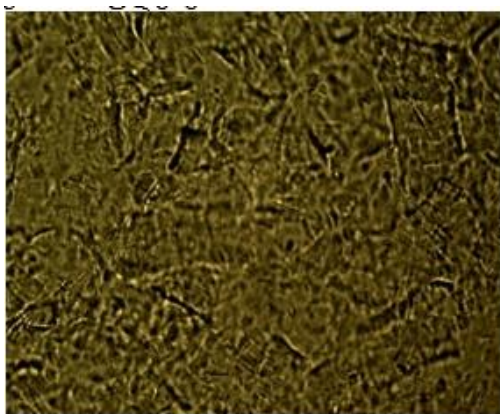
შეტანა ხსნარში და მორევა გრძელდებოდა 1სთ-ის განმავლობაში. მიღებული იყო განსხვავებული შედგენილობის კომპოზიციები პა/დმზა/CaCl₂, პა/დმზა/CaCl₂/პეგ400, პა/დმზა/CaCl₂/პეგ1450, პა/დმზა/CaCl₂/პეგ360 და პა/დმზა/CaCl₂/პეგ10000. ფაზური ინვერსიის პროცესის ჩატარებამდე განსაზღვრული იყო მიღებული კომპოზიციების სიბლანტე, სიმღვრივე, წარმოქმნილი სტრუქტურული აგრეგატული ნაწილაკების ზომები (ცხრილი 1)

ცხრილი 1. კომპოზიციების სიბლანტე, სიმღვრივე და წარმოქმნილი სტრუქტურული აგრეგატული ნაწილაკების ზომები

პოლიმერ. კომპოზიციის შედგენილობა	პოლიმერ. კომპოზიციის სიმღვრივე, NTU	პოლიმერ. კომპოზიციის სიბლანტე, სპუაზი	ნაწ. ზომები, ნმ	ნაწილაკების განაწილების, %
პა/დმზა/CaCl ₂	19,5	1449	11,52 115,8 1015	85,4 3,7 8,7
პა/დმზა/CaCl ₂ /პეგ400	21,2	1341	14,9 610,4 2877	11,8 40,1 31,2
პა/დმზა/CaCl ₂ /პეგ1450	22,8	1501	7,856 1083 2985	12,8 35,2 51,9
პა/დმზა/CaCl ₂ /პეგ 360	23,1	1350	8,567 652,01 1082,5	45,1 30,5 24,4
პა/დმზა/CaCl ₂ /პეგ10000	25,3	1546	9,76 761,5 2064,3	36,1 53,2 10,7

შესწავლილია ასევე, მიღებული პოლიმერული კომპოზიციური ხსნარების მიკროსურათები ოპტიკური მიკროსკოპით (Biolar), გადიდების დიაპაზონით 350-400.

სურათზე 1 და 2 მოცემულია პა/დმზა/CaCl₂/პეგ400 და პა/დმზა/CaCl₂ კომპოზიციების მიკროსკოპული გამოსახულებები.



სურათი 1. პა/დმმა/CaCl₂/პეგ -ის კომპოზიციის მიკრო სურათი.



სურათი 2. პა/დმმა/CaCl₂-ის უდანამატო კომპოზიციის მიკრო სურათი.

მიღებული ერთგვაროვანი, ჰომოგენური, მემბრანების დასასხმელი კომპოზიციები გაფილტვრის და ვაკუუმში დეაერაციის შემდეგ დაიტანებოდა ლაბორატორიულ ფილერზე მოთავსებულ მინის პოლირებულ ფირფიტაზე (76მმx26მმx1მმ) უჟანგავი ფოლადის დანის დახმარებით. გამოლექვის პროცედურები ჩატარებულია გამოხდილი წყლის საკოაგულაციო აბაზანაში 30°C და 50 °C-ზე. ცხრილში 2 მოცემულია კომპოზიციების შედგენილობები, საკოაგულაციო აბაზანის ტემპერატურა, გამოლექილი მემბრანების წარმადობა და ფორის ზომა.

ცხრილი 2. კომპოზიციების შედგენილობები: საკოაგულაციო აბაზანის ტემპერატურა, გამოლექილი მემბრანების წარმადობა და ფორის ზომა.

პოლიმერული კომპოზიციის შედგენილობა	საკოაგულაციო აბაზანის ტემპ. °C,	მემბრ.	წარმადობა ლ/მ ² სთ	ფორის ზომა, მკმ
პა/დმმა/CaCl ₂	30	P1	144	0,05
	50	P2	202	0,09
პა/დმმა/CaCl ₂ /პეგ400	30	P3	165	0,05
	50	P4	290	0,07
პა/დმმა/CaCl ₂ /პეგ1450,	30	P5	340	0,12
	50	P6	423	0,1
პა/დმმა/CaCl ₂ /პვპ 360	30	P7	307	0, 2
	50	P8	546	0,1
პა/დმმა/CaCl ₂ /პვპ10000	30	P9	398	0,3
	50	P10	453	0,4

ჩატარებულმა ექსპერიმენტულმა კვლევამ აჩვენა, რომ განსხვავებული შედგენილობის კომპოზიციებში პოლიმერული ნაწილაკების ზომები იცვლება რამდენიმე ნმ-დან 3000ნმ-მდე. შესწავლილი პოლიმერული კომპოზიციები შეიცავენ კრისტალიტების, სფეროლიტების, გლობულების შესაბამისი ზომის ნაწილაკებს განსხვავებული პროცენტული რაოდენობით, რაც იწვევს აღნიშნული პოლიმერული კომპოზიციების სიბლანტის და სიმღვრივის მაჩვენებლების ცვლილებას,

დადგინდა, რომ პოლიმერულ ხსნარებში არსებული ნაწილაკების ზომებზე და სტრუქტურულ ორგანიზაციაზე პოლიმერის სტრუქტურასთან ერთად გავლენას ახდენს დანამატის სტრუქტურა და მიღებული ნიმუშებიდან მიკროფილტრაციული პროცესისათვის აუცილებელი ფორის ზომის

მოთხოვნებს (0,1მკმ-მდე) აკმაყოფილებს P1, P3, P6, P8 მემბრანული ნიმუშები, რომელთაგან წარმადობის მაჩვენებლით საუკეთესოა P6 და P8 მემბრანები.

ჩატარებულ კვლევებზე გამოქვეყნებულია სამეცნიერო ნაშრომი - „მიკროფილტრაციული მემბრანების მისაღებ კომპოზიციებში პოლიმერების სტრუქტურული ორგანიზების საკითხების კვლევა“; ბიბლიოფილი გ.ვ., გოგესაშვილი ნ.ნ., გოგიბერიძე ი.ბ.; საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2023, №2, ტ. 98, გვ. 55-56.

მიმართულება II

ტემპერატურის გავლენის დადგენა ფაზური ინვერსიის პროცესში ერთი და მრავალკომპონენტური არაგამხსნელის ფუძე-მჟავურ ბალანსზე და პოლიმერული კომპოზიციის თხევადი ფაზიდან მყარ ფაზაში გადასვლის ზოგად კანონზომიერებებზე.

არაგამხსნელით გამოწვეული ფაზური დაყოფის მეთოდები და მექანიზმები შეისწავლება უკვე ორმოცდაათ წელზე მეტი ხნის განმავლობაში, ხოლო, ფაზური ინვერსიული მემბრანები ფართოდ გამოიყენება ქიმიური მრეწველობის, ბიოტექნოლოგიისა და სითხეების გაწმენდისა და გასუფთავების სფეროში. ბოლო ორმოცდაათი წლის განმავლობაში ცოდნის მოცულობა ექსპონენტურად იზრდება. პოლიმერული მემბრანის მომზადებისთვის ძირითადი ფაქტორებია: გამხსნელის ტიპი, პოლიმერის ტიპი, არაგამხსნელი სისტემის კონცენტრაცია, ტიპი და შემადგენლობა, პოლიმერული ხსნარის დანამატები და მემბრანული ნიმუშების წარმოების პირობები.

სინთეზურმა პოლიმერებმა მნიშვნელოვანი გამოყენება ჰპოვა მემბრანულ ტექნოლოგიაში, რადგან დადგინდა, რომ პოლიმერები წარმოადგენენ უნიკალურ მასალას მემბრანების შესაქმნელად. ფაზური ინვერსიის მეთოდით პოლიმერული მემბრანების მიღება და კვლევა წარმოებს ინსტიტუტში შექმნილ ლაბორატორიულ დანადგარებზე. მემბრანების ფორმირების სველი მეთოდი მიმდინარეობს მასაიმოცვლითი პროცესით კომპოზიციაში არსებულ გამხსნელსა და საკოაგულაციო აბაზანის შემადგენელ კომპონენტებს შორის. არაგამხსნელის ბუნება, მისი პოლარობა და სიხისტე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მასაგადატანის მიმართულებაზე და გამხსნელ - არაგამხსნელს შორის მიმდინარე დიფუზიის პროცესის სიჩქარეზე. ასევე, მიღებული მემბრანების მახასიათებლებზე. აღნიშნული მიმართულების ირგვლივ შესწავლილია პოლისულფონური კომპოზიციის პეს/დმაა/ $MgCl_2$ -ის ფაზური ინვერსიის პროცესები განსხვავებული შედგენილობის და პოლარობის არაგამხსნელში როგორც ერთნაირ ასევე, განსხვავებულ ტემპერატურულ პირობებში. კვლევის პირველ საფეხურზე მიღებული იყო პოლიეთერსულფონის(პეს) 12%-იანი კომპოზიცია დიმეთილაცეტამიდში(დმაა), რომელშიც გახსნილი იყო ლიოფილური მარილი $MgCl_2$. მიღებული კომპოზიცია გამოლექილი იქნა განსხვავებული კომპონენტების შემცველ არაგამხსნელში ერთნაირ და განსხვავებულ ტემპერატურულ რეჟიმებში.

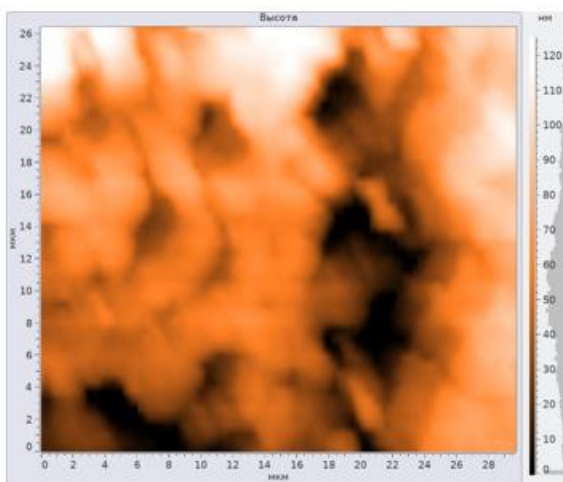
აღნიშნული ექსპერიმენტები საშუალებას იძლევა მემბრანის ზედაპირის ჰიდროფილური და ჰიდროფობური ბალანსის ცვლილებით გაიზარდოს მემბრანის შემაკავებელი უნარი. მემბრანების ზედაპირის მუხტის გაზრდით როგორც მონო- ასევე, მრავალმუხტიანი იონებით გაუმჯობესდეს მემბრანული ნიმუშების ფილტრაციული თვისებები. პოლიეთერსულფონის/დმაა/ $MgCl_2$ კომპოზიციების გამოლექვა ჩატარებული იყო როგორც სუფთა წყალში ასევე, მჟავიან ტუტთან, კალიუმის და ნატრიუმის კარბონატთან და ქლოროფორმიან წყალში. ცხრილში 1 მოცემულია განსხვავებული საკოაგულაციო აბაზანის შედგენილობა და პოლიეთერსულფონის/დმაა/ $MgCl_2$ კომპოზიციის $30^{\circ}C$ – ზე გამოლექვისას მიღებული მემბრანების მახასიათებლები.

ცხრილი 1. პოლიეთერსულფონის/დმაა/ $MgCl_2$ კომპოზიციის $30^{\circ}C$ – ზე გამოლექვისას მიღებული მემბრანების მახასიათებლები

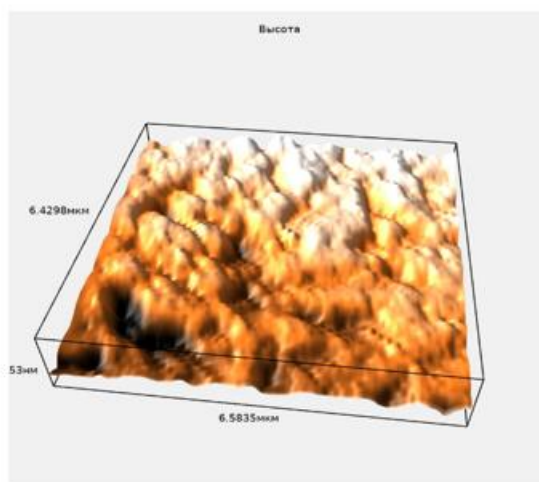
მემბრანა	საკოაგულაციო აბაზანის შედგენილობა	მემბრანის ხვ. წარმადობა ლ/მ ² სთ	ფორის ზომა,მკმ
P1	წყალი	203	1,3
P2	წყალი+5% Na_2CO_3	317	1,6

P3	წყალი+5%K ₂ CO ₃	219	1,8
P4	წყალი+5% KOH	189	1,2
P5	წყალი+ 5% ძმარმჟავა	423	1,1
P6	წყალი+ქლოროფორმი	103	2,3

კვლევებით დადგინდა, რომ არაორგანული მარილების, ტუტის, მჟავას და არაპოლარული ქლოროფორმის შეტანა წყლის საკოაგულაცილო აბაზანაში ექსპერიმენტის 30°C – ზე ჩატარებისას გავლენას ახდენს მემბრანის მახასიათებლებზე და მათ ზედაპირულ სტრუქტურაზე. რაც მიუთითებს იმ ფაქტზე, რომ განსხვავებული პოლარობის და pH -ის საკოაგულაციო ხსნარში კომპოზიციის განშრევების სიჩქარის ცვლილების გამო. ფაზური ინვერსიის პროცესი მიმდინარეობს სხვადასხვანაირად და მიიღება განსხვავებული ზედაპირული მორფოლოგიის და მახასიათებლების მემბრანები. ხვ. წარმადობის უკეთესი მაჩვენებელი აღმოაჩნდა P5 მემბრანას, რომელიც გამოლექილი იყო ძმარმჟავიან აბაზანაში. მემბრანული ნიმუშების ზედაპირები შესწავლილი იყო მასკანირებელი ზონდური მიკროსკოპით. ქლოროფორმიან აბაზანაში გამოლექილ მემბრანას (P6) გააჩნია ფაზური ზედაპირული სტრუქტურა (სურათი1) და დაბალი ხვ.წარმადობა.



სურათი 1. მემბრანა P6-ის მიკროსურათი



სურათი 2. მემბრანა P5-ის მიკროსურათი

ხოლო სუფთა წყალში, მჟავის, ტუტის, არაორგანული მარილების შემცველი საკოაგულაციო ხსნარებიდან მიღებული მემბრანული ნიმუშებიდან უკეთესი სტრუქტურა და წარმადობა გააჩნია P5 მემბრანას.

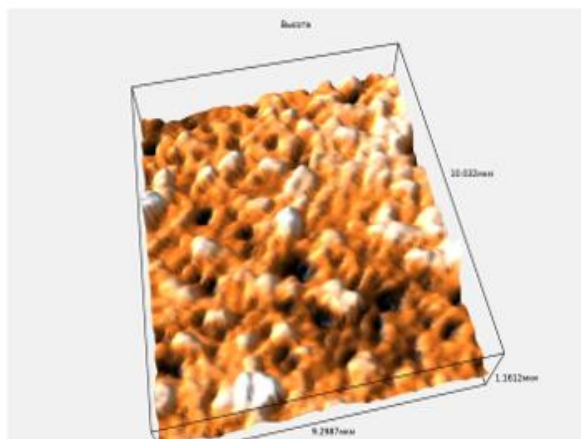
ჩატარებული იქნა პოლიეთერსულფონის/დმავ/ MgCl₂ კომპოზიციის გამოლექვა საკოაგულაციო აბაზანის 50°C ტემპერატურაზე ანალოგიური შედგენილობების და პოლარობის არაგამხსნელში. ცხრილში 2 მოცემულია პოლიეთერსულფონის/დმავ/ MgCl₂ კომპოზიციის 50°C – ზე გამოლექვისას მიღებული მემბრანების მახასიათებლები .

ცხრილი 2. პოლიეთერსულფონის/დმავ/ MgCl₂ კომპოზიციის 50°C – ზე გამოლექვისას მიღებული მემბრანების მახასიათებლები .

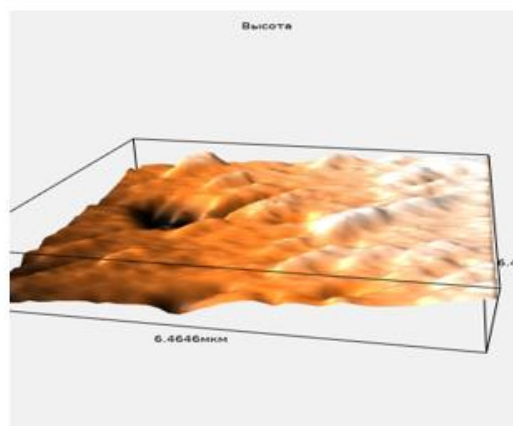
მემბრანა	საკოაგულაციო აბაზანის შედგენილობა	მემბრანის ხვ. წარმადობა ლ/მ ² სთ	ფორის ზომა,მკმ
P7	წყალი	302	1,05
P8	წყალი+5%Na ₂ CO ₃	412	1,5

P9	წყალი+5%K ₂ CO ₃	315	1,2
P10	წყალი+5% KOH	287	1,2
P11	წყალი+ 5% ძმარმჟავა	562	0,9
P12	წყალი+ქლოროფორმი	125	2,1

ამრიგად, საკოაგულაციო აბაზანის 30°C და 50°C – ზე პოლიეთერსულფონი/დმაა/MgCl₂ კომპოზიციის გამოლექვისას მიღებული მემბრანების შედარებითმა ანალიზმა აჩვენა, რომ 50°C – ზე გამოლექილი მემბრანული ნიმუშების მახასიათებლები და ზედაპირული ტოპოგრაფია გაუმჯობესებულია. ამ შემთხვევაშიც უკეთესი წარმადობა და ზედაპირი გააჩნია შემჟავებულ წყალში გამოლექილ მემბრანას P11, ხოლო ყველაზე მცირე წარმადობა გააჩნია პოლარულ გამხსნელიან აბაზანაში გამოლექილ მემბრანას. სურათზე 3 მოცემულია ძმარმჟავიან წყალში გამოლექილი ნიმუშის მიკროსურათი.



სურათი 3. მემბრანა P11-ის მიკროსურათი



სურათი 4. მემბრანა P8-ის მიკროსურათი.

ამრიგად დადგენილია, რომ კომპოზიცია პოლიეთერსულფონი/დმაა/ MgCl₂ ფაზური ინვერსიის პროცესის ჩატარებისას მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს როგორც საკოაგულაციო აბაზანის ტემპერატურა ასევე, არაგამხსნელის შედგენილობა, მისი პოლარობა და სიხისტე. ეს ფაქტორები განსაზღვრავენ ფაზური პროცესის მიმდინარეობას დროში და გამხსნელი-არაგამხსნელს შორის მიმდინარე დიფუზიის პროცესის სიჩქარეს. ასევე, მემბრანული ნიმუშების მახასიათებლების და ზედაპირის ტოპოგრაფიის ცვლილებას.

ჩატარებულ კვლევებზე გამოქვეყნებულია სამეცნიერო ნაშრომი:“არაგამხსნელის როლის გავლენა ფაზური ინვერსიის მიმდინარეობაზე და მიღებული მემბრანების მახასიათებლებზე; ბიბლიეშივილი გ.ვ.,გოგესაშვილი., ებანოიძე ლ.ო., საქართველოს საინჟინრო სიახლენი; დაიბეჭდება 2023წ. დეკემბრის ნომერში.

მიმართულება III

მემბრანული დაყოფის პროცესების შესწავლა ფაზური ინვერსიის პროცესით მიღებული სხვადასხვა სისქის მემბრანების მახასიათებლების და დაყოფის პროცესების რეჟიმული პარამეტრების დამოკიდებულების დასადგენად.

მემბრანული დაყოფის ტექნოლოგია ფართოდ შეისწავლება, როგორც ბუნებრივი წყლის გასუფთავების ეფექტური მეთოდი. პოლიმერული მემბრანების სტრუქტურის ფორმირების და წარმოქმნის მექანიზმის გარკვევა არის მთავარი ფაქტორი სასურველი თვისებების მქონე მემბრანების შექმნისათვის. ეს საკითხი მოიცავს, როგორც საწყისი პოლიმერული ხსნარების მომზადების სხვადასხვა მეთოდს ასევე, მემბრანების ფორმირებისათვის ჩასატარებელ მრავალრიცხოვან ოპერაციებს და

აღნიშნული პროცესებისათვის პარამეტრების შერჩევას. პოლიმერული მემბრანების ტექნოლოგიურ პროცესებში გამოყენება, ხარისხი და ფასი მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული მათ სისქეზე, რომელიც წარმოადგენს მემბრანების ერთ - ერთ ძირითად პარამეტრს. მისი ცვლილებით შესაძლებელია მემბრანის მახასიათებლების ვარიაცია. მემბრანის სისქეზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს პოლიმერის საწყისი კონცენტრაცია და დასასხმელი პოლიმერული კომპოზიციის შემადგენელი კომპონენტების კონცენტრაციები. ამ კონცენტრაციების გავლენის ხარისხი მემბრანების ფორმირების პროცესში შეიძლება ასე გამოისახოს: პოლიმერის კონცენტრაცია> არაგამხსნელის კონცენტრაცია> გამხსნელის კონცენტრაცია. ამ კომპონენტებიდან განსაკუთრებით დომინირებს პოლიმერის საწყისი კონცენტრაცია, რომელიც გადამწყვეტ როლს ასრულებს მემბრანების ფორმირების პროცესში.

ფაზური დაყოფისას ფორმირებული მემბრანების სისქეზე გავლენას ახდენს ასევე, დასასხმელი ხსნარის სიბლანტე, ჰომოგენურობა და გამოლექვის ტემპერატურა. დაყოფის პროცესის დროს სისტემის ტემპერატურის გაზრდით პოლიმერის დიფუზიის სიჩქარე მატულობს და პოლიმერის დისპერსიის ხარისხი თანდათანობით იზრდება. ეს განაპირობებს ფაზური დაყოფის პროცესის დაჩქარებას და გავლენას ახდენს მიღებული მემბრანების მორფოლოგიაზე. ფიკის კანონის თანახმად სიჩქარე რომლითაც მოლეკულა მოძრაობს მასალის გავლისას პროპორციულია კონცენტრაციის გრადიენტის და უკუპროპორციულია მემბრანის სისქის. კომერციული მემბრანების სისქე მერყეობს 0,1-0,5მკმ.

ექსპერიმენტულ კვლევებში რომელშიც პოლიმერულ მასალად გამოყენებული იყო პოლიეთერსულფონი (პეს), მემბრანის სტრუქტურასა და წყლის ნაკადის ურთიერთდამოკიდებულების შესასწავლად მიღებულ იქნა პეს-ის განსხვავებული კონცენტრაციის კომპოზიციები დიმეთილაცეტამიდში(დმაა), პეს/დმაა/MgCl₂. მიღებული კომპოზიციებიდან ფაზური ინვერსიის სველი მეთოდით 30°C და 50 °C – ზე გამოლექილი იყო განსხვავებული სისქის მემბრანული ნიმუშები. პოლიმერული ხსნარები დატანილი იყო ლაბორატორიულ ფილერზე, ხოლო გამოლექვის პროცესი ჩატარებული იქნა წყლიან საკოაგულაციო აბაზანაში. ცხრილში 1 მოცემულია პოლიმერული კომპოზიციების კონცენტრაციები და მიღებული მემბრანების მახასიათებლები.

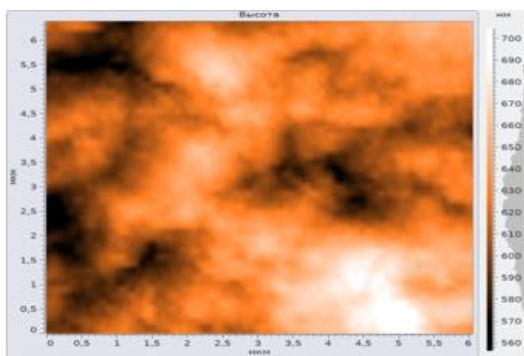
ცხრილი 1. პოლიმერული კომპოზიციების კონცენტრაციები და მიღებული მემბრანების მახასიათებლები.

პეს-ის კონცენ- ტრაცია, %	მემბრანა	აბაზანის ტემპ. °C	მემბრანის სისქე,მკმ	ხვ.წარმადობა, ლ/მ ² სთ	ფორის ზომა, მკმ
6	P1	30	45	1150	2,3
	P2	50	51	1026	2,1
7	P3	30	56	1011	1,95
	P4	50	65	995	1,76
8	P5	30	72	987	1,53
	P6	50	79	865	1,42
9	P7	30	81	854	1,37
	P8	50	90	834	1,21
10	P9	30	93	724	1,04
	P10	50	105	701	0,9
11	P11	30	109	683	0,85
	P12	50	122	627	0,69
12	P13	30	126	531	0,63
	P14	50	142	429	0,56

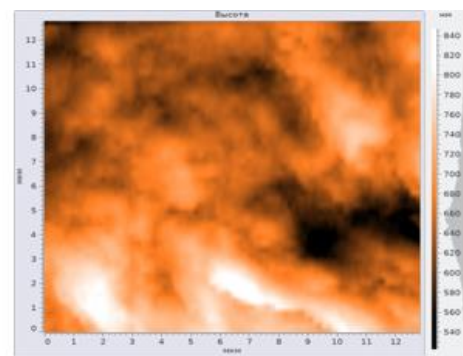
კვლევებმა გვიჩვენა, რომ პოლიმერის კონცენტრაციებსა და ტემპერატურებს შორის სხვაობა, ერთდროულად გავლენას ახდენს ინვერსიის დროს მიღებული მემბრანების სისქეზე, მახასიათებლებზე და სტრუქტურაზე, რასაც განაპირობებს ფაზური დაყოფის დროს მიმდინარე

დიფუზიის პროცესის სიჩქარის ცვლილება და ასევე, საკოაგულაციო აბაზანის ტემპერატურის გაზრდისას პოლიმერის დისპერსიის ხარისხის გაზრდა. ექსპერიმენტულად დადგინდა, რომ მემბრანის სისქის სწორი შემცირებას შეუძლია შეამციროს მასაგადატანის წინააღმდეგობა და გაზარდოს მემბრანაში გამავალი წყლის ნაკადი.

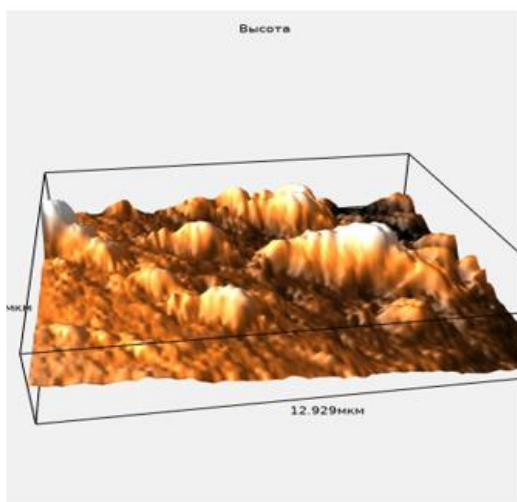
ცხრილიდან ჩანს, რომ პოლიმერის კონცენტრაციის გაზრდასთან ერთად იზრდება მემბრანების სისქე და მცირდება წარმადობა. ეს მიუთითებს იმაზე, რომ ხსნარების სიბლანტის ცვლილება კონცენტრაციის გაზრდისას ერთ - ერთი მთავარი ფაქტორია მემბრანის სისქისთვის. ექსპერიმენტიული კვლევების შედეგებიდან გამომდინარე დადგინდა, რომ როგორც ძალიან განზავებული ასევე, უფრო მაღალი კონცენტრაციის კომპოზიციები არ გამოდგება უდეფექტო მემბრანების ფორმირებისას. აღნიშნულ დასკვნას ადასტურებს მიღებული მემბრანების ზედაპირების მიკროსტრუქტურის შესწავლა მასკანირებელი ზონდური მიკროსკოპით. მიკროსურათების ანალიზმა აჩვენა, რომ უფრო მცირე სისქის მემბრანების კერძოდ, 6%, და 7%-იანი კომპოზიციებიდან პეს/დმაა/MgCl₂ გამოლექილი მემბრანული ნიმუშების ზედაპირული ტოპოგრაფია 10%-იანი პოლიმერული კომპოზიციიდან მიღებულ ნიმუშის ზედაპირთან შედარებით არის ფაშარი, დეფექტური, არაერთგვაროვანი და მაკრო ღრუებით (სურათი 1, 2). არასასურველი ზედაპირული ტოპოგრაფიის მემბრანა იქნა მიღებული 12%-იანი კომპოზიციის გამოლექვისას (სურათი 3).



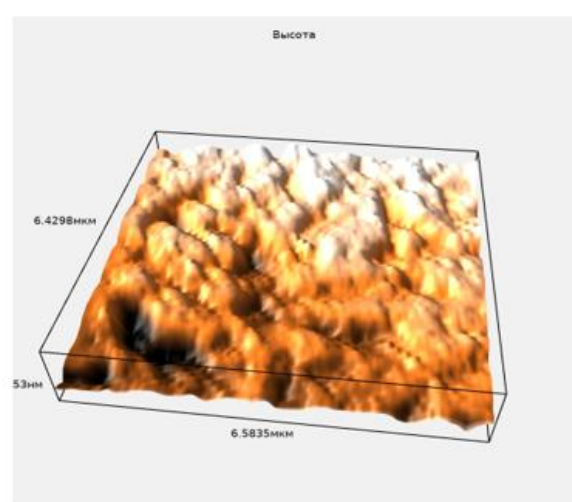
სურათი 1. 6%-იანი კომპოზიციიდან (პეს) გამოლექილი P2 მემბრანის მიკროსურათი(2D).



სურათი 2. 7%-იანი კომპოზიციიდან (პეს) გამოლექილი P4 მემბრანის მიკროსურათი (2D).



სურათი 3. 12%-იანი კომპოზიციიდან გამოლექილი P1 მემბრანის მიკროსურათი.



სურათი 4. 10%-იანი კომპოზიციიდან გამოლექილი P8 მემბრანის მიკროსურათი.

ექსპერიმენტული კვლევების შედეგების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ პოლიმერის განსხვავებული კონცენტრაციის და გამოლექვის განსხვავებული ტემპერატურული რეჟიმის პირობებში ჩატარებისას 50°C-ზე და 10%-იანი პოლიმერული კომპოზიციიდან გამოლექილ მემბრანას გააჩნია შედარებით უფრო

დიდი სისქე, ზედაპირის უკეთესი ტოპოგრაფია და სტრუქტურა ასევე, წარმადობა, რაც ნიშნავს, რომ 10%-იანი კომპოზიცია წარმოადგენს ოპტიმალურ რეცეპტურას ბარომემბრანული პროცესებისათვის შესაბამისი სტრუქტურის, მორფოლოგიის და სისქის მემბრანის (P8) მისაღებად (სურათი 4).

ჩატარებულ კვლევებზე გამოქვეყნებულია სამეცნიერო ნაშრომი “განსხვავებული სისქის მემბრანების მახასიათებლების ბარომემბრანული პროცესების წარმადობაზე დამოკიდებულების კვლევა,” ბიბლიოშეილი გ.ვ., გოგესაშვილი ნ.ნ., ჯავაშვილი ზ.დ., კაკაბაძე ე.გ., საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2023, №2, ტომ. 98, გვ. 47-48

პროექტი III

2023 წელი

მიმართულება I

დღეისათვის მემბრანული ტექნოლოგიის მთავარი მიზანია ახალი თაობის მემბრანების შემუშავება მიზანმიმართულად ჩამოყალიბებული სტრუქტურით, რაც საშუალებას მოგვცემს გარკვეული ჰიდროდინამიკური რეჟიმების არჩევისას გაიზარდოს მემბრანების გამტარიანობა და შერჩევითობა სამიზნე კომპონენტებისათვის მემბრანების ფუნქციური მახასიათებლების სტაბილურობის მიღწევით. ამავე დროს, დაგეგმილი იყო მემბრანული ტექნოლოგიების ახალი შესაძლებლობების ფართო ძიება, როგორც ახალი მემბრანული პროცესების განვითარებისათვის საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო პრობლემების გადასაჭრელად ასევე, არსებული პროცესების ტექნოლოგიური სქემების ოპტიმიზაციისათვის.

პროექტის მთავარ მიმართულებას წარმოადგენს, სხვადასხვა სითხეების ფილტრაციული პროცესების ჰიდროდინამიკური რეჟიმების, მემბრანის დაჭუჭყიანების მექანიზმის შესწავლა და ამის საფუძველზე, ისეთი ახალი კანონზომიერებების გამოვლენა, რაც საშუალებას იძლევა ტექნოლოგიური გათვლები, მემბრანული აპარატების და დანადგარების პროექტირება იმგვარად განხორციელდეს, რომ შეიქმნას მაღალი წარმადობის, ექსპლოატაციის ხანგრძლივი ვადის მქონე მემბრანული დანადგარები. ტურბულენტური ნაკადის განხორციელების გზით ჩატარდა ტანგენციალური ბარომემბრანული პროცესის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა. მემბრანული დანადგარის მუშა კვანძის გეომეტრიული დაგეგმარებისათვის განხორციელდა FTU-0,03 სიმღვრივის წყლის ნაკადის დინების ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების თეორიული გათვლა ბრდელადაპარარელური ტიპის სხვადასხვა სიმაღლის სადაწნო საკნისათვის. მიკროფილტრაციული გაყოფის პროცესში, სადაწნო საკანში სითხის მოძრაობის დასახასიათებლად გამოყენებული იქნა რეინოლდსის რიცხვი, რომელიც განისაზღვრა სადაწნო საკნის ჰიდრავლიკური დიამეტრის, საშუალო სიჩქარისა და სითხის კინემატიკური სიბლანტის საშუალებით.

ცხრილი 1. FTU-0,03 სიმღვრივის წყლისათვის, სადაწნო საკანში სხვადასხვა სიმაღლისათვის სითხის სიჩქარეები, შესაბამისი Re რიცხვი და ხარჯი- Q

მ/წმ	0,5	1	1,265	1,5	2,04	2,5	3,02	4	5	5,94	7	11,75
$h=0,188$ $F=B \times h = 12 \times 0,1=1,288$; $\chi=2B+2h=24+0,2=24,288=24,2 \times 10^{-3}$; $R=\frac{F}{\chi}=\frac{1,2}{24,2} \approx 0,0495888=0,04958 \times 10^{-3}$; $d=4 \times R=0,197888=0,198371 \times 10^{-3}$;												
$v \times d$ (მ)	$0,099$ 2×10^{-3}	$0,1984$ $\times 10^{-3}$	$0,2509$ $\times 10^{-3}$	$0,2975$ $\times 10^{-3}$	$0,4046$ $\times 10^{-3}$	$0,4959$ $\times 10^{-3}$	$0,599 \times$ 10^{-3}	$0,7934$ $\times 10^{-3}$	$0,9918 \times$ 10^{-3}	$1,1783 \times$ 10^{-3}	$1,388 \times$ 10^{-3}	$2,331 \times$ 10^{-3}
Re	99	197	249	296	403	494	597	790	988	1178	1383	2322
Q (მ ³ /წმ)	$0,6 \times$ 10^{-6}	$1,2 \times$ 10^{-6}	$1,518 \times$ 10^{-6}	$1,8 \times$ 10^{-6}	$2,448 \times$ 10^{-6}	$3, \times$ 10^{-6}	$3,6 24 \times$ 10^{-6}	$4,8 \times$ 10^{-6}	6×10^{-6}	$7,128 \times$ 10^{-6}	$8,4 \times$ 10^{-6}	$14,1 \times$ 10^{-6}

h=0,288 $F=B \times h = 12 \times 0,2=2,488^2 = 2,4 \times 10^{-6} \partial^2$; $\chi=2B+2h=24+0,4=24,488=24,4 \times 10^{-3}$; $R=\frac{F}{\chi}=\frac{2,4}{24,4} \approx 0,0983688=0,09836 \times 10^{-3} \partial$; $d=4 \times R =0,391388=0,39344 \times 10^{-3} \partial$;												
$v \times d$ (∂)	0,1967 $\times 10^{-3}$	0,3934 $\times 10^{-3}$	0,4977 $\times 10^{-3}$	0,5902 $\times 10^{-3}$	0,8026 $\times 10^{-3}$	0,9836 $\times 10^{-3}$	1,1881 $\times$ 10^{-3}	1,574 $\times 10^{-3}$	1,9672 $\times$ 10^{-3}	2,331 $\times$ 10^{-3}	2,754 $\times$ 10^{-3}	4,623 $\times$ 10^{-3}
<i>Re</i>	196	392	496	587	799	980	1183	1567	1959	2328	2743	4604
Q, ($\partial^3/\nabla \partial$)	1,2 $\times$ 10^{-6}	2,4 $\times$ 10^{-6}	3,036 $\times$ 10^{-6}	3,6 $\times$ 10^{-6}	4,896 $\times$ 10^{-6}	6, $\times$ 10^{-6}	7,248 $\times$ 10^{-6}	9,6 $\times$ 10^{-6}	12 $\times$ 10^{-6}	14,26 $\times$ 10^{-6}	16,8 $\times$ 10^{-6}	28,2 $\times$ 10^{-6}
h=0,488 $F=B \times h = 12 \times 0,4=4,888^2 = 4,8 \times 10^{-6} \partial^2$; $\chi=2B+2h=24+0,8=24,888=18,8 \times 10^{-3}$; $R=\frac{F}{\chi}=\frac{4,8}{24,8} \approx 0,191588=0,19354 \times 10^{-3} \partial$; $d=4 \times R =0,774198=0,7719 \times 10^{-3} \partial$;												
$v \times d$ (∂)	0,386 $\times 10^{-3}$	0,771 $\times$ 10^{-3}	0,976 $\times$ 10^{-3}	1,1578 $\times 10^{-3}$	1,574 $\times$ 10^{-3}	1,930 $\times$ 10^{-3}	2,3311 $\times$ 10^{-3}	3,086 $\times 10^{-3}$	3,859 $\times$ 10^{-3}	4,585 $\times$ 10^{-3}	5,4098 $\times$ 10^{-3}	9,069 $\times$ 10^{-3}
<i>Re</i>	384	768	972	1153	1568	1922	2321	3075	3844	4567	5382	9034
Q ($\partial^3/\nabla \partial$)	2,4 $\times$ 10^{-6}	4,8 $\times$ 10^{-6}	6,072 $\times$ 10^{-6}	7,2 $\times$ 10^{-6}	9,792 $\times$ 10^{-6}	12 $\times$ 10^{-6}	14,49 $\times$ 10^{-6}	19,2 $\times$ 10^{-6}	24 $\times 10^{-6}$	28,51 $\times$ 10^{-6}	33,6 $\times$ 10^{-6}	56,4 $\times$ 10^{-6}
h=0,688 $F=B \times h = 12 \times 0,6=7,288^2 = 7,2 \times 10^{-6} \partial^2$; $\chi=2B+2h=24+1,2=25,288=1$ $R=\frac{F}{\chi}=\frac{7,2}{25,2} \approx 0,2854188=0,28541 \times 10^{-3} \partial$; $d=4 \times R =1,142888=1,1428 \times 10^{-3} \partial$;												
$v \times d$ (∂)	0,5714 $\times 10^{-3}$	1,1428 $\times 10^{-3}$	1,4456 $\times 10^{-3}$	1,7142 $\times 10^{-3}$	2,331 $\times$ 10^{-3}	2,857 $\times$ 10^{-3}	3,4512 $\times$ 10^{-3}	4,5712 $\times 10^{-3}$	5,714 $\times$ 10^{-3}	6,788 $\times$ 10^{-3}	7,999 $\times$ 10^{-3}	13,428 $\times$ 10^{-3}
<i>Re</i>	569	1138	1440	1707	2322	2846	3437	4552	5691	6761	7968	13374
Q ($\partial^3/\nabla \partial$)	3,6 $\times$ 10^{-6}	7,2 $\times$ 10^{-6}	9,108 $\times$ 10^{-6}	10,8 $\times$ 10^{-6}	14,69 $\times$ 10^{-6}	18 $\times$ 10^{-6}	21,744 $\times$ 10^{-6}	28,8 $\times$ 10^{-6}	36 $\times 10^{-6}$	42,768 $\times$ 10^{-6}	50,4 $\times$ 10^{-6}	84,6 $\times$ 10^{-6}
h=188 88 $F=B \times h = 12 \times 1=1288^2 = 12 \times 10^{-6} \partial^2$; $\chi=2B+2h=24+2=2688=26 \times 10^{-3}$; $R=\frac{F}{\chi}=\frac{12}{26} \approx 0,461588=0,4615 \times 10^{-3} \partial$; $d=4 \times R =1,8461588=1,846153 \times 10^{-3} \partial$;												
$v \times d$ (∂)	0,923 $\times 10^{-3}$	1,846 $\times$ 10^{-3}	2,3353 $\times 10^{-3}$	2,769 $\times$ 10^{-3}	3,766 $\times$ 10^{-3}	4,6153 $\times 10^{-3}$	5,575 $\times$ 10^{-3}	7,384 $\times 10^{-3}$	9,2306 $\times$ 10^{-3}	10,96 $\times$ 10^{-3}	12,923 $\times$ 10^{-3}	21,69 $\times$ 10^{-3}
<i>Re</i>	919	1839	2326	2750	3751	4597	5553	7355	9194	10922	12871	21605
Q ($\partial^3/\nabla \partial$)	6 $\times$ 10^{-6}	12 $\times$ 10^{-6}	15,18 $\times$ 10^{-6}	18 $\times$ 10^{-6}	24,48 $\times$ 10^{-6}	30 $\times$ 10^{-6}	36,24 $\times$ 10^{-6}	48 $\times$ 10^{-6}	60 $\times 10^{-6}$	71,28 $\times$ 10^{-6}	84 $\times$ 10^{-6}	141 $\times$ 10^{-6}

ნაკადის დინების ექსპერიმენტული მონაცემების ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების თეორიულ მონაცემებთან შედარება განხორციელდა რეინოლდსის მნიშვნელობების მიხედვით. კვლევის შედეგები ასახულია ცხრილში 2.

ცხრილი 2. ლამინარული, გარდამავალი და ტურბულენტური რეჟიმის უზრუნველყოფის რეჟიმული პარამეტრები

რეინოლდსის რიცხვი და ჰიდროდინამიკური ნაკადის ტიპი	საკნის სიმაღლე, მმ				
	0,1	0,2	0,4	0,6	1
	ნაკადის სიჩქარე, მ/წმ				
Re<2300 ლამინარული	11,75	6	3	2,04	1,25
2300<Re< 4000 გარდამავალი ტურბულენტური	20	10	5,2	3,5	2,2
Re >4000 ტურბულენტური	23	11,5	5,85	4	2,5

რეინოლდსის რიცხვი მნიშვნელობით Re<2300 ლამინარულ, 2300<Re>4000 გარდამავალ ტურბულენტურს და Re>4000 ტურბულენტურ დინებაზე მიუთითებს. თეორიული გათვლების შედეგად დადგინდა, რომ ტურბულენტური რეჟიმის განსახორციელებლად მიზანშეწონილი არ არის სადაწნეო საკნის ისეთი გეომეტრია, რომელშიც საკნის სიმაღლე იქნება 0,1მმ და 0,2მმ, 0,4მმ, რადგან სითხის ნაკადის 5,85მ/წმ-დან და 23 მ/წმ-მდე სიჩქარის განვითარება იწვევს მემბრანული სისტემის დეტალებისა და მემბრანების მექანიკურ რხევებს, რაც მიკროფილტრაციული მემბრანული გაყოფის პროცესების განხორციელებისათვის არ არის რაციონალური, როგორც აპარატურის ტექნიკური შესრულების, ტექნოლოგიური და ენერგოდანახარჯების თვალსაზრისით. ამიტომ, თეორიული გათვლების ანალიზის საფუძველზე, მიკროფილტრაციული გაყოფის პროცესის ოპტიმალური გეომეტრიისა და რეჟიმული პარამეტრების დადგენისათვის, ექსპერიმენტული ცდებისათვის შერჩეული იქნა სადაწნეო საკანი სიგანით 12მმ, სიგრძით 32მმ, სიმაღლით 0,6მმ და 1მმ, ფილტრაციისათვის 0,2 მკმ ზომის ფორის მქონე მემბრანა. ექსპერიმენტის შედეგები ასახულია ცხრილში 3.

ცხრილი 3. სითხის ნაკადის ტურბულენტური რეჟიმისათვის, 0,2 მკმ ფორის ზომის მემბრანის ხვ. წარმადობა, სადაწნეო საკნის სხვადასხვა სიმაღლისათვის

საკნის სიმაღლე,მმ	სითხის სიჩქარე საკანში, მ/წმ	წნევა, ბარი	ხვ. წარმადობა (ლ/მ²სთ)
0,6	4	0,5	45
		1	75
1	2,5	0,5	60
		1	90

დადგენილი იქნა, მემბრანული სისტემის სადაწნეო საკანის ოპტიმალური გეომეტრიული კონფიგურაცია ნაკადის ტურბულენტური მოძრაობისათვის მიკროფილტრაციული პროცესის პირობებში. დიდი მოცულობის სამრეწველო ნაკადების საფილტრაციოდ რეკომენდირებულია მემბრანული სისტემა სადაწნეო საკანის სიმაღლით 0,6 მმ, 1მმ, რომელიც უზრუნველყოფს, ინტენსიური ტურბულენტური რეჟიმული პარამეტრების მქონე დინებას, მიკროფილტრაციული პროცესის საექსპლოატაციო მაჩვენებლების ეფექტურობას და სტაბილურობას. ამგვარად, ჩიხური და ტანგენციალური ბარომემბრანული პროცესების სათანადო მაჩვენებლების დიფერენცირებამ განაპირობა, სამრეწველო მოცულობის მაღალი კონცენტრაციის მქონე საფილტრაციო ნაკადების ხანგრძლივი დროით დამუშავებისათვის უპირატესობა მიგვენიჭებინა ტანგენციალურ პრინციპზე მომუშავე მემბრანული მოდულებისათვის.

მიმართულება II

სასმელი წყლის ხარისხის რეგულირება მოსახლეობის ჯანმრთელობის დაცვის უმნიშვნელოვანესი მიმართულებაა, ხოლო წყლის ფაქტორით განპირობებული ინფექციური და არაინფექციური დაავადებების პროფილაქტიკა კვლავ რჩება ქვეყანაში სახელმწიფო პოლიტიკის, ჰიგიენური მეცნიერებისა და პრაქტიკის ერთ - ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებად. ამიტომ, გაზრდილია მოთხოვნა მაღალი ხარისხის სასმელი წყლის მისაღებად საჭირო მემბრანულ დანადგარებსა და ტექნოლოგიებზე, რომელიც გულისხმობს სითხეების გაწმენდა - სტერილიზაციას, შეწონილი ნაწილაკების გრანულომეტრიულ რეგულირებას, ბაქტერიების, საფუარების მოცილებას, ქიმიური ელემენტების დასაშვებ ნორმასთან მისადაგებას და კეთილსასურველი ორგანოლექტიკური თვისებების მინიჭებას.

მემბრანული აპარატის ინტენსიური მუშაობის პროცესში, მემბრანული ფირის ზედაპირზე წარმოქმნილი დანალექი ქმნის ბარიერს, რომელიც ამცირებს საფილტრაციო ზედაპირის მარგი ქმედების კოეფიციენტს, აუარესებს მემბრანის სელექტიურობას და წარმადობას, ზრდის მემბრანული აპარატის ჰიდრაულიკურ წინააღმდეგობას, აფერხებს დანადგარის სტაბილურ მუშაობას და ამცირებს ექსპლუატაციის რესურსს.

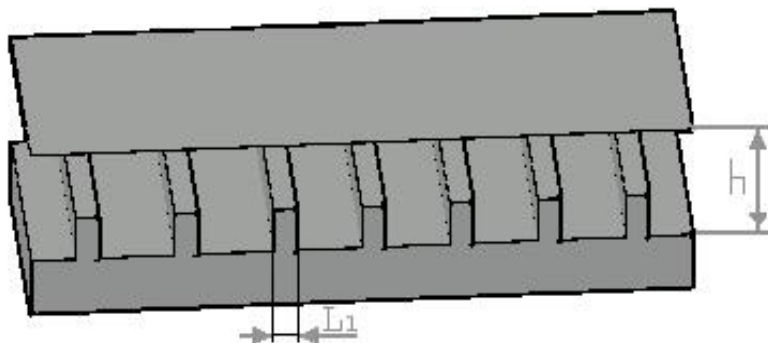
მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტში უკვე არსებული დანადგარების ექსპლოატაციის მაღალი ტექნიკურ-ეკონომიური მაჩვენებლების გასაუმჯობესებლად, მემბრანული სისტემის სადაწნეო საკანის ოპტიმალური გეომეტრიული კონფიგურაციის შესწავლისათვის, ცვალებადი წნევის, სიჩქარის და საცირკულაციო ნაკადის პირობებში, ჩატარდა მიკროფილტრაციული გაყოფის პროცესის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები. ექსპერიმენტული კვლევები ტარდებოდა მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტში შექმნილი ტანგენციალური მიკროფილტრაციის ლაბორატორიულ მემბრანულ დანადგარზე. დანადგარის მუშა კვანძის გეომეტრიული დაგეგმარებისათვის განხორციელდა გამოხდილი წყლის ნაკადის ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების თეორიული გათვლა ბრტყლადპარალელური ტიპის სადაწნეო საკანისათვის, რომლის ზომაა: სიგანე $B=46,5 \times 10^{-3} \text{ მ}$; სიგრძე $l=96 \times 10^{-3} \text{ მ}$; სიმაღლეები: 1) $h = 0,2 \times 10^{-3} \text{ მ}$; 2) $h = 0,4 \times 10^{-3} \text{ მ}$; 3) $h=0,6 \times 10^{-3} \text{ მ}$; 4) $h=1 \times 10^{-3} \text{ მ}$; სადაწნეო საკანში წყლის მოძრაობის დასახასიათებლად გამოყენებული იქნა რეინოლდსის რიცხვი, რომელიც განისაზღვრა სადაწნეო საკანის გეომეტრიით, საშუალო სიჩქარით და კინემატიკური სიბლანტით სხვადასხვა სიჩქარით მოძრავი წყლის ნაკადისათვის. კვლევის შედეგები ასახულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1. სხვადასხვა სიმაღლეების სადაწნეო საკანისთვის Re რიცხვი და ხარჯი Q

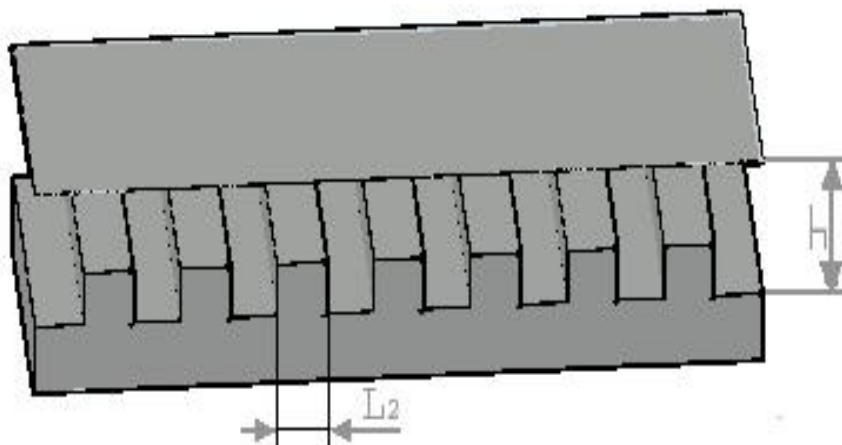
$v(\text{მ/წმ})$	1	1,19	1,5	2	3	4	5	5,2	5,5	6	7	11,7
$h=0,1\text{მმ}$ $F=B \times h = 46,5 \times 0,1=4,65\text{მმ}^2 = 4,65 \times 10^{-6}\text{მ}^2$; $\chi=2B+2h=93+0,2=93,2\text{მმ}=93,2 \times 10^{-3}\text{მ}$; $R=\frac{F}{\chi} \frac{4,65}{93,2} \approx 0,05043\text{მმ}=0,05043 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $d=4 \times R = 0,2017\text{მმ}=0,2017 \times 10^{-3}\text{მ}$;												
$v \times d$ (მ)	0,201 7×10^{-3}	0,2400 $\times 10^{-3}$	0,3025 $\times 10^{-3}$	0,403 4×10^{-3}	0,605 $\times 10^{-3}$	0,8068 10^{-3}	1,008 $\times 10^{-3}$	1,048 $\times 10^{-3}$	1,109 $\times 10^{-3}$	1,210 $\times 10^{-3}$	1,412 $\times 10^{-3}$	2,360 $\times 10^{-3}$

	10^{-3}			10^{-3}								
Re	200,8	239	301	401	602	803	1004	1045	1104	1205	1140,6	2350
Q (∂^3/∂^3)	$4,65 \times 10^{-6}$	$5,5335 \times 10^{-6}$	$6,975 \times 10^{-6}$	$9,3 \times 10^{-6}$	$13,95 \times 10^{-6}$	$18,6 \times 10^{-6}$	$23,25 \times 10^{-6}$	$24,18 \times 10^{-6}$	$25,57 \times 10^{-6}$	$27,9 \times 10^{-6}$	$32,55 \times 10^{-6}$	$54,4 \times 10^{-6}$
h=0,288 $F=B \times h = 46,5 \times 0,2 = 9,3 \partial^2 = 9,3 \times 10^{-6} \partial^2$; $\chi = 2B + 2h = 93 + 0,4 = 93,4 \partial = 93,4 \times 10^{-3} \partial$; $R = \frac{F}{\chi} = \frac{9,3}{93,4} \approx 0,09957 \partial = 0,09957 \times 10^{-3} \partial$; $d = 4 \times R = 0,3982 \partial = 0,3982 \times 10^{-3} \partial$												
v × d (∂)	$0,398 \times 10^{-3}$	$0,47 \times 10^{-3}$	$0,597 \times 10^{-3}$	$0,79 \times 10^{-3}$	$1,194 \times 10^{-3}$	$1,593 \times 10^{-3}$	$1,991 \times 10^{-3}$	$2,071 \times 10^{-3}$	$2,190 \times 10^{-3}$	$2,3892 \times 10^{-3}$	$2,7874 \times 10^{-3}$	$4,6589 \times 10^{-3}$
Re	396,7	470	595	793	1190	1586	1983	2062	2181	2379	2776	4640
Q (∂^3/∂^3)	$9,3 \times 10^{-6}$	$11,07 \times 10^{-6}$	$13,95 \times 10^{-6}$	$18,6 \times 10^{-6}$	$27,9 \times 10^{-6}$	$37,2 \times 10^{-6}$	$46,5 \times 10^{-6}$	$48,4 \times 10^{-6}$	$51,15 \times 10^{-6}$	$55,81 \times 10^{-6}$	$65,1 \times 10^{-6}$	$108,8 \times 10^{-6}$
h=0,488 $F=B \times h = 46,5 \times 0,4 = 18,6 \partial^2 = 18,6 \times 10^{-6} \partial^2$; $\chi = 2B + 2h = 93 + 0,8 = 93,8 \partial = 93,8 \times 10^{-3} \partial$; $R = \frac{F}{\chi} = \frac{18,6}{93,8} \approx 0,1982 \partial = 0,1982 \times 10^{-3} \partial$; $d = 4 \times R = 0,7931 \partial = 0,7931 \times 10^{-3} \partial$												
v × d (∂)	$0,793 \times 10^{-3}$	$0,94 \times 10^{-3}$	$1,189 \times 10^{-3}$	$1,586 \times 10^{-3}$	$2,379 \times 10^{-3}$	$3,172 \times 10^{-3}$	$3,965 \times 10^{-3}$	$4,124 \times 10^{-3}$	$4,362 \times 10^{-3}$	$4,758 \times 10^{-3}$	$5,552 \times 10^{-3}$	$9,279 \times 10^{-3}$
Re	790	940	1189	1580	2369	3159	3949	4107	4344	4739	5529	9242
Q (∂^3/∂^3)	$18,6 \times 10^{-6}$	$22,13 \times 10^{-6}$	$27,9 \times 10^{-6}$	$37,2 \times 10^{-6}$	$55,8 \times 10^{-6}$	$74,4 \times 10^{-6}$	93×10^{-6}	$96,7 \times 10^{-6}$	102×10^{-6}	111×10^{-6}	$218,6 \times 10^{-6}$	$326,4 \times 10^{-6}$
h=0,688 ; $F=B \times h = 0,6 \times 46,5 = 27,9 \partial^2 = 27,9 \times 10^{-6} \partial^2$; $\chi = 2(h+B) = 2(0,6+46,5) = 94,2 \partial = 94,2 \times 10^{-3} \partial$; $R = F/\chi = (27,9/94,2) = 0,2962 \times 10^{-3} \partial$; $d = 4 \times R = 1,1847 \times 10^{-3} \partial$												
v × d (∂)	$1,184 \times 10^{-3}$	$1,41 \times 10^{-3}$	$1,776 \times 10^{-3}$	$2,368 \times 10^{-3}$	$3,552 \times 10^{-3}$	$4,736 \times 10^{-3}$	$5,919 \times 10^{-3}$	$6,16 \times 10^{-3}$	$6,512 \times 10^{-3}$	$7,103 \times 10^{-3}$	$8,293 \times 10^{-3}$	$13,861 \times 10^{-3}$
Re	1179	1400	1768	2359	3537	4717	5896	6136	6486	7075	8260	13805
Q (∂^3/∂^3)	$27,1 \times 10^{-6}$	$33,2 \times 10^{-6}$	$41,85 \times 10^{-6}$	$55,8 \times 10^{-6}$	$83,7 \times 10^{-6}$	$111,7 \times 10^{-6}$	$139,5 \times 10^{-6}$	145×10^{-6}	$153,4 \times 10^{-6}$	$167,4 \times 10^{-6}$	$195,3 \times 10^{-6}$	$326,43 \times 10^{-6}$
h=188 $= 1 \times 10^{-3} \partial$; $F=B \times h = 46,5 \partial^2 = 46,5 \times 10^{-6} \partial^2$; $\chi = 2(h+B) = 2(1+46,5) = 95 \partial = 95 \times 10^{-3} \partial$; $R = F/\chi = (46,5/95 \partial) = 0,49 \partial = 0,49 \times 10^{-3} \partial$; $d = 4 \times R = 1,96 \times 10^{-3} \partial$;												
v × d (∂)	$1,96 \times 10^{-3}$	$2,33 \times 10^{-3}$	$2,94 \times 10^{-3}$	$3,92 \times 10^{-3}$	$5,88 \times 10^{-3}$	$4,196 \times 10^{-3}$	$9,8 \times 10^{-3}$	$10,19 \times 10^{-3}$	$10,78 \times 10^{-3}$	$11,76 \times 10^{-3}$	$13,72 \times 10^{-3}$	$22,932 \times 10^{-3}$
Re	1950	2320	2930	3900	5860	4179	9760	10150	10740	11710	13665	22840
Q (∂^3/∂^3)	$46,5 \times 10^{-6}$	$55,54 \times 10^{-6}$	$69,75 \times 10^{-6}$	$93,0 \times 10^{-6}$	$139,5 \times 10^{-6}$	186×10^{-6}	$232,5 \times 10^{-6}$	$241,8 \times 10^{-6}$	$255,7 \times 10^{-6}$	279×10^{-6}	$325,5 \times 10^{-6}$	$544,05 \times 10^{-6}$

კვლევის თეორიული და ექსპერიმენტული მონაცემების ანალიზის შედეგად შეიძლება დავასკვნათ, რომ მემბრანული აპარატის ზემოთ განხილული გეომეტრიის შემთხვევაში, ლამინარული ნაკადის პირობებში, დაბალია საწარმოო ხარჯები და დანადგარის ხვედრითი წარმადობა. ტურბულენტური რეჟიმის პირობების განხორციელებისათვის, რეინოლდსის მაღალი მნიშვნელობის მიღება დაკავშირებულია სადაწნო საკანში სითხის ნაკადის მაღალ სიჩქარესთან, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის ენერგოდანახარჯებს. ლაბორატორიული დანადგარისათვის განისაზღვრა სადაწნო საკნის გეომეტრიის კონსტრუქციული თავისებურებები და კონსტრუქციული ელემენტების ცვლადი მნიშვნელობების დიაპაზონი, რომლის პრინციპული სქემები მოცემულია სურათზე 1 და 2:



სურათი 1. სადაწნო საკანი მინიმალური ზომის (L_1) კონსტრუქციული ელემენტით



სურათი 2. სადაწნო საკანი მაქსიმალური ზომის (L_2) კონსტრუქციული ელემენტით

წყლის მიკროფილტრაციულ მემბრანულ აპარატში სადაწნო საკნის სიმაღლის (h_1, h_2, h_3) და ზედაპირის გეომეტრიაში კონსტრუქციული ელემენტების ზღვრული მნიშვნელობებისათვის განხორციელებულმა ექსპერიმენტულმა კვლევებმა მემბრანის ერთეულ ფართისათვის განაპირობა გამყოფ შრეში სითხის ნაკადის ეფექტური და ინტენსიური მოძრაობა, რამაც უზრუნველყო სითხის ნაკადის ჰიდროდინამიკური მაჩვენებლების ოპტიმიზაცია დანადგარის ცვალებადი ხვედრითი წარმადობის სტაბილური მაჩვენებლებით. კვლევის შედეგები ასახულია ცხრილში 2.

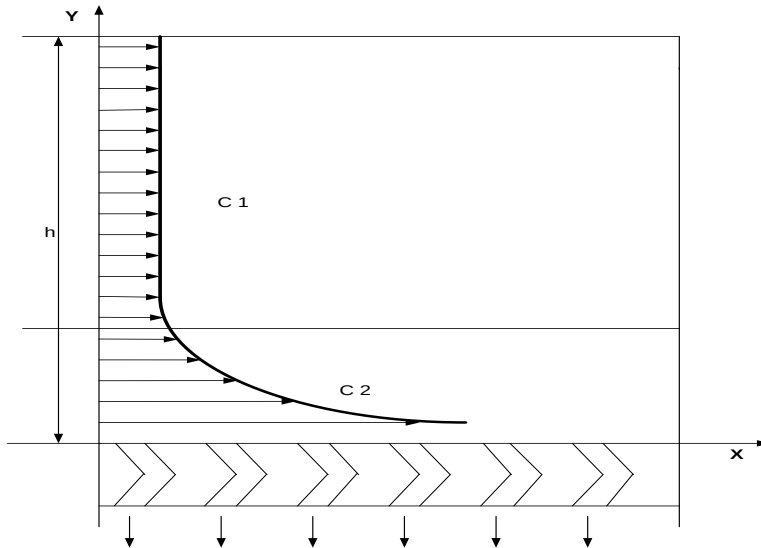
ცხრილი 2. მემბრანული აპარატის სადაწნო საკნის h_1, h_2, h_3 სიმაღლის ზედაპირის გეომეტრიის კონსტრუქციული ელემენტების, ზომით L_1 და L_2 ხვ. წარმადობის მნიშვნელობები

საკნის სიმაღლე, მმ	h_1	h_2	h_3

ხვ.წარმადობა, J ლ/მ ² სთ (L ₁)	156	184	200
ხვ.წარმადობა, J ლ/მ ² სთ (L ₂)	224	266	414

მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკნის გეომეტრიაში განხორციელებულმა ცვლილებებმა უზრუნველყო ლამინარული და ტურბულენტური ნაკადების ჰიბრიდული რეჟიმის წარმოქმნა, რომლის პირობებში დანადგარის ხვედრითი წარმადობის მაჩვენებელი აღემატება ლამინარული და ტურბულენტური ნაკადებისათვის მიღებულ შესაბამის მაჩვენებლებს.

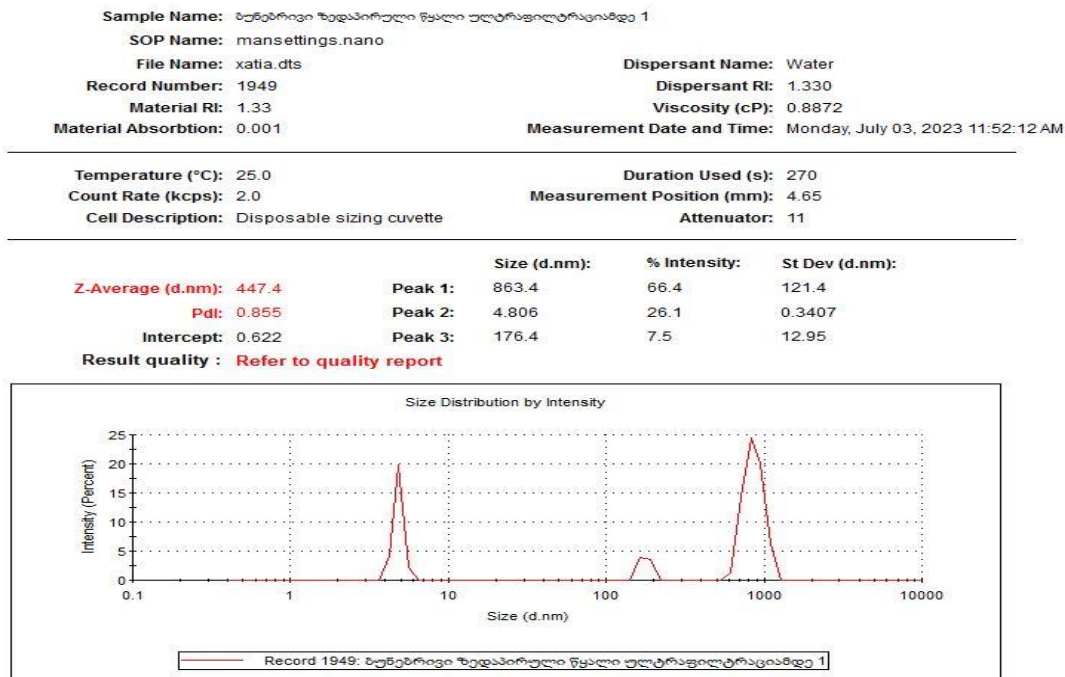
მასაგადატანის პროცესის აღწერისათვის შემუშავდა მიკროფილტრაციის გაყოფის პროცესის სქემატური მოდელი, რომელზეც ასახულია ხსნარის კონცენტრაცია სადაწნეო საკნის სიმაღლის მიხედვით:



სურათი 3. მიკროფილტრაციის გაყოფის პროცესში ხსნარის კონცენტრაცია სადაწნეო საკნის სიმაღლის მიხედვით

მასაგადატანის პროცესის მიახლოებული შეფასებისათვის შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ფილტრაციის პირველ ეტაპზე, საწყისი ხსნარის კომპონენტების და პერმეატის ფიზიკურ - ქიმიური თვისებები უცვლელია. შემდგომ ეტაპზე, მემბრანის ზედაპირზე გარკვეულ სასაზღვრო ფენაში გროვდება ნაწილაკები, რომელთა კონცენტრაცია უფრო მაღალია (C₂), ვიდრე თავდაპირველ ხსნარში (C₁), (სურათი 3). მიკროფილტრაციის პროცესში, კონცენტრაციული პოლარიზაციის რაოდენობრივ მნიშვნელობას განსაზღვრავს მემბრანის ზედაპირის ახლო შრეში კოლოიდური და მაღალმოლეკულური ნივთიერებების კონცენტრაცია, რომელიც განპირობებულია მემბრანის ფორის ზომით, რეტენტატისა და პერმეატის ნაკადის ფარდობითი ოდენობით.

ბუნებრივი წყლების მიკროფილტრაციის პროცესში, მემბრანის ზედაპირზე დეპონირდება შემდეგი ქიმიური კომპონენტები: ლითონის ჰიდროქსიდები, სილიკატები, ალუმინოსილიკატები, მიკროორგანიზმები, ჰუმუსური ნივთიერებები და მცირე რაოდენობით მეტასილიციუმის მჟავა (H₂SiO₂), ნატრიუმის ქლორიდი (NaCl), კალციუმის კარბონატი (CaCO₃), კალციუმის ქლორიდი (CaCl₂), მაგნიუმის ჰიდროქსიდი Mg(OH)₂. ნალექებიდან მიღებულ სუსპენზიებში ნაწილაკების ზომები განისაზღვრა ანალიზატორით Zetasizer Nano Zen 3690. ანალიზამდე სუსპენზიის ნიმუშები ექვემდებარებოდა ულტრაბგერით აპარატში დამუშავებას.



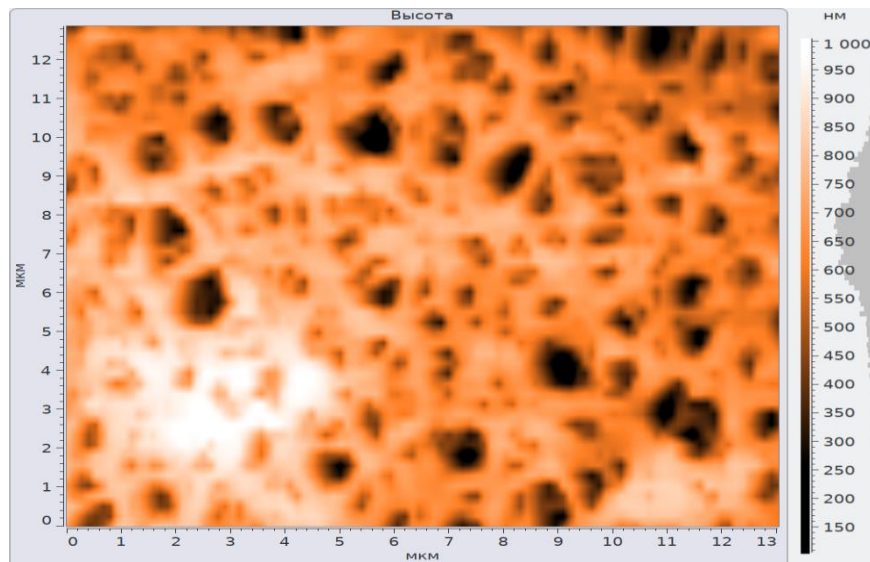
სურათი 4. მოდელურ ხსნარებში არსებული ნაწილაკების ჰიდროდინამიკური დიამეტრი მემბრანული ფირის გადწევადობის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევით შესაძლებელი გახდა, ფილტრაციის პროცესში მემბრანის ზედაპირზე წარმოქმნილი დანალექის კლასიფიკაცია მოდელურ ხსნარებში არსებული 56მ-დან 85მ-მდე, 180ნმ-დან 400ნმ-მდე, 800ნმ-დან 1200ნმ-მდე ზომის ნაწილაკების მიხედვით, რის საფუძველზე განხორციელდა ბარომემბრანული პროცესებისთვის განკუთვნილი გრანულომეტრიული ნაწილაკების კლასიფიკატორის შედგენა.

სხვადასხვა სიმღვრივის ზუნებრივი წყლების მიკროფილტრაციისათვის შერჩეული იქნა 0,2 მკმ ზომის ფორის მემბრანა, რომლის საშუალებით შესაძლებელი გახდა ბაქტერიების lactobacillus და pediococcus დაჭერა.

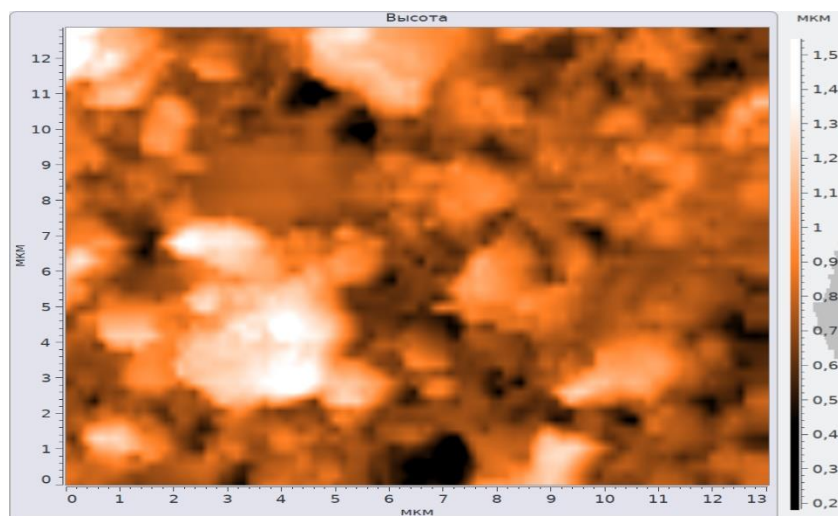


სურათი 5. FTU-0,03 და FTU-50 სიმღვრივის ზუნებრივი წყლების მიკროფილტრაციის შედეგად მემბრანის ზედაპირზე წარმოქმნილი დანალექი

მასკანირებელი (ტუნელური) მიკროსკოპის საშუალებით (Certus Standard V) შესწავლილი იქნა, სუფთა FTU-0,03 და FTU-50 სიმღვრივის მოდელური ხსნარების მიკროფილტრაციის შედეგად მემბრანის ზედაპირზე წარმოქმნილი დანალექი.



სურათი 6. სუფთა მემბრანის ზედაპირის მიკროგრაფიული 2D გამოსახულება



სურათი 7. მემბრანის ზედაპირის მიკროგრაფიული 2D გამოსახულება FTU-50 სიმღვრივის მოდელური ხსნარის მიკროფილტრაციის შემდეგ

ზონდური მიკროსკოპით შესწავლილი იქნა მემბრანის ზედაპირები, სადაც FTU-0,03 სიმღვრივის (დისტილირებული წყალი) ბუნებრივი წყლის მიკროფილტრაციის შედეგად, მემბრანის ზედაპირზე ნათლად წარმოდგენილია მისი ფოროვანი სტრუქტურა უცხო ნაწილაკების გარეშე (სურათი 6). FTU-50 სიმღვრივის მოდელური ხსნარის ფილტრაციის შედეგად, მემბრანის ფოროვანი სტრუქტურა დაფარულია სხვადასხვა გრანულომეტრიული ზომის ნაწილაკებით, ზედაპირი არაერთგვაროვანია, რაც დანალექის წარმოქმნაზე მიუთითებს (სურათი 7).

ტანგენციალური მიკროფილტრაციის პროცესში, მემბრანის ზედაპირზე არაორგანული და ორგანული წარმოშობის ნალექის დეპონირების ხარისხი დამოკიდებულია ნაკადის ჰიდროდინამიკურ პარამეტრებზე, გასაფილტრ წყალში არსებულ ნივთიერების კონცენტრაციაზე, შედგენილობაზე, ზომაზე, მემბრანის ზედაპირის ადსორბციულ თვისებებზე (ჰიდროფობული/ჰიდროფილური), მემბრანის ზედაპირის მუხტზე, ფილტრაციის ტემპერატურასა და pH.

ცხრილი 3. მემბრანის დაბინძურების მექანიზმი

კანონზომიერება	აღწერა
სრული ბლოკირება (ფორების დახშობა)	ნაწილაკების მიერ ფორების დახშობა; $d_{\text{ნაწილაკი}} = d_{\text{ფორა}}$ ნაწილაკები არ გროვდებიან ერთმანეთზე
შუალედური ბლოკირება (ადსორბცია ხანგრძლივი დროის შემთხვევაში)	ნაწილაკების დაგროვება, ფორების დახშობა $d_{\text{ნაწილაკი}} = d_{\text{ფორა}}$
სტანდარტული ადსორბცია (პირდაპირი ადსორბცია)	ნაწილაკების დეპონირება ფორის შიდა კედლებზე, ფორის ზომების შემცირება $d_{\text{ნაწილაკი}} < d_{\text{ფორა}}$

მემბრანის ზედაპირზე შეჩერებული ნივთიერებების მოქმედების მექანიზმი განპირობებულია, წყალში არსებული დიდი ზომის ნაწილაკები მაღალი სიჩქარით გადაადგილებისას აზიანებენ მემბრანის ზედაპირის ფოროვან სტრუქტურას და შეუძლიათ დაახლოვნდნენ მემბრანის ფორები, ხოლო მცირე ზომის ნაწილაკები ნაწილობრივ ამცირებენ ფორების არხებს ან იწვევენ დანალექის წარმოქმნას.

ამრიგად, მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკანის გეომეტრიაში განხორციელებულმა ცვლილებებმა უზრუნველყო ლამინარული და ტურბულენტური ნაკადების ჰიბრიდული რეჟიმის წარმოქმნა, რამაც განაპირობა ჰიდროდინამიკური პროცესის ოპტიმიზაცია დანადგარის ხვედრითი წარმადობის ასიმპტოტური მაჩვენებლის გაზრდით.

სადაწნეო საკანში განხორციელება სითხის მოძრაობის ლამინარული და ტურბულენტური რეჟიმების ინოვაციური ჰიბრიდული ნაკადი, რამაც უზრუნველყო კონცენტრაციული პოლარიზაციის ხარისხის შემცირება, რაც იწვევს მემბრანის ზედაპირზე შეწონილი ნაწილაკებისა და მიკროორგანიზმების დაგროვების პროცესის ინტენსივობის შემცირებას, რაც ზრდის მემბრანის გამოყენების რესურსს, ამცირებს დანადგარის გაწმენდისათვის და რეცხვა-რეგენერაციისათვის გაწეულ ხარჯებს, მაღლდება სასმელი წყლის სისუფთავის ხარისხი და დანადგარის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები.

ჩატარებული სამუშაოების საფუძველზე მომზადდა წლიური ანგარიში და გამოქვეყნდა შემდეგი სტატიები:

1. ბიბილეიშვილი გ.ვ., კეჟერაშვილი მ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., ჯავახიშვილი ზ.დ.; მიკროფილტრაციულ პროცესებში ნაკადის ჰიდროდინამიკის კვლევა მემბრანული სისტემების სადაწნეო საკანის ოპტიმალური გეომეტრიული კონფიგურაციის შესწავლისათვის; საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2023, №2, ტ. 98, გვ. 57-58
2. ბიბილეიშვილი გ.ვ., კეჟერაშვილი მ.გ., მამულაშვილი მ.ა.; ღვინის მიკროფილტრაციის და წყლის ულტრაფილტრაციის ბრტყლადპარალელური ტიპის მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკანის გეომეტრიის და ჰიდროდინამიკური რეჟიმული პარამეტრების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა; საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2023, №2, ტ.98, გვ. 84-88
3. ბიბილეიშვილი გ.ვ., კეჟერაშვილი მ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., მამულაშვილი მ.ა., ებანოიძე ლ.ო.; მიკროფილტრაციული გაყოფის პროცესის ოპტიმალური რეჟიმული პარამეტრების და მემბრანის ზედაპირზე დანალექის წარმოქმნის მექანიზმის შესწავლა ჰიბრიდული ნაკადის პირობებში; საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2023, დაიბეჭდება დეკემბრის თვის ნომერში.

პროექტი IV

2023 წელი

მიმართულება I

ტურბულენტური ნაკადის განხორციელების გზით ტანგენციალური ბარომემბრანული პროცესის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა.

ბარომემბრანული პროცესების თეორიული დახასიათება ჩატარდა რეინოლდსის რიცხვის გამოყენებით სადაწნეო საკანში, ბლანტი უკუმში, წყლისათვის

$$Re = \frac{vd}{\nu} \quad (1)$$

სადაც ν სადაწნეო საკანში სითხის საშუალო სიჩქარეა, d -ჰიდრავლიური დიამეტრია, ν –სითხის კინემატიკური სიბლანტე. რეინოლდსის რიცხვი წარმოადგენს ნაკადზე მოქმედი ინერციული ძალების თანაფარდობას სიბლანტის ძალებთან (მრიცხველი – ნაწილაკების ინერციის მახასიათებელი, აჩქარების გამომხატველია, ხოლო მნიშვნელი ν სიბლანტის სიდიდეა და ახასიათებს სითხის მიდრეკილებას შეეწინააღმდეგოს ამგვარ აჩქარებას). განიხილება წყლის ნაკადი, რომლის კინემატიკური სიბლანტის კოეფიციენტი 20°C-ზე $\nu = 1,004 \text{ მმ}^2/\text{წმ} = 1,004 \times 10^{-6} \text{ მ}^2/\text{წმ}$.

რეინოლდსის რიცხვი, ფორმულა (1)-დან გამომდინარე, განისაზღვრება სადაწნეო საკნის გეომეტრიით, საშუალო სიჩქარით, სითხის კინემატიკური სიბლანტითა და ჰიდრავლიკური დიამეტრით, რომლის საანგარიშოდ საჭიროა სადაწნეო საკნის გეომეტრიის კონკრეტული მონაცემები: სიგანე -B, სიგრძე l, სიმაღლე -h შესასვლელი კვეთის ფართი - F

$$F=B \times h \quad (2)$$

ჰიდრავლიკური რადიუსი - R

$$R = \frac{F}{\chi} \quad (3)$$

სადაც სველი პერიმეტრია - χ

$$\chi = 2B + 2h \quad (4)$$

შესასვლელ კვეთში წყლის ხარჯის - Q

$$Q = \nu \times F \quad (5)$$

როგორც საზოგადოდ ცნობილია, ჰიდრავლიკური დიამეტრი არაწრიული კვეთებისათვის $d = 4 \times R$, ეს საანგარიშო სიდიდეები იქნება სხვადასხვა როდესაც განიხილება სადაწნეო საკანი სხვადასხვა სიმაღლით.

1.1. ბარომემბრანული პროცესის თეორიული კვლევა ტურბულენტური ნაკადის განხორციელების გზით.

ბარომემბრანული პროცესის თეორიული კვლევა ჩატარდა ზემოთ მოყვანილი რეინოლდსის რიცხვის ფორმულის გამოყენებით სადაწნეო საკნისათვის ზომებით: სიგანე $B = 12 \text{ მმ} = 12 \times 10^{-3} \text{ მ}$; სიგრძე $l = 32 \text{ მმ} = 32 \times 10^{-3} \text{ მ}$; სიმაღლეები: 1) $h = 0,2 \text{ მმ} = 0,2 \times 10^{-3} \text{ მ}$; 2) $h = 0,4 \text{ მმ} = 0,4 \times 10^{-3} \text{ მ}$; 3) $h = 0,6 \text{ მმ} = 0,6 \times 10^{-3} \text{ მ}$; 4) $h = 1 \text{ მმ} = 1 \times 10^{-3} \text{ მ}$; ცხრილში მოყვანილია Re რიცხვის მნიშვნელობები სადაწნეო საკანში სითხის სიჩქარეებისთვის: 0,5 მ/წმ, 1 მ/წმ, 1,265 მ/წმ, 1,5 მ/წმ, 2,04 მ/წმ, 2,5 მ/წმ, 3,02 მ/წმ, 4 მ/წმ, 5,94 მ/წმ და შესასვლელ კვეთში წყლის ხარჯი Q

ცხრილი 1. ბუნებრივი წყლისათვის სადაწნეო საკანში სხვადასხვა სიმაღლისათვის შესასვლელი კვეთის ფართობი F, სითხის სიჩქარეები ν , შესაბამისი Re რიცხვი და ხარჯი Q

$\nu(\text{მ/წმ})$	0,5	1	1,265	1,5	2,04	2,5	3,02	4	5,94
$h=0,2 \text{ მმ}$ $F=B \times h = 12 \times 0,2 = 2,4 \text{ მმ}^2 = 2,4 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $\chi = 2B + 2h = 24 + 0,4 = 24,4 \text{ მმ} = 24,4 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $R = \frac{F}{\chi} = \frac{2,4}{24,4} = 0,09836 \text{ მმ} = 0,09836 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $d = 4 \times R = 0,39136 \text{ მმ} = 0,39344 \times 10^{-3} \text{ მ}$;									
$\nu \times d$ (მ)	$0,1967 \times 10^{-3}$	$0,3934 \times 10^{-3}$	$0,4977 \times 10^{-3}$	$0,5902 \times 10^{-3}$	$0,8026 \times 10^{-3}$	$0,9836 \times 10^{-3}$	$1,1881 \times 10^{-3}$	$1,574 \times 10^{-3}$	$2,331 \times 10^{-3}$
Re	196	392	496	587	799	980	1183	1567	2328
Q (მ ³ /წმ)	$1,2 \times 10^{-6}$	$2,4 \times 10^{-6}$	$3,036 \times 10^{-6}$	$3,6 \times 10^{-6}$	$4,896 \times 10^{-6}$	$6, \times 10^{-6}$	$7,248 \times 10^{-6}$	$9,6 \times 10^{-6}$	$14,26 \times 10^{-6}$
$h=0,4 \text{ მმ}$ $F=B \times h = 12 \times 0,4 = 4,8 \text{ მმ}^2 = 4,8 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $\chi = 2B + 2h = 24 + 0,8 = 24,8 \text{ მმ} = 24,8 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $R = \frac{F}{\chi} = \frac{4,8}{24,8} \approx 0,1915 \text{ მმ} = 0,19354 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $d = 4 \times R = 0,77419 \text{ მმ} = 0,7719 \times 10^{-3} \text{ მ}$;									

$v \times d$ (მ)	$0,386 \times 10^{-3}$	$0,771 \times 10^{-3}$	$0,976 \times 10^{-3}$	$1,1578 \times 10^{-3}$	$1,574 \times 10^{-3}$	$1,930 \times 10^{-3}$	$2,3311 \times 10^{-3}$	$3,086 \times 10^{-3}$	$4,585 \times 10^{-3}$
Re	384	768	972	1153	1568	1922	2321	3075	4567
Q (მ ³ /წმ)	$2,4 \times 10^{-6}$	$4,8 \times 10^{-6}$	$6,072 \times 10^{-6}$	$7,2 \times 10^{-6}$	$9,792 \times 10^{-6}$	12×10^{-6}	$14,49 \times 10^{-6}$	$19,2 \times 10^{-6}$	$28,51 \times 10^{-6}$
$h=0,6\text{მმ}$ $F=B \times h = 12 \times 0,6=7,2\text{მმ}^2=7,2 \times 10^{-6}\text{მ}^2$; $\chi=2B+2h=24+1,2=25,2 \times 10^{-3}\text{მ}$; $R=\frac{F}{\chi}=\frac{7,2}{25,2} \approx 0,28541\text{მმ}=0,28541 \times 10^{-3}$; $d=4 \times R = 1,1428\text{მმ}=1,1428 \times 10^{-3}\text{მ}$;									
$v \times d$ (მ)	$0,5714 \times 10^{-3}$	$1,1428 \times 10^{-3}$	$1,4456 \times 10^{-3}$	$1,7142 \times 10^{-3}$	$2,331 \times 10^{-3}$	$2,857 \times 10^{-3}$	$3,4512 \times 10^{-3}$	$4,5712 \times 10^{-3}$	$6,788 \times 10^{-3}$
Re	569	1138	1440	1707	2322	2846	3437	4552	6761
Q (მ ³ /წმ)	$3,6 \times 10^{-6}$	$7,2 \times 10^{-6}$	$9,108 \times 10^{-6}$	$10,8 \times 10^{-6}$	$14,69 \times 10^{-6}$	18×10^{-6}	$21,744 \times 10^{-6}$	$28,8 \times 10^{-6}$	$42,768 \times 10^{-6}$
$h=1\text{მმ}$ $F=B \times h = 12 \times 1=12\text{მმ}^2=12 \times 10^{-6}\text{მ}^2$; $\chi=2B+2h=24+2=26\text{მმ}=26 \times 10^{-3}\text{მ}$; $R=\frac{F}{\chi}=\frac{12}{26} \approx 0,4615\text{მმ}=0,4615 \times 10^{-3}\text{მ}$; $d=4 \times R = 1,84615\text{მმ}=1,846153 \times 10^{-3}\text{მ}$;									
$v \times d$ (მ)	$0,923 \times 10^{-3}$	$1,846 \times 10^{-3}$	$2,3353 \times 10^{-3}$	$2,769 \times 10^{-3}$	$3,766 \times 10^{-3}$	$4,6153 \times 10^{-3}$	$5,575 \times 10^{-3}$	$7,384 \times 10^{-3}$	$10,96 \times 10^{-3}$
Re	919	1839	2326	2750	3751	4597	5553	7355	10922
Q (მ ³ /წმ)	6×10^{-6}	12×10^{-6}	$15,18 \times 10^{-6}$	18×10^{-6}	$24,48 \times 10^{-6}$	30×10^{-6}	$36,24 \times 10^{-6}$	48×10^{-6}	$71,28 \times 10^{-6}$

სადაწნეო საკნის სხვადასხვა სიმაღლის შემთხვევაში შესაძლებელია ნაკადის დინების რეჟიმების გამოყოფა : ცხრილი 1-ის მიხედვით სიმღლეების ცვლილების დიაპაზონში $h=0,2\text{მმ}$ -დან 1მმ -ის ლამინარული რეჟიმების განსახორციელებელი სიჩქარეებია $v=0,1\text{მ/წმ}$ -დან $1,2\text{მ/წმ}$ -ის ჩათვლით, ხოლო ტურბულენტური რეჟიმი მყარდება სადაწნეო საკნის სხვადასხვა სიმაღლისთვის სხვადასხვა სიჩქარეების დროს : 1) $h = 0,2\text{მმ} = 0,2 \times 10^{-3}\text{მ}$ $v > 5,94\text{მ/წმ}$, 2) $h = 0,4\text{მმ} = 0,4 \times 10^{-3}\text{მ}$ $v > 3,02\text{მ/წმ}$, 3) $h = 0,6\text{მმ} = 0,6 \times 10^{-3}\text{მ}$ $v > 2,04\text{მ/წმ}$, 4) $h = 1\text{მმ} = 1 \times 10^{-3}\text{მ}$ $v > 1,265\text{მ/წმ}$.

თეორიული კვლევების საფუძველზე გამოიკვეთა სადაწნეო საკნის შესასვლელი კვეთებისათვის რეინოლდსის რიცხვის კრიტიკული მნიშვნელობები და ტურბულენტური ნაკადისათვის განსხვავებული სიდიდის სიჩქარეები. დადგინდა, რომ სადაწნეო საკნის შესასვლელი კვეთის ფართის მატებამ განაპირობა რეინოლდსის რიცხვის კრიტიკული მნიშვნელობის კლება, რაც ენერგოეფექტურობის მაჩვენებლის ოპტიმიზაციის წინა პირობაა.

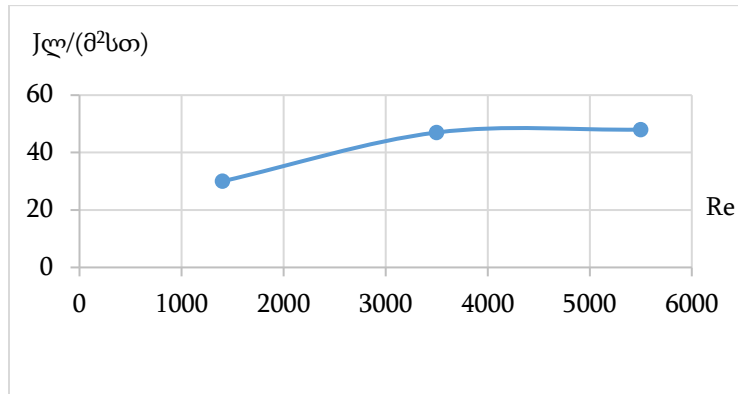
1.2. ექსპერიმენტები სადაწნეო საკანში ნაკადის დინების სამი რეჟიმისათვის.

ექსპერიმენტული სამუშაოები ჩატარდა ნაკადის დინების სამი რეჟიმისათვის: ლამინარული, გარდამავალი და ტურბულენტური. ლაბორატორიულ დანადგარზე 10 NTU სიმღერის წყალზე, წნევა 1 ატ., წყლის ტემპერატურა 20°C -ის დროს მემბრანაზე ფორის ზომით 0,1 მკმ, სადაწნეო საკნის 0,2მმ, 0,6 მმ და 1მმ სიმაღლის პირობებში. ექსპერიმენტების შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 2, სურათზე 1 და ცხრილში 3, სურათზე 2.

ცხრილი 2. რეინოლდსის რიცხვის სამი მნიშვნელობისათვის მიღებული ხვედრითი წარმადობის ექსპერიმენტული მნიშვნელობები სადაწნეო საკნის 0,6 მმ-ის სიმაღლის პირობებში.

$h=0,6\text{მმ}$ $R=\frac{F}{\chi}=\frac{7,2}{25,2} \approx 0,28541\text{მმ}=0,28541 \times 10^{-3}$; $d=4 \times R = 1,1428\text{მმ}=1,1428 \times 10^{-3}\text{მ}$;	$F=B \times h = 12 \times 0,6=7,2\text{მმ}^2=7,2 \times 10^{-6}\text{მ}^2$;	$\chi=2B+2h=24+1,2=25,2\text{მ}$
--	--	----------------------------------

Re	1400	3500	5500
νd , მ ² /წმ	1,405	3,514	5,522
ν , მ/წმ	1,229	3,075	4,832
Q, მ ³ /წმ	$8,429 \times 10^{-6}$	$22,13 \times 10^{-6}$	$34,7832 \times 10^{-6}$
რეჟიმები	ლამინარული	გარდამავალი	ტურბულენტური
J, ლ/(მ ² წმ)	28	38	53

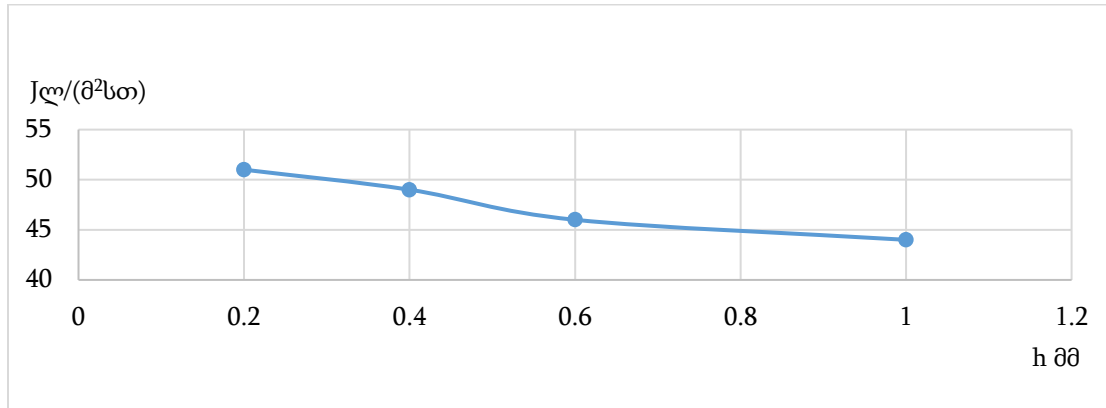


სურათი.1 რეინოლდსის სამი მნიშვნელობასა და ექსპერიმენტებით მიღებულ ხვედრით წარმადობას შორის დამოკიდებულების გრაფიკი სადაწნეო საკნის 0,6მმ სიმაღლისათვის

როგორც სურათიდან 1 ჩანს , დამოკიდებულების გრაფიკი მრუდი წირია და ხვედრითი წარმადობას ყველაზე მცირე მნიშვნელობა აქვს ლამინარული რეჟიმში, ხოლო გარდამავალ და ტურბულენტურ რეჟიმებში კი ხვედრითი წარმადობები უმნიშვნელოდ განსხვავდება ერთმანეთისაგან.

ცხრილი 3. ექსპერიმენტებით მიღებული ხვედრითი წარმადობის მნიშვნელობები ტურბულენტური მოძრაობისას სადაწნეო საკნის სხვადასხვა სიმაღლისათვის

Re _{გარ.ტურ.} =4500				
H	0,2	0,4	0,6	1
$\nu \times d$,მ ² /წმ	$0,4518 \times 10^{-2}$	$0,4518 \times 10^{-2}$	$0,4518 \times 10^{-2}$	$0,4518 \times 10^{-2}$
ν , მ/წმ	11,483	5,853	3,953	2,447
Q, მ ³ /წმ	27,559	28,094	28,46	29,364
J, ლ/(მ ² წმ)	51	49	46	44



სურათი 2. სადაწნეო საკნის სიმაღლეებსა და ექსპერიმენტებით მიღებულ ხვედრით წარმადობის მნიშვნელობებს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი ტურბულენტური მოძრაობის პირობებში.

როგორც სურათიდან 2 ჩანს, ტურბულენტური რეჟიმის პირობებში სადაწნეო საკნის გეომეტრია მნიშვნელოვან გავლენას არ ახდენს ხვედრითი წარმადობის მაჩვენებლებზე.

მიმართულება II

ჰიბრიდული ნაკადის განხორციელების გზით ტანგენციალური ბარომემბრანული პროცესის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა.

მემბრანული ტექნოლოგიების და ინჟინრულ სფეროში მეცნიერული მიღწევების მიუხედავად, ყველაზე დიდი სამეცნიერო ინტერეს წარმოადგენს კვლევები, რომლებიც დაკავშირებულია ისეთი ჰიდროდინამიკური პროცესების შექმნასთან, რომელიც უზრუნველყოფენ მემბრანის სასაზღვრო ფენაში კონცენტრაციული პოლარიზაციის შემცირებას. ეს მიმართულება ითვლება ერთ-ერთ ძირეულ პრობლემად. ამ პრობლემის გადასაჭრელად საჭიროა ჰიდროდინამიკური არასტაბილურობის შექმნა მემბრანულ ზონაში

ჰიბრიდული ნაკადის განხორციელების გზით ტანგენციალური ბარომემბრანული პროცესის თეორიული კვლევისათვის გამოვიყენეთ ზემოთ მოყვანილი რეინოლდსის რიცხვის ფორმულა სადაწნეო საკნისათვის: სიგანე $B=46,5\text{მ}=46,5 \times 10^{-3}\text{მ}$; სიგრძე $l=96\text{მ}=96 \times 10^{-3}\text{მ}$; სხვადასხვა სიმაღლისათვის: 1) $h = 0,1\text{მ} = 0,1 \times 10^{-3}\text{მ}$; 2) $h = 0,2\text{მ} = 0,2 \times 10^{-3}\text{მ}$; 3) $h = 0,4\text{მ} = 0,4 \times 10^{-3}\text{მ}$; 4) $h=0,6\text{მ}=0,6 \times 10^{-3}\text{მ}$; 5) $h=1\text{მ} = 1 \times 10^{-3}\text{მ}$; მუშა ფართი ანუ მემბრანის ფართი: $S = B \times l = 46,5\text{მ} \times 96\text{მ} = 4464\text{მ}^2 = 4.464 \times 10^{-3}\text{მ}^2$;

ფორმულა (1)-ის მიხედვით, ცხრილში 2 მოყვანილია Re რიცხვი სადაწნეო საკანში სითხის $v = 1$ მ/წმ; 1,19მ/წმ; 1,5მ/წმ; 2მ/წმ; 3მ/წმ, 3,5მ/წმ; 4მ/წმ; 5მ/წმ; 5,2მ/წმ; 5,5მ/წმ; 6მ/წმ; 7მ/წმ; 11,7 მ/წმ მნიშვნელობებისათვის და შესასვლელ კვეთში წყლის ხარჯი $Q 10^{-3}$

ცხრილი 4. სადაწნეო საკანში სხვადასხვ სიმაღლეებისათვის, სითხის სიჩქარეები, შესაბამისი Re რიცხვები და ხარჯები Q

$v(\text{მ/წმ})$	1	1,19	1,5	2	3	4	5	5,2	5,5	6	7	11,7
$h=0,1\text{მ}$ $F=B \times h = 46,5 \times 0,1 = 4,65\text{მ}^2 = 4,65 \times 10^{-6}\text{მ}^2$; $\chi=2B+2h=93+0,2=93,2\text{მ}=93,2 \times 10^{-3}\text{მ}$; $R=\frac{F}{\chi} \frac{4,65}{93,2} \approx 0,05043\text{მ}=0,05043 \times 10^{-3}\text{მ}$; $d=4 \times R = 0,2017\text{მ}=0,2017 \times 10^{-3}\text{მ}$;												
$v \times d$ (მ)	0,201 7 10^{-3}	0,2400 $\times 10^{-3}$	0,3025 $\times 10^{-3}$	0.403 4×10	0,605 $\times 10^{-3}$	0,8068 $\times 10^{-3}$	1,008 $\times 10^{-3}$	1,048 $\times 10^{-3}$	1,109 $\times 10^{-3}$	1,210 $\times 10^{-3}$	1.412 $\times 10^{-3}$	2,360 $\times 10^{-3}$

Re	200,8	239	301	401	602	803	1004	1045	1104	1205	11406	2350
Q (მ³/წმ)	4,65× 10 ⁻⁶	5,5335 ×10 ⁻⁶	6,975× 10 ⁻⁶	9,3× 10 ⁻⁶	13,95× 10 ⁻⁶	18,6× 10 ⁻⁶	23,25× 10 ⁻⁶	24,18× 10 ⁻⁶	25,57× 10 ⁻⁶	27,9× 10 ⁻⁶	32,55× 10 ⁻⁶	54,4× 10⁻⁶
h=0,200 $F=B \times h = 46,5 \times 0,2 = 9,300 \text{ m}^2 = 9,3 \times 10^{-6} \text{ m}^2$; $\chi = 2B + 2h = 93 + 0,4 = 93,400 = 93,4 \times 10^{-3} \text{ m}$; $R = \frac{F}{\chi} = \frac{9,3}{93,4} \approx 0,0995700 = 0,09957 \times 10^{-3} \text{ m}$; $d = 4 \times R = 0,398200 = 0,3982 \times 10^{-3} \text{ m}$;												
v × d (მ)	0,398 ×10 ⁻³	0,47 × 10 ⁻³	0,597× 10 ⁻³	0,796 ×10 ⁻³	1,194× ×10 ⁻³	1,593 ×10 ⁻³	1,991 ×10 ⁻³	2,071× ×10 ⁻³	2,190× ×10 ⁻³	2,3892 ×10 ⁻³	2,7874 ×10 ⁻³	4,6589 × 10 ⁻³
Re	396,7	470	595	793	1190	1586	1983	2062	2181	2379	2776	4640
Q (მ³/წმ)	9,3 ×10 ⁻⁶	11,07 × ×10 ⁻⁴	13,95× 10 ⁻⁴	18,6× 10 ⁻⁶	27,9× 10 ⁻⁶	37,2× 10 ⁻⁶	46,5× 10 ⁻⁶	48,4× 10 ⁻⁶	51,15× 10 ⁻⁶	55,81× 10⁻⁶	65,1× 10⁻⁶	108,8 × 10 ⁻⁶
h=0,400 $F=B \times h = 46,5 \times 0,4 = 18,600 \text{ m}^2 = 18,6 \times 10^{-6} \text{ m}^2$; $\chi = 2B + 2h = 93 + 0,8 = 93,800 = 93,8 \times 10^{-3} \text{ m}$; $R = \frac{F}{\chi} = \frac{18,6}{93,8} \approx 0,198200$ $= 0,1982 \times 10^{-3} \text{ m}$; $d = 4 \times R = 0,793100 = 0,7931 \times 10^{-3} \text{ m}$;												
v × d (მ)	0,793 ×10 ⁻³	0,94 × 10 ⁻³	1,189 × 10 ⁻³	1,586 ×10 ⁻³	2,379× 10⁻³	3,172 ×10 ⁻³	3,965 ×10 ⁻³	4,124× ×10 ⁻³	4,362× 10 ⁻³	4,758× 10 ⁻³	5,552 × 10 ⁻³	9,279 × 10 ⁻³
Re	790	940	1189	1580	2369	3159	3949	4107	4344	4739	5529	9242
Q (მ³/წმ)	18,6× 10 ⁻⁶	22,13 × 10 ⁻⁶	27,9 × 10 ⁻⁶	37,2× 10 ⁻⁶	55,8× 10⁻⁶	74,4× 10 ⁻⁶	93× 10 ⁻⁶	96,7× 10 ⁻⁶	102× 10 ⁻⁶	111× 10 ⁻⁶	718,6× 10 ⁻⁶	326,4 × 10 ⁻⁶
h=0,600 ; $F=B \times h = 0,6 \times 46,5 = 27,900 \text{ m}^2 = 27,9 \times 10^{-6} \text{ m}^2$; $\chi = 2(h+B) = 2(0,6+46,5) = 94,200 = 94,2 \times 10^{-3} \text{ m}$; $R = F/\chi = (27,9/94,2) = 0,2962 \times 10^{-3} \text{ m}$; $d = 4 \times F \times F = 1,1847 \times 10^{-3} \text{ m}$;												
v × d (მ)	1,184 ×10 ⁻³	1,41 × 10 ⁻³	1,776 × 10 ⁻³	2,368 × 10 ⁻³	3,552× 10 ⁻³	4,736 ×10 ⁻³	5,919 ×10 ⁻³	6,16× ×10 ⁻³	6,512× 10 ⁻³	7,103× 10 ⁻³	8,293 × 10 ⁻³	13,861 × 10 ⁻³
Re	1179	1400	1768	2359	3537	4717	5896	6136	6486	7075	8260	13805
Q (მ³/წმ)	27,1× 10 ⁻⁶	33,2 × 10 ⁻⁶	41,85 × 10 ⁻⁶	55,8× 10⁻⁶	83,7×1 0 ⁻⁶	111,7 ×10 ⁻⁶	139,5 ×10 ⁻⁶	145× 10 ⁻⁶	153,4× 10 ⁻⁶	167,4× 10 ⁻⁶	195,3 × 10 ⁻⁶	326,43 × 10 ⁻⁶
h=100 = $1 \times 10^{-3} \text{ m}$; $F=B \times h = 46,500 \text{ m}^2 = 46,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2$; $\chi = 2(h+B) = 2(1+46,5) = 9500 = 95 \times 10^{-3} \text{ m}$; $R = F/\chi = 46,5/950 = 0,4900 = 0,49 \times 10^{-3} \text{ m}$; $d = 4 \times F = 1,96 \times 10^{-3} \text{ m}$;												
v × d (მ)	1,96× 10 ⁻³	2,33 × 10⁻³	2,94 × 10 ⁻³	3,92× ×10 ⁻³	5,88× 10 ⁻⁶	4,196 × 10 ⁻³	9,8 × 10 ⁻³	10,19 × 10 ⁻³	10,78× 10 ⁻⁶	11,76 × 10 ⁻³	13,72 × 10 ⁻³	22,932 × 10 ⁻³
Re	1950	2320	2930	3900	5860	4179	9760	10150	10740	11710	13665	22840
Q (მ³/წმ)	46,5× 10 ⁻⁶	55,54 × 10 ⁻⁶	69,75 × 10 ⁻⁶	93,0× 10 ⁻⁶	139,5× 10 ⁻⁶	186× 10 ⁻⁶	232,5 ×10 ⁻⁶	241,8 × 10 ⁻⁶	255,7× 10 ⁻⁶	279 × 10 ⁻⁶	325,5× 10 ⁻⁶	544,05 ×10 ⁻⁶

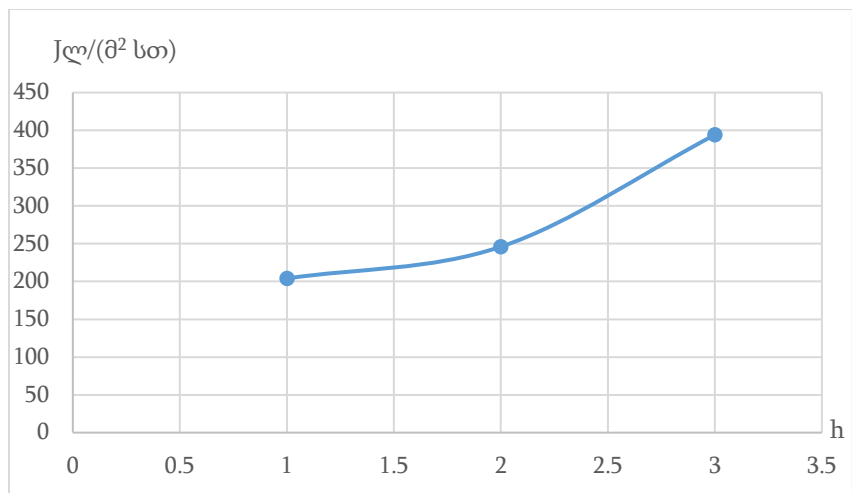
ცხრილში 4 რეინოლდსის რიცხვების გამოსათვლელად სიჩქარეების დაწვრილებითი ანგარიშით სადაწნო საგნის სხვადასხვა სიმაღლის შემთხვევაში შესაძლებელია ნაკადის დინების რეჟიმების

გამოყოფა: სადაწნეო საკნის სიმღლეების ცვლილების დიაპაზონში $h=0,1$ მმ-დან 1მმ-მდე. **ლამინარული** რეჟიმების განსახორციელებელი სიჩქარეებია $v=0,5$ მ/წმ-დან 1 მ/წმ-ის ჩათვლით, ხოლო **ტურბულენტური** რეჟიმების განსახორციელებლად თითოეული სიმაღლისათვის არის სხვადასხვა: 1) $h=0,1$ მმ- $v \geq 11,7$ მ/წმ; 2) $h=0,2$ მმ- $v \geq 6$ მ/წმ;3) $h=0,4$ მმ- $v \geq 3$ მ/წმ;4) $h=0,6$ მმ- $v \geq 2$ მ/წმ;5) $h=1$ მმ- $v \geq 1,19$ მ/წმ.

ჰიბრიდული ნაკადის განხორციელების გზით ექსპერიმენტები ჩატარდა ლაბორატორიულ დანადგარზე გამოხდილ 0,03 NTU სიმღვრივის წყალზე, წნევა 0,5 ატ., წყლის ტემპერატურა 22,5°C , მემბრანაზე ფორის ზომით 0,2 მკმ, სადაწნეო საკნის h_1 მმ, h_2 მმ და h_3 მმ სიმაღლის პირობებში. ამ დროს სადაწნეო საკნის განივი კვეთი შესრულებულია გეომეტრია №1-ით. ექსპერიმენტების შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 5, სურათზე 3.

ცხრილი 5. ექსპერიმენტებით მიღებული ხვედრითი წარმადობების მნიშვნელობები სადაწნეო საკნის სამი სხვადასხვა სიმაღლისათვის, როდესაც სადაწნეო საკნის განივი კვეთი შესრულებულია გეომეტრია №1-ით.

hმმ	1	2	3
J ლ/(მ²სთ)	204	246	494

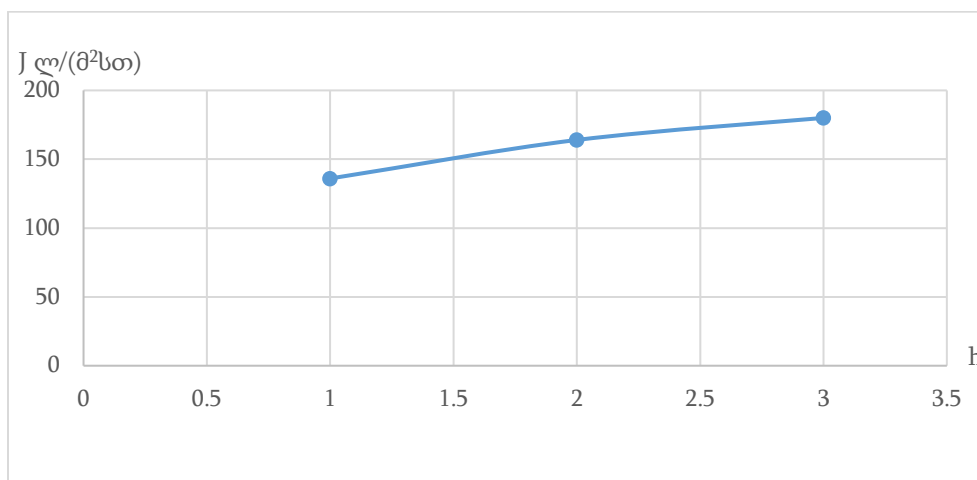


სურ.3 ექსპერიმენტებით მიღებული ხვედრითი წარმადობების მნიშვნელობებსა და სადაწნეო საკნის სიმაღლეს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი, როდესაც სადაწნეო საკნის განივი კვეთი შესრულებულია გეომეტრია №1-ით.

როგორც სურათიდან 3 ჩანს ყველაზე მაღალი მნიშვნელობა წარმადობას აქვს h_3 მმ სიმაღლის დროს. ასევე, ჩატარდა ექსპერიმენტები სადაწნეო საკანზე, რომლის განივი კვეთი შესრულებული იყო გეომეტრია №2-ით. სადაწნეო საკნის სამი სიმაღლის დროს ექსპერიმენტის შედეგები მოყვანილია ცხრილში 6.

ცხრილი 6. ექსპერიმენტებით მიღებული ხვედრითი წარმადობების მნიშვნელობები სადაწნეო საკნის სამი სხვადასხვა სიმაღლისათვის, როდესაც სადაწნეო საკნის განივი კვეთი შესრულებული გეომეტრია №2-ით.

h მმ	1	2	3
J_1 ლ/(მ ² სთ)	136	164	180

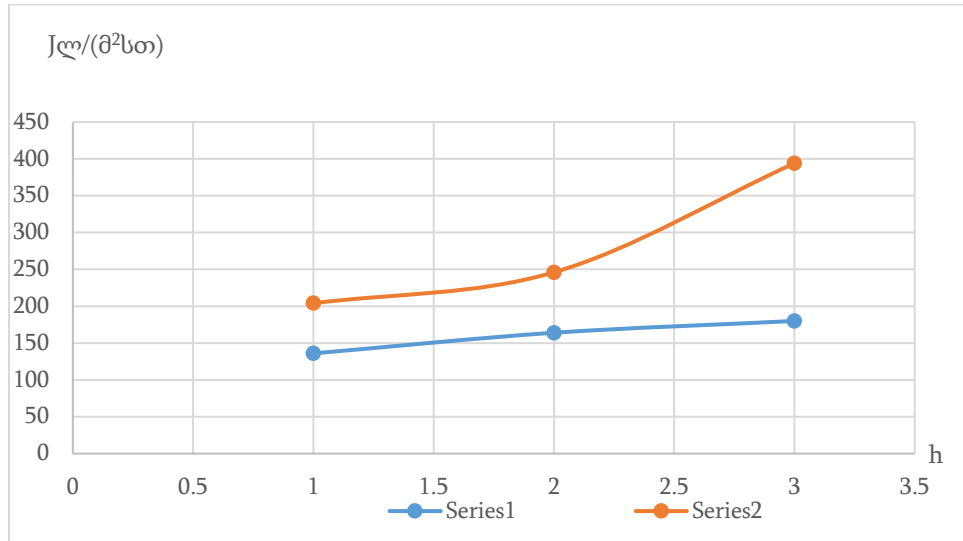


სურათი 4. სადაწნეო საკნის სიმაღლესა და ექსპერიმენტებით მიღებული ხვედრითი წარმადობების მნიშვნელობებს შორის დამოკიდებულების გრაფიკი, როდესაც სადაწნეო საკნის განივი კვეთი შესრულებულია გეომეტრია №2-ით.

როგორც სურათიდან 4 ჩანს, ყველაზე მაღალი მნიშვნელობა წარმადობას აქვს h_3 მმ სიმაღლის დროს.

ცხრილი 7. ექსპერიმენტებით მიღებული ხვედრითი წარმადობების მნიშვნელობები სადაწნეო საკნის სამი სიმაღლისათვის სადაწნეო საკნის განივი კვეთის ორი სხვადასხვა გეომეტრიის შემთხვევაში: გეომეტრია №1 და გეომეტრია №2-ით

h მმ	1	2	3
J_1 , ლ/(მ ² სთ)	204	246	494
J_2 , ლ/(მ ² სთ)	136	164	180



სურ. 5. სადაწნო საკანის სიმაღლეებსა და ექსპერიმენტებით მიღებული ხვედრითი წარმადობების მნიშვნელობებს შორის დამოკიდებულება სადაწნო საკანის განივი კვეთის ორი სხვადასხვა გეომეტრიის შემთხვევაში : series 1 -გეომეტრია №1 და series 2 -გეომეტრია №2-ით

სურათზე 5 წარმოდგენილი შედეგებით სადაწნო საკანის გეომეტრია №1-ით შესრულებული განივი კვეთის სადაწნო საკანის შემთხვევაში შედეგები ბევრად მაღალია. ამგვარად, ამ ორი გეომეტრიიდან უპირატესობა ენიჭება გეომეტრია №1-ით შესრულებულ სადაწნო საკანს.

გამოქვეყნებულია ორი სტატია ჟურნალში „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“.

1. ბიბილეიშვილი გ.ვ., ყუფარაძე ლ.პ., კუჭერაშვილი მ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., ებანოიძე ლ.ო „სადაწნო საკანში წყლის ნაკადის ტურბულენტური რეჟიმის თეორიული დახასიათება“ საქართველოს საინჟინრო სიახლენი,ტ.97, №1, 2023, გვ. 111-113
2. ბიბილეიშვილი გ.ვ., ყუფარაძე ლ.პ., ბუთხუზი თ.გ, ჯავაშვილი ზ.დ. „წყლის ნაკადის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა სადაწნო საკანის განსხვავებული გეომეტრიისათვის“ საქართველოს საინჟინრო სიახლენი,ტ.98, №2, 2023, გვ. 51 – 54

პროექტი 5

მიმართულება I

ხელმძღვანელი - მანანა მამულაშვილი

ღვინის, ხილის წვენების, სასმელი და ჩამდინარე წყლების ბაქტერიოლოგიური კვლევა და მიკრობთა კულტურალური თვისებების განსაზღვრა საკვებ ნიადაგებზე ზრდის ტენდენციების მიხედვით.

სასმელ, ჩამდინარე წყლებში, ღვინისა და ხილის წვენებში არსებული მიკროორგანიზმების შესწავლა განაპირობებს სითხის დამუშავებისა და გაუსნეობვნების ძირითადი მეთოდების გამოვლენას, რომელთა ეფექტური გამოყენება ადამიანის ჯანმრთელობის უსაფრთხო გარემოს შექმნას უზრუნველყოფს. ჩატარებული ბარომემბრანული პროცესების კვლევისა და ბიორეაქტორზე დამუშავებული ნიმუშების მიკრობიოლოგიური ანალიზების ჩატარების შედეგად შემუშავდა ჯანმრთელობისათვის უვნებელი წყლისა და ღვინომასალის მიღების ტექნოლოგია, მიკრობიოლოგიური უსაფრთხოების სტანდარტის დაცვით.

სასმელი წყლის გაწმენდა-სტერილიზაცია, გაუსნეობვნება გულისხმობს სასმელი წყლიდან შემდეგი მინარევების მოცილებას: ბაქტერიების (ერთუჯრედიანი მიკროორგანიზმები), რომელთა ზომებია 0,5-10 მკმ, რიკეტსიების (უმცირესი ზომის უჯრედოვანი ჩხირები), რომელთა ზომებია 0,4-1მკმ, ვირუსების (უმცირესი ცოცხალი მიკროორგანიზმები), რომელთა ზომებია 100-400 ნმ და სოკოების (მცენარეული

წარმოშობის ერთი ან მრავალუჯრედოვანი მიკროორგანიზმები), რომელთა ზომებია 3-50 მკმ; შეწონილი ნაწილაკების, რომელთა გრანულომეტრიული ზომებია 0,5-50 მკმ.

მსოფლიო სამეცნიერო საზოგადოების მიერ აღიარებულია, რომ მედვინეობის უმველესი კვალი სწორედ საქართველოს ტერიტორიაზე აღმოჩენილი, საიდანაც ის მთელ მსოფლიოში გავრცელდა და უდიდესი გავლენა იქონია სოფლის მეურნეობის, ხალხთა კულტურის, ბიოლოგიის, მედიცინისა და, ზოგადად, ცივილიზაციის ჩამოყალიბებაზე.

ღვინო ბიოლოგიური სითხეა, იგი წარმოადგენს გემო-კვების სასმელს, რომელიც მიიღება ყურძნის ტკბილის ალკოჰოლური დუღილის შედეგად. ყურძნის გამოწნევისა და ტკბილის მიღების სწორად წარმართვა, ხარისხიანი ღვინის დაყენების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია. ღვინის წარმოება მიკრობიოლოგიური პროცესია, სადაც მიმდინარეობს ფერმენტაციული პროცესები საფუარისა და ბაქტერიების გამოყენებით. ღვინო ხსნადი ორგანული სხეულია. იგი იზადება, მაჭრდება, ღვინდება, ვარგდება, ძველდება და კვდება. ყურძნის წვენი მაღალხარისხოვან ღვინოდ ფორმირება და ბოთლში სტერილური განთავსება დამოკიდებულია ქიმიურ და მიკრობიოლოგიურ მონიტორინგზე, დამუშავებისა და გაუსწებოვნების ეფექტურ მეთოდებზე. საწარმოებში დუღილის პროცესის მონიტორინგის, მართვისა და სტერილური გარემოს შექმნისათვის აუცილებელია ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზების ლაბორატორია, რითაც მცირე ზომის ღვინის ქარხნები, საოჯახო მარნები და შატოები ნაკლებად არის უზრუნველყოფილი.

მცირე საწარმოებში, საოჯახო მარნებსა და შატოებში საწარმოო სისტემებისა და ღვინის ბოთლების რეცხვა-გაუსწებოვნებისთვის აუცილებელია სტერილური სასმელი წყალი, რომლის მიღებისათვის დამუშავდა ბარომემბრანული ფილტრაციის მეთოდი.

პროექტის ფარგლებში მიკრობიოლოგიური უსაფრთხოების მიზნით, წყლის ანალიზი ჩატარდა ფილტრაციამდე და ულტრაფილტრაციის შემდეგ. სასმელი წყლის სტერილიზაციისათვის წყალი დამუშავდა 0,1მკმ ფორის ზომის მემბრანით. სასმელ და ჩამდინარე წყლებში ნაწლავის ჩხირის ბაქტერიოლოგიური კვლევისათვის ენდოს ნიადაგზე ჩატარდა შემდეგი ექსპერიმენტული კვლევები: 0,45 მკმ -ის გასტერილებული მემბრანული ფილტრი მოთავსდა საფილტრავ მოწყობილობაში - ბიორეაქტორში და ვაკუუმის პირობებში გაიფილტრა 300 მლ-ის მოცულობის სინჯი. ფილტრი მოთავსდა წინასწარ მომზადებულ სტერილურ ენდოს ნიადაგზე პეტრეს ფინჯანზე 24 სთ. განმავლობაში 37°C -ზე და ინკუბაციის შემდეგ დაითვლება ნაწლავის ჩხირისთვის დამახასიათებელი კოლონიების რაოდენობა. ვიზუალურად სუფთა კულტურა ხასიათდება ერთგვაროვანი ზრდით. საკვებ ნიადაგზე კოლონიების ზრდა ხასიათდება სიდიდის, ფერის, სტრუქტურისა და კონსისტენციის მიხედვით. ანალიზის შედეგად ადგილი არ ქონდა სინჯარის ფსკერზე ნალექის და ნიადაგის ზედაპირზე აფსკის წარმოქმნას, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ საკვებ ნიადაგზე ბაქტერიების ინტენსიური ზრდა, კოლონიების წარმოქმნა არ მოხდა. კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრილში 1.

შესწავლილი იქნა საოჯახო მარნებში წარმოებული საფერავისა და რქაწითელის ღვინომასალები. 0,2მკმ - ფორის ზომის მიკროფილტრაციულ მემბრანულ ფილტრზე ჩატარებული იყო ანალიზი ღვინომასალის მაინფიცირებადი სოკოებისა და საფუარების გვარის მიკროორგანიზმებზე. მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები მოცემულია ცხრილში 2.

ცხრილი 1. წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგები

განსასაზღვრავი მიკროორგანიზმი	მაჩვენებლის მნიშვნელობა ნდ-ს მიხედვით	მაჩვენებლის ფაქტიური მნიშვნელობა	მაჩვენებლის ფაქტიური მნიშვნელობა ფილტრაციის შემდეგ
E.coli 300 ml	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა

მეზოფილური აერობების და ფაკულტატური ანაერობების რაოდენობა 1 მლ-ში	37°C ±20	5	არ აღმოჩნდა
ტოტალური კოლიფორმები, 300მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა
ფეკალური სტრეპტოკოკები (S.fekalis) 250 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა

ცხრილი 2. საოჯახო პირობებში დამზადებული საფერავისა და რქაწითელის ღვინომასალის მიკრობიოლოგიური ანალიზი

ბაქტერიის დასახელება	საფერავის ღვინომასალის მიკრობიოლოგიური ანალიზი		რქაწითელის ღვინომასალის მიკრობიოლოგიური ანალიზი	
	ფილტრაციამდე	ფილტრაციის შემდეგ 0,2მკმ	ფილტრაციამდე	ფილტრაციის შემდეგ 0,2მკმ
კულტურული საფუარი ≤10 კწე	4 კწე	არ აღმოჩნდა	3 კწე	არ აღმოჩნდა
ობის სოკო	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა

ხილის წვენების შეფასებისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ნატურალუბრის მაჩვენებლებს. ნატურალური წვენის მისაღებად, აუცილებელია ტექნოლოგიური რეჟიმის მკაცრი დაცვა, რათა წვენში შენარჩუნებული იყოს ყველა საკვები ნივთიერება, რომელსაც შეიცავს ახალი ხილი. წვენის დამზადების დროს გამოიყენება მხოლოდ მწიფე ნედლეული. ნატურალური წვენი შეიძლება იყოს რამოდენიმე სახის: გამჭვირვალე, გაუმჭვირვალე და რბილობიანი. ვაშლისა და ალუბლის წვენებზე ჩატარებულმა მიკრობიოლოგიურმა ანალიზმა მიკრობების არსებობა არ დაადასტურა.

ჩატარებულმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ ბარომემბრანული პროცესები იძლევა საუკეთესო შედეგს წყლის, ღვინომასალისა და ხილის წვენებისთვის. ულტრაფილტრაციის შედეგად მიღებული იქნა სტერილურად სუფთა სასმელი წყალი.

ადამიანის მოხმარებისათვის განკუთვნილ მცირე საწარმოებში, საოჯახო მარნებში, შატოებში, უსაფრთხოების მიზნით ღვინომასალის ფილტრაცია იძლევა ბიოლოგიური ამღვრევის, შებურვის, ლექის წარმოქმნის გარეშე მაღალხარისხიანი ღვინის დამზადების და გამჭვირვალე ხილის წვენების მიღების საშუალებას, რომლებიც აკმაყოფილებენ საერთაშორისო სტანდარტით განსაზღვრულ მოთხოვნებს.

გამოქვეყნებულია ერთი სტატია ჟურნალში „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“.

1. ბიბილიეშვილი გ.ვ. მამულაშვილი მ.ა., ბუთხუზი თ.გ., კაკაბაძე ე.გ. „ბუნებრივი წყლის და ღვინომასალების ბაქტერიოლოგიური კვლევა მიკრო- და ულტრაფილტრაციული პროცესების გამოყენებით“. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი - 2023, ტომ.98, №2, გვ.71-72

მიმართულება II

ხელმძღვანელი - თინათინ ბუთხუზი

ღვინისა და ხილის წვენების სიმღვრივის მაჩვენებლების დადგენა სიმღვრივის მზომზე (Turb 555 IR) საფილტრაციო ხსნარებში და ფილტრატში. ბუნებრივი წყლიდან დეიონიზირებული წყლის მიღება

მასში არსებული მინერალური მინარევებისა და იონების მოცილების მიზნით. მიღებული წყლის ელექტროგამტარობის განსაზღვრა.

წვენების სიმღვრივე, ფიზიკო-ქიმიური თვალსაზრისით, არის სითხის გამჭვირვალობის დაქვეითება, რომელიც გამოწვეულია მცენარეული ქსოვილის უხეში 0,5-200 მკმ-ზე მეტი ზომის ნაწილაკების არსებობით, რომლებსაც აქვთ ჰეტეროგენული შედგენილობა.

ხილის წვენების შეფასებისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ნატურალობის მაჩვენებლებს. ნატურალური წვენის მისაღებად, აუცილებელია ტექნოლოგიური რეჟიმის მკაცრი დაცვა, რათა წვენში შენარჩუნებული იყოს ყველა საკვები ნივთიერება, რომელსაც შეიცავს ახალი ხილი. წვენის დამზადების დროს გამოიყენება მხოლოდ მწიფე ნედლეული. ნატურალური წვენი შეიძლება იყოს რამდენიმე სახის: გამჭვირვალე, გაუმჭვირვალე და რბილობიანი. ნატურალური წვენების წარმოებაში მთავარი და მნიშვნელოვანია არ იქნეს დაკარგული იმ ხილის არომატი, რისგანაც დამზადებულია ნატურალური წვენი, გარდა ამისა, ნატურალური წვენი უნდა აკმაყოფილებდეს სხვა ორგანოლეპტიკურ მაჩვენებლებსაც.

ღვინო გარდა მიკროორგანიზმებისა, შეიცავს ძალიან მცირე ნაწილაკებს ზომით 0,01-0,1 მკმ. ისინი შედგებიან ცილების, პოლისაქარიდების, ღვინის მჟავას მარილების კრისტალებისა და ნივთიერებათა ამორფული ფრაგმენტებისაგან, რომლებიც მიიღებიან ტექნოლოგიური პროცესის მსვლელობის დროს. სწორედ ეს ნაწილაკები ანიჭებენ დიდწილად ღვინოს სიმღვრივეს. ვინაიდან ღვინოში მუდმივად მიმდინარეობენ ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოქიმიური პროცესები, ამიტომ ამღვრევისადმი აბსოლუტურად მდგარი ღვინის მიღება პრაქტიკულად შეუძლებელია, მაგრამ აუცილებელია მივაღწიოთ საერთაშორისო სტანდარტით განსაზღვრულ გამჭვირვალობის დონეს.

ხილის წვენების, ღვინომასალის სტაბილიზაცია არის რთული პროცესი, რომელიც წარმოადგენს შემღვრეული სუსპენზიის ნაწილაკების მექანიკურ განწმენდას, ბიოქიმიურ (ფერმენტული) და ფიზიკურ - ქიმიურ დამუშავებას ქიმიური მეთოდებით, რათა ამოღებული იქნას მაკრომოლეკულური ნაერთები რომლებიც წვენშია და შეიძლება გამოიწვიოს სიმღვრივის ან ნალექის წარმოქმნა პროდუქტის შენახვის დროს. ბარომემბრანული პროცესებით გამწმენდილი წვენები კი მდგრადია ხელმეორე სიმღვრივის წარმოქმნის მიმართ.

გაზომვის პრინციპიდან გამომდინარე, სიმღვრივის შესასწავლად გამოყენებული იქნა ანალიტიკური ნეფელომეტრიული მეთოდი, რომელიც ეფუძნება გაფანტული გამოსხივების ინტენსივობის გაზომვას და გაზომვის შედეგები გამოხატულია NTU ერთეულებში. ხელსაწყო Turb 555 IR დასაკალიბრებლად გამოვიყენეთ ანალიტიკური აღჭურვილობის მომწოდებლების მიერ შემოთავაზებული სტანდარტული პრეპარატები, რომლებიც შეიცავენ ფორმაზინის სტაბილიზებულ სუსპენზიას და უზრუნველყოფენ საუკეთესო რეპროდუქციულობისა და საიმედოობის გაზომვის შედეგებს.

პროექტის ფარგლებში სიმღვრივის მაჩვენებელზე შემოწმებული იქნა წითელი და თეთრი ღვინომასალები, ხილის - ვაშლის და ალუბლის გამჭვირვალე წვენები. გაიზომა მათი სიმღვრივის მაჩვენებლები ხელსაწყოზე Turb 555 IR, ფილტრაციამდე და მიკროფილტრაციის შემდეგ. ღვინომასალა დამუშავდა 0,2მკმ, ხოლო ხილის წვენები 0,45მკმ ფორის ზომის მქონე მემბრანებით აღჭურვილ ლაბორატორიულ მემბრანულ დანადგარზე. მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1. ღვინომასალისა და ხილის წვენების სიმღვრივის მაჩვენებლები

ღვინომასალისა და ხილის წვენების დასახელება	ღვინომასალის სიმღვრივის მაჩვენებელი	
	მიკროფილტრაციამდე NTU	მიკროფილტრაციის შემდეგ NTU
საფერავი	15,67	1,05
რქაწითელი	6,45	0,32
ხილის წვენების სიმღვრივის მაჩვენებელი		

ვაშლის წვენი გამჭირვალე	5,36	0,32
ალუბლის წვენი გამჭირვალე	5,49	0,45

ბარომემბრანული პროცესები იძლევა საუკეთესო შედეგს ღვინომასალის და ხილის წვენებისთვის სიმღვრივის მაჩვენებლის შესამცირებლად, რის შედეგადაც იგი დაყვანილია ფორმაზინის ერთეულით 0,32NTU-მდე. მიღებულია კრისტალურად სრულიად გამჭირვალე, მოელვარე, ბზინვარე, ნაპერწკლოვანი ღვინო და ხილის წვენი.

წყლის ხარისხის ერთ - ერთი მნიშვნელოვანი პარამეტრია ელექტროგამტარობა. რომელიც დამოკიდებულია მასში გახსნილი მარილების, მჟავების, ფუძეების კათიონების და ანიონების კონცენტრაციაზე და განაპირობებს სპექტომეტრული და იონომეტრული მეთოდებით განსაზღვრული გახსნილი ნივთიერებების იონების კონცენტრაციის ხარისხობრივ მაჩვენებელს, რაც ბუფერული და საკალიბრო ხსნარების მიღებისათვის აუცილებელი პირობაა.

დეიონიზაციის შემდგომ წყალში არ გვხვდება დადებითად დამუხტული კათიონები - ნატრიუმი, კალციუმი, რკინა, სპილენძი და უარყოფითად დამუხტული ანიონები - კარბონატები, ქლორიდები, ფტორიდები და სხვა. დეიონიზირებული წყალი მიიღება იონმიმომცვლით (კათიონების - H^+ და ანიონების - OH^-), რომლის დროსაც ვერ ხორციელდება ორგანული ნივთიერებებისაგან გაუსწოვრება. დეიონიზებული წყალი გამოიყენება ლაბორატორიაში, სადაც გახსნილი იონების რაოდენობა ხელს უშლის ანალიზს. დეიონიზირებულ წყალს აქვს ძალიან დაბალი გამტარობა.

დეიონიზირებული წყლის მისაღებად დამუშავდა სამ საფეხურიანი ბარომემბრანული მეთოდი ულტრაფილტრაციისა და უკუოსმოსის გამოყენებით. ექსპერიმენტი ჩატარდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების ინსტიტუტის მიერ დამუშავებულ ულტრაფილტრაციულ და უკუოსმოსურ მემბრანულ დანადგარებზე (სურ.1., სურ.2).



სურ.1 ულტრაფილტრაციული მემბრანული აპარატი სურ.2 უკუოსმოსური მემბრანული დანადგარი

ბარომემბრანული უკუოსმოსური პროცესი უზრუნველყოფს ყველა სახის გახსნილი მარილებისა და ნივთიერებების შეკავებას, რომელთა მოლეკულური წონა აღემატება 100 დალტონს, ხოლო მემბრანულ აპკში წნევით გასული წყლის მოლეკულები ქმნიან დემინერალიზებული წყლის ნაკადს. უკუოსმოსური მემბრანების მიერ შეკავებული მარილების მაჩვენებელი მერყეობს 95% - 99% -მდე.

კვლევის პირველ ეტაპზე განხორციელდა ბუნებრივი წყლის ნიმუშების სტერილიზაცია 0,1 მკმ ფორის ზომის მქონე ულტრაფილტრაციული მემბრანით, ხოლო მეორე და მესამე ეტაპზე უკუოსმოსური მეთოდით დეიონიზაცია ჩატარდა 9ატმ. წნევის პირობებში 25ლ.მ²/სთ წარმადობის უკუოსმოსური მემბრანის გამოყენებით. საკვლევი სინჯების ელექტროგამტარობის შედეგები მოცემულია ცხრილში1.

ცხრილი 1. ბუნებრივი წყლიდან მიღებული დეიონიზირებული წყლის ელექტროგამტარობა

ფილტრაციის მეთოდი	ელ.გამტარობა სიმ/მ	
	ბუნებრივი წყალი	დამუშავებული წყალი
ულტრაფილტრაცია,	$38,9 \times 10^{-3}$	22×10^{-3}
უკუოსმოსი I ეტაპი	$38,9 \times 10^{-3}$	35×10^{-3}
უკუოსმოსი II ეტაპი	35×10^{-3}	5×10^{-4}

გამოხდილი წყლის მიღების ერთ-ერთი ტრადიციული მეთოდია დისტილაცია, რომლის დროსაც პროცესი უზრუნველყოფს მიკროორგანიზმებისგან აბსოლუტურ გაუსნებოვნებას, ხოლო წყლის ელექტროგამტარობის მაჩვენებლის სტანდარტული სიდიდე შეადგენს 5×10^{-4} სიმ/მ-ს. გამოხდილი წყალი დეიონიზებული (ან დემინერალიზებული) წყლისგან განსხვავდება იმით, რომ მისი წარმოების პროცესი დისტილაციაა. გამოხდილ წყალში მიკროორგანიზმები საერთოდ არ არის ან ძალიან დაბალი შემცველობით.

დისტილაციით მიღებული გამოხდილი წყლის საერთაშორისო სტანდარტია ISO 3696, რომლსაც შეესაბამება ელ.გამტარობა 5×10^{-4} სიმ/მ. დისტილაციის პროცესის რეჟიმული პარამეტრების ოპტიმიზაციამ საშუალება მოგვცა მიგველო $2,6 \times 10^{-4}$ სიმ/მ ელ.გამტარობის მქონე წყალი, რაც საერთაშორისო სტანდარტთან შედარებით ნაკლებია და განსხვავდება საწყისი კოეფიციენტით. ცხრილში 2 მოყვანილია საწყისი სასმელი წყლის და მიღებული დისტილატის ელექტროგამტარობის მაჩვენებლები.

ცხრილი 2. სასმელი წყლის და დისტილატის ელექტროგამტარობა

ფილტრაციის მეთოდი	ელ.გამტარობა სიმ/მ	
	სასმელი წყალი	დისტილატი
დისტილაცია	29×10^{-3}	$2,6 \times 10^{-4}$

ლაბორატორიულმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ ფილტრაციის ბარომემბრანული პროცესის გამოყენება მაღალხარისხოვანი დემინერალიზებული წყლების მიღების ყველაზე ეფექტური მეთოდია, ვინაიდან, უკუოსმოსური პროცესით მიღებული დემინერალიზებული წყლის ენერგოდანახარჯების მაჩვენებლები ერთი რიგით მცირეა დისტილირებულ წყალთან შედარებით. ასევე, უნდა აღინიშნოს, რომ უკუოსმოსური მეთოდით შესაძლებელია ბუნებრივ და საერთაშორისო სტანდარტს (ISO 3696) შორის ნებისმიერი სიდიდის ელექტროგამტარობის მქონე გარდამავალი წყლის მიღება.

გამოქვეყნებულია ორი სტატია ჟურნალში „საქართველოს საინჟინრო სიახლენი“.

1. ბიბილეიშვილი გ.ვ., ბუთხუზი თ.გ., მამულაშვილი, კაკაბაძე ე.გ. ბარომემბრანული პროცესების გავლენის კვლევა ღვინის და ხილის წვენების შედგენილობასა და სიმღვრივის მახასიათებელზე. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2023, №2, ტომ. 98, გვ.73-74

2. ბიბილეიშვილი გ.ვ., ბუთხუზი თ.გ., მამულაშვილი მ.ა. ბუნებრივი წყლიდან მიღებული დეიონიზირებული წყლის ელექტროგამტარობის ხარისხის კვლევა. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2023, №2, ტომ. 98, გვ.64-65

მიმართულება III

ხელმძღვანელი: ლ. ებანოიძე

2023, ეტაპი I (1-6თვე)

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა პოლიმერულ კომპოზიციებში პოლიმერის გახსნის პროცესის კვლევა სიმღვრივის მაჩვენებლების შესწავლის მიზნით განსხვავებული ქიმიური შედგენილობის ხსნარებისათვის და ქიმიური შედგენილობის გავლენის შესწავლა ხსნარის სიმღვრივეზე.

პოლიმერული კომპოზიციები მიღებულია პოლიმერის, გამხსნელის, არაორგანული და ორგანული დანამატებით, რაც განაპირობებს პოლიმერის ხსნარის ჰომოგენურობას, სიმღვრივეს, სიბლანტეს და კონცენტრაციას.

პოლიეთერსულფონი, რომლის ბაზაზე დამზადებულია პოლიმერული კომპოზიციები წარმოადგენს ჰეტეროჯაჭვურ მაღალმოლეკულურ ნაერთს, რომლის ძირითადი ჯაჭვი შეიცავს განმეორებად SO₂-ის ჯგუფებს, მხოლოდ ერთ ეთერულ ბმას სულფონურ ჯგუფებთან და არომატულ ფრაგმენტებს. პოლიეთერსულფონი გამოირჩევა ამორფული, „ფაშარი“ სტრუქტურით, ჯაჭვის სიხისტით, ჯაჭვის მონაკვეთებს შორის დიდი შიდამოლეკულური მანძილით და ჰიდროდინამიკური ურთიერთქმედებით. რთულადხსნადი პოლიეთერსულფონისათვის გამოყენებულია დიპოლარული, აპროტონული გამხსნელი (Θ გამხსნელი) - დიმეთილაცეტამიდი, რომელიც ხასიათდება თბური და ქიმიური სტაბილურობით. პოლიმერის ხსნარის რეოლოგიური თვისებების და მიკროფაზური დაყოფის ეფექტის გაუმჯობესების მიზნით შერჩეულია ჰიდროფილური პოლიეთერული ნაერთი - პოლიეთილენგლიკოლი (PEG) მოლეკულური მასით M_w=400 გ/მოლი (PEG-400), M_w=600 გ/მოლი (PEG-600), M_w=800 გ/მოლი (PEG-800) და M_w=1500 გ/მოლი (PEG-1500), რომელსაც თავისი აღნაგობიდან გამომდინარე გააჩნია სხვა მოლეკულებთან შეუღლებისა და სხვა პოლიმერის ფუნქციონალური ჯგუფების მიერთების უნარი.

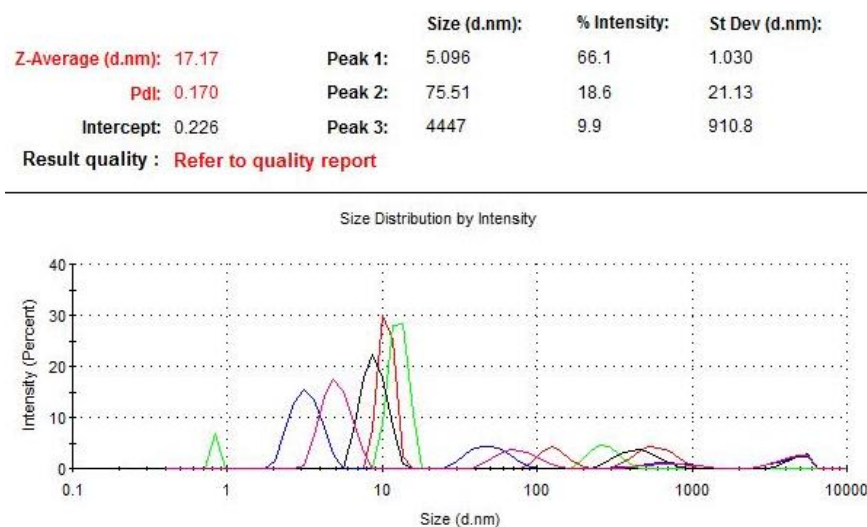
განსვავებული მოლეკულური მასის პოლიეთილენგლიკოლის დამატებით მიღებულ პოლიეთერსულფონურ ხსნარებში ჩატარებულია პოლიმერის გაჯირჯვებისა და გახსნის პროცესის მონტორინგი. პოლიეთერგლიკოლიანი პოლიეთერსულფონური ხსნარები შესწავლილია სინათლის გაბნევის დინამიკური მეთოდით. ნაწონაწილაკების მზომ ანალიზატორზე Zetasizer Nano ZN90 განხორციელებულია ბროუნის მოძრაობაში მყოფი ნაწილაკების მიერ გაბნეული სინათლის ინტენსივობის ფლუქტუაციის ანალიზი, რომლის შედეგად დადგინდა პოლიმერული კომპოზიციის ძირითადი მახასიათებლები: ნაწილაკის საშუალო ზომა, პოლიდისპერსიულობის ინდექსი და ნაწილაკების ზომების პროცენტული თანაფარდობა. პოლიმერული კომპოზიციების რაოდენობრივი ანალიზის დროს გამოყენებულია ნეფელომეტრული მეთოდი. პოლიეთილენგლიკოლიანი პოლიეთერსულფონური ხსნარების სიმღვრივის მაჩვენებლები განსაზღვრულია სიმღვრივის მზომი ხელსაწყოთი Turb 555. ფაზური ინვერსიის მეთოდით მიღებული მემბრანული ფირების ხვედრითი წარმადობები დადგენილია ლაბორატორიულ მემბრანულ დანადგარზე MTSI-JM-5. მიღებული ექსპერიმენტული შედეგები მოყვანილია ცხრილში 1.

ცხრილი 1. პოლიმერული კომპოზიციის ნაწილაკების ზომა, პროცენტული თანაფარდობა, სიმღვრივე და მემბრანული ფირების ხვედრითი წარმადობა

მემბრანა	პოლიმერული კომპოზიციის ქიმიური შედგენილობა	პიკი 1, ნმ	%	პიკი 2, ნმ	%	პიკი 3, ნმ	%	პოლი- მერული კომპო- ზიციის სიმღვრი- ვის მაჩვენე- ბელი, FTU	მემბრა- ნული ფირე- ბის ხვ. წარმა- დობა, J, ლ/მ ² სთ
----------	---	---------------	---	---------------	---	---------------	---	--	---

M1	კომპოზიცია	3.240	60.9	50.01	32.1	4416	8.9	3.35	4040
M2	კომპოზიცია+PEG400	8.920	74.0	460.8	18.8	4847	7.2	4.15	9050
M3	კომპოზიცია+PEG600	10.67	65.2	594.5	20.6	128.8	14.2	5.12	12100
M4	კომპოზიცია+PEG800	12.77	76.2	273.9	17.1	0.8332	6.8	5.62	13500
M5	კომპოზიცია+PEG1500	5.096	66.6	75.51	18.6	4447	9.9	5.77	7840

პოლიმერული კომპოზიციებში პოლიმერის გაჯირჯვებისა და გახსნის პროცესის მონიტორინგმა აჩვენა, რომ გაჯირჯვებას თან ახლავს პოლიეთერსულფონის მოცულობის ზრდა და მაკრომოლეკულების კონფორმაციის ცვლილება, ხოლო გახსნის პროცესს - პოლიმერის მოლეკულების ერთმანეთისგან დაცილება და მათი დიფუზია დიმეთილაცეტამიდში, რამაც უზრუნველყო ჰომოგენური, ჰემოარიტი პოლიეთილენგლიკოლიანი პოლიეთერსულფონური ხსნარის მიღება.



სურათი 1. განსხვავებული ქიმიური შედგენილობის მქონე პოლიმერული ხსნარის ნაწილაკების ინტენსივობის მრუდები

სურათში 1 წარმოდგენილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ მემბრანის დასასხმელ ხსნარებში ნაწილაკების ზომების, ხსნარების სიმღვრივის და ამ ხსნარებიდან დამზადებული მემბრანების ხვედრითი წარმადობის მნიშვნელობები დამოკიდებულია პოლიმერული კომპოზიციების ქიმიურ შედგენილობაზე.

პოლიეთერსულფონურ ხსნარებში პოლიმერის გახსნის პროცესის ექსპერიმენტული კვლევისას მოლეკულური მასის მქონე პოლიეთილენგლიკოლის PEG-400, PEG-600 და PEG-800 შემთხვევაში გამოვლენილია ნაწილაკის კონფორმაციული ზომების მზარდი დინამიკა 8.920 ნმ-დან 12.77 ნმ-მდე, რაც დიდწილად განაპირობებს დასასხმელი ხსნარის სიმღვრივეს, რომლის ხარისხობრივი მაჩვენებელი განსაზღვრავს მიღებული მემბრანის ფიზიკურ მახასიათებლებს. ნაწილაკის კონფორმაციული ზომების ზრდის ტენდენცია აისახა როგორც სიმღვრივის მაჩვენებელზე (FTU4.15-FTU5.62) ასევე, მიღებული მემბრანის ხვედრითი წარმადობაზე (9050-13500 ლ/მ²სთ). პოლიეთილენგლიკოლის მოლეკულური მასის (400 გ/მოლი, 600 გ/მოლი, 800 გ/მოლი) ზრდამ განაპირობა პოლიმერული ხსნარის სიმღვრივის და მემბრანის ხვედრითი წარმადობის მაღალი მაჩვენებელი. ცხრილის 1 მონაცემების მიხედვით ხვედრითი წარმადობის მაქსიმალური მაჩვენებელი - 13500 ლ/მ²სთ გააჩნია M4 მემბრანას, რომელიც მიღებულია პოლიეთილენგლიკოლის შემცველი კომპოზიციიდან, რომლის მოლეკულური მასა 800 გ/მოლი-ია (PEG-800). მაღალი მოლეკულური მასის პოლიეთილენგლიკოლის PEG-1500-ის შეტანით

პოლიმერის კონფორმაციულმა ზომამ განიცადა ცვლილება კლებისკენ, რამაც განაპირობა მიღებული მემბრანის ხვ. წარმადობის შემცირება 7840 ლ/მ²სთ-მდე.

ამრიგად, ორგანული დანამატების მოლეკულური მასების სიდიდე გავლენას ახდენს პოლიმერული კომპოზიციის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლებზე, რაც განაპირობებს ფაზური ინვერსიის პროცესის მსვლელობას და მიღებული მემბრანის ხვედრითი წარმადობის ცვალებადობას.

აღრიცხულია ექსპერიმენტის მონაცემები. შესრულებულია წლიური ანგარიში და გამოქვეყნებულია ერთი სტატია - „კომპოზიციაში პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობის და ორგანული დანამატების გავლენის კვლევა ხსნარის სიმღვრივეზე“ - საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2023, №2, ტ. 98, გვ. 59-61

2023, ეტაპი II (7-12თვე)

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა პოლიმერულ კომპოზიციების თხევადი ფაზის ანალიზური კვლევა სინათლის გაბნევის დინამიკური მეთოდით და პოლიმერის მოლეკულის კონფორმაციული მდგომარეობის მის ზომაზე დამოკიდებულების დადგენა.

პოლიმერული კომპოზიციები დამზადდა პოლიმერის, გამხსნელის, არაორგანული და ორგანული დანამატების ბაზაზე, რამაც განაპირობა ხსნარის ჰომოგენურობა, სიმღვრივე, სიბლანტე და კონცენტრაცია. ორგანულ დანამატად შერჩეულია პოლიეთილენგლიკოლი (პეგ) მოლეკულური მასით $M_w=200$ გ/მოლი (PEG-200), $M_w=400$ გ/მოლი (PEG-400), $M_w=600$ გ/მოლი (PEG-600), $M_w=800$ გ/მოლი (PEG-800), $M_w=1000$ გ/მოლი (PEG-1000) და $M_w=1500$ გ/მოლი (პეგ-1500). მემბრანების უჯრედოვანი სტრუქტურისა და ფორწარმოქმნის გაუმჯობესების მიზნით პოლიეთილენგლიკოლის გამოყენება განპირობებულია მისი ფუნქციიდან და გავლენიდან გამომდინარე. იგი ასრულებს მადისპერგირებელი აგენტის როლს და ამაღლებს მემბრანის მაფორმირებელი ხსნარის სიბლანტეს.

განსვავებული მოლეკულური მასის პოლიეთილენგლიკოლიანი პოლიეთერსულფონური ხსნარები შესწავლილია ნაწილაკების მზომი ანალიზატორით Zetasizer Nano ZN90. ნაწილაკების მდგრადობის გასაზრდელად კომპოზიციები დამუშავებულია ულტრაბგერის აპარატის წყლიან აბაზანაში (Unitra-Unima, UM-4, Olsztyn, Poland). ულტრაბგერითი რხევებით მიღწეულია პოლიმერული კომპოზიციების კომპონენტების რეზონანსული დამლა, პოლიმერის შედგენილობაში შემავალი ასორტირებული და ქიმიური კავშირების რღვევა და მაღალდისპერსიული ხსნარების მიღება. ფაზური ინვერსიის მეთოდით მიღებული მემბრანული ფირების ხვედრითი წარმადობები განსაზღვრულია ლაბორატორიული მემბრანული დანადგარით MTSI-JM-5. მიღებული ექსპერიმენტული შედეგები მოცემულია ცხრილში 1.

ცხრილი 1. პოლიმერული კომპოზიციის ნაწილაკების ზომა, პროცენტული თანაფარდობა და მემბრანული ფირების ხვედრითი წარმადობა

მემბრანა	კომპოზიციის ქიმიური შედგენილობა	პიკი 1, ნმ	%	პიკი 2, ნმ	%	პიკი 3, ნმ	%	პოლი- დისპერ- სიულო- ბის ინდექსი, PDI	ნაწი- ლაკის საშუა- ლო ზომა, Z-Ave ნმ	მემბრა- ნული ფირების ხვ. წარმა- დობა, J, ლ/მ ² სთ
M1	კომპოზიცია	3.240	60.9	50.01	32.1	4416	8.9	0.168	31.95	4040
M2	კომპოზიცია+PEG200	5.095	51.2	76.08	27.4	2094	15.5	0.210	31.05	7680
M3	კომპოზიცია+PEG400	8.920	74.0	460.8	18.8	4847	7.2	0.160	18.53	9050

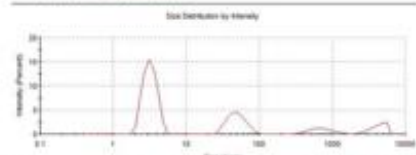
M4	კომპოზიცია+PEG600	10.67	65.2	594.5	20.6	128.8	14.2	0.514	16.32	12100
M5	კომპოზიცია+PEG800	12.77	76.2	273.9	17.1	0.8332	6.8	0.491	12.99	13500
M6	კომპოზიცია+PEG1000	21.97	81.6	545.8	10.4	2.674	8.0	0.389	19.24	14900
M7	კომპოზიცია+PEG1500	5.096	66.6	75.51	18.6	4447	9.9	0.170	17.7	7840

პოლიმერული კომპოზიციების თხევადი ფაზის ანალიზური კვლევისას გამოყენებულია სინათლის გაბნევის დინამიკური მეთოდი (Dynamic light scattering – DLS), რომლის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ნებისმიერ ოპტიკურად არაერთგვაროვან გარემოში (ხსნარში) შეიმჩნევა სინათლის გაბნევა წარმომქმნელი რხევების - ფლუქტუაციების გამო, რომლებიც იძლევიან ინფორმაციას მოძრავი ნაწილაკების ზომის შესახებ. სინათლის ელექტრომაგნიტური თეორიის საშუალებით შესაძლებელია სინათლის გაბნევა დაუკავშირდეს ხსნარში გახსნილი ნივთიერების ნაწილაკის ზომას.

სინათლის გაბნევის დინამიკური მეთოდით ჩატარებულია იმ ნაწილაკების მიერ გაბნეული სინათლის სხივის ინტენსივობის ფლუქტუაციის გაზომვა და ანალიზი, რომლებიც იმყოფებიან თბურ, ქაოსურ მოძრაობაში. გაბნეული სხივის ფლუქტუაცია რეგისტრირდებოდა ანალიზატორის Zetasizer Nano ZN90 ფოტოდiodური დეტექტორის საშუალებით, ხოლო გაბნეულის სხივის ინტენსივობის ცვლილება - ციფრული ავტოკორელატორით, რომელიც აგენერირებს კორელაციურ ფუნქციას. ავტოკორელაციური ფუნქციიდან „Zetasizer Software“ პროგრამამ უზრუნველყო ნაწილაკის ზომის გამოთვლა და ნაწილაკების განაწილება ზომების მიხედვით 0.3 ნმ-დან 10000-ნმ-ის დიაპაზონში.

	Size (d.nm)	% Intensity	St Dev (d.nm)
Z-Average (d.nm): 11.91	Peak 1: 3.240	80.9	0.5814
PDI: 0.199	Peak 2: 10.01	23.1	12.90
Intercept: 0.217	Peak 3: 4415	8.9	821.9

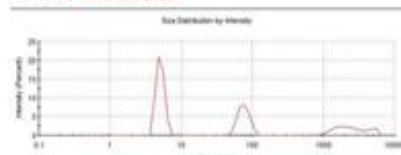
Result quality: Refer to quality report



სურათი 1. ა. უდაზმავი პოლიეთერსულფონიანი ხსნარის ნაწილაკების ზომის ინტენსივობის მრუდები

	Size (d.nm)	% Intensity	St Dev (d.nm)
Z-Average (d.nm): 11.01	Peak 1: 5.095	81.2	0.6019
PDI: 0.210	Peak 2: 16.08	21.4	13.06
Intercept: 0.288	Peak 3: 2094	15.5	714.8

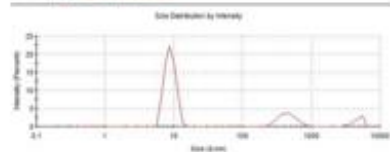
Result quality: Refer to quality report



სურათი 1. ბ. PEG-200-იანი პოლიეთერსულფონიანი ხსნარის ნაწილაკების ზომის ინტენსივობის მრუდები

	Size (d.nm)	% Intensity	St Dev (d.nm)
Z-Average (d.nm): 10.51	Peak 1: 5.005	74.6	1.137
PDI: 0.193	Peak 2: 459.8	16.9	128.6
Intercept: 0.218	Peak 3: 4847	7.2	702.9

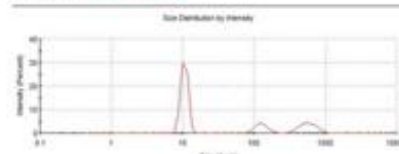
Result quality: Refer to quality report



სურათი 1. გ. PEG-400-იანი პოლიეთერსულფონიანი ხსნარის ნაწილაკების ზომის ინტენსივობის მრუდები

	Size (d.nm)	% Intensity	St Dev (d.nm)
Z-Average (d.nm): 11.12	Peak 1: 10.87	89.2	1.137
PDI: 0.114	Peak 2: 284.2	20.4	103.4
Intercept: 0.820	Peak 3: 128.9	14.2	23.39

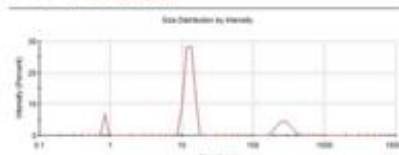
Result quality: Refer to quality report



სურათი 1. დ. PEG-600-იანი პოლიეთერსულფონიანი ხსნარის ნაწილაკების ზომის ინტენსივობის მრუდები

	Size (d.nm)	% Intensity	St Dev (d.nm)
Z-Average (d.nm): 12.39	Peak 1: 12.77	75.2	1.549
PDI: 0.481	Peak 2: 273.6	17.1	53.45
Intercept: 0.808	Peak 3: 3.832	8.8	1.054e-6

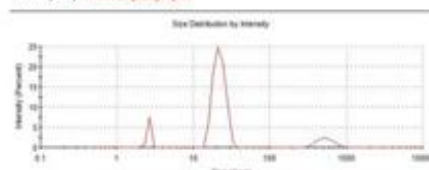
Result quality: Refer to quality report



სურათი 1. ე. PEG-800-იანი პოლიეთერსულფონიანი ხსნარის ნაწილაკების ზომის ინტენსივობის მრუდები

	Size (d.nm)	% Intensity	St Dev (d.nm)
Z-Average (d.nm): 10.22	Peak 1: 21.97	81.5	1.842
PDI: 0.383	Peak 2: 545.8	10.4	128.4
Intercept: 0.840	Peak 3: 2.574	8.8	0.08754

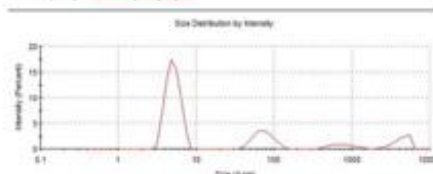
Result quality: Refer to quality report



სურათი 1. ვ. PEG-1000-იანი პოლიეთერსულფონიანი ნაწილაკების ზომის ინტენსივობის მრუდები

	Size (d.nm)	% Intensity	St Dev (d.nm)
Z-Average (d.nm): 17.17	Peak 1: 5.095	86.1	1.350
PDI: 0.170	Peak 2: 75.51	10.6	21.13
Intercept: 0.226	Peak 3: 4447	8.9	910.8

Result quality: Refer to quality report



სურათი 1. ზ. PEG-1500-იანი პოლიეთერსულფონიანი ხსნარის ნაწილაკების ზომის ინტენსივობის მრუდები

სურათი 1. განსხვავებული ქიმიური შედგენილობის მქონე პოლიმერული ხსნარის ნაწილაკების ინტენსივობის მრუდები

სურათზე 1 გამოსახული პოლიმერული ხსნარების ნაწილაკების ინტენსივობის მრუდებიდან ჩანს, რომ პოლიეთილენგლიკოლის PEG-200-ის, PEG-400-ის, PEG-600, PEG-800 და PEG-1000-ის ერთი და იგივე რაოდენობით დამატების შემთხვევაში ადგილი აქვს ინტენსივობის მრუდების გადანაცვლებას ნაწილაკის ზომების ზრდის მიმართულებით, ხოლო პეგ-1500-ის შემთხვევაში პირიქით, ნაწილაკის ზომების კლების მიმართულებით, რაც პოლიეთერსულფონის კონფორმაციული მდგომარეობის ცვლილებას ადასტურებს. უდანამატო პოლიმერულ კომპოზიციებში პოლიეთერსულფონის მოლეკულა იმყოფება სპირალის კონფორმაციულ მდგომარეობაში, რომლის ნაწილაკის ზომა 3.240 ნმ-ია. მოლეკულური მასის მქონე პოლიეთილენგლიკოლის PEG-200-ის, PEG-400-ის, PEG-600-ის, PEG-800-ის და PEG-1000-ის დამატებით თანდათანობით იზრდება როგორც პოლიმერის ნაწილაკის ზომა (5.095 ნმ-დან 21.97 ნმ-მდე) ასევე, განაწილების მრუდების სიგანე, რაც პოლიმერის სპირალის

კონფორმაციის გლობულაში გადასვლაზე მიუთითებს. მაღალი მოლეკულური მასის პოლიეთილენგლიკოლის PEG-1500-ის შეტანის შემთხვევაში დაფიქსირდა პოლიმერის ნაწილაკის ზომის შემცირება 5.096 ნმ-მდე და პოლიმერის გლობულის კონფორმაციის საწყისში კონფორმაციაში დაბრუნება. კონფორმაციული მდგომარეობის ცვალებადობა შეიძლება გამოწვეული იყოს პოლიეთილენგლიკოლის და პოლიეთერსულფონის მოლეკულებს შორის მოლეკულათაშორისი ბმების გაძლიერებით ან შესუსტებით პოლიეთილენგლიკოლის მოლეკულური მასის ცვლილებების გამო.

ნაწილაკების ზომა და პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობა დიდწილად განსაზღვრავს დასახმელი ხსნარიდან დამზადებული მემბრანული ფირების ხვედრით წარმადობას. ცხრილის 1 მონაცემების მიხედვით ხვედრითი წარმადობის მაქსიმალური მაჩვენებელი - 14900 ლ/მ²სთ გააჩნია M6 მემბრანას, რომელიც მიღებულია პოლიეთილენგლიკოლის შემცველი კომპოზიციიდან, რომლის მოლეკულური მასა 1000 გ/მოლი-ია (PEG-1000). მაღალი მოლეკულური მასის პოლიეთილენგლიკოლის PEG-1500-ის შეტანამ მემბრანის ხვედრითი წარმადობა 7840 ლ/მ²სთ-მდე შეამცირა.

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობა ერთ-ერთი ფაქტორია მემბრანის მორფოლოგიისა და სტრუქტურის ფორმირებისათვის, რომელიც დამოკიდებულია დანამატების მოლეკულურ მასაზე, ხსნარში არსებულ ნაწილაკის ზომასა და განაწილების კონფიგურაციაზე.

ამრიგად, კომპოზიციებში არსებული ნაწილაკების ზომის ცვალებადობა იწვევს კონფორმაციულ ცვლილებებს, რაც გავლენას ახდენს პოლიმერული კომპოზიციის ფიზიკურ-ქიმიურ მაჩვენებლებსა და მიღებული მემბრანის ხვედრით წარმადობაზე.

აღრიცხულია ექსპერიმენტის მონაცემები. შესრულებულია წლიური ანგარიში და გამოქვეყნებულია ერთი სტატია - „კომპოზიციაში პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობის ნაწილაკის ზომაზე დამოკიდებულების საკითხი“ - საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, ტ. 98, გვ. 62-63

2.2.

1) დასრულებული პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით

- 1.
- 2.

2) პროექტის დაწყებისა და დამთავრების წლები

- 1.
- 2.

3) პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)

- 1.
- 2.

დასრულებული კვლევითი პროექტის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

3. შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტით დაფინანსებული სამეცნიერო-კვლევითი პროექტები

3.1.

1) გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი

1. „სამეცნიერო დანადგარები და აღჭურვილობა, სამეცნიერო ბიბლიოთეკის ფონდის შევსება, უცხოური ელექტრონული ლიტერატურის ბაზებზე წვდომა“; 2023 წლის - უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულებების - დამოუკიდებელი სამეცნიერო-კვლევითი ერთეულების მატერიალურ ტექნიკური ბაზის განახლების ხელშეწყობის კონკურსი, RIM-3-23-228;

2. „ღვინის მიკროფილტრაციის და წყლის ულტრაფილტრაციის ბრტყლადპარალელური ტიპის საწარმოო მემბრანული დანადგარი“; ინჟინერია და ტექნოლოგია; მექანიკური ინჟინერია; დამატებითი მიმართულება 1 - ინჟინერია და ტექნოლოგიები; საკვები და სასმელი პროდუქტები; დამატებითი მიმართულება 2 - საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები: ქიმიური მეცნიერებები; კოლოიდური ქიმია; AR-22-1998;

3. „წყლის ჩიხური და ტანგენციალური ულტრაფილტრაციის სპირალური ტიპის საყოფაცხოვრებო მემბრანული დანადგარი“; ინჟინერია და ტექნოლოგია; მექანიკური ინჟინერია; დამატებითი მიმართულება 1 - ინჟინერია და ტექნოლოგიები; საკვები და სასმელი პროდუქტები; დამატებითი მიმართულება 2 - საბუნებისმეტყველო მეცნიერებები: ქიმიური მეცნიერებები; კოლოიდური ქიმია; AR-22-2048;

2) პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები

1. 2023-2024წწ.

2. 2023-2024წწ.

3. 2023-2024წწ.

3) პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)

1. გ. ბიბილეიშვილი - პროექტის ხელმძღვანელი;

2. მზია კეყერაშვილი - პროექტის სამეცნიერო ხელმძღვანელი;

2.1. გიორგი ბიბილეიშვილი - პროექტის ძირითადი პერსონალი;

2.2. მანანა მამულაშვილი - პროექტის ძირითადი პერსონალი;

2.3. გურამი ბუთხუზი - დამხმარე პერსონალი, სპეციალისტი;

2.4. ლეილა თანანაშვილი - დამხმარე პერსონალი, ლაბორანტი;

3. ლიანა ყუფარაძე - პროექტის სამეცნიერო ხელმძღვანელი;

3.1. ნანა გოგესაშვილი - პროექტის ძირითადი პერსონალი;

3.2. ზაზა ჯავაშვილი - პროექტის ძირითადი პერსონალი;

3.3. ლიანა ებანოიძე - დამხმარე პერსონალი, სპეციალისტი;

3. 5. ლეილა თანანაშვილი - დამხმარე პერსონალი, ლაბორანტი;

გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 2023 წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

1. „სამეცნიერო დანადგარები და აღჭურვილობა, სამეცნიერო ბიბლიოთეკის ფონდის შევსება, უცხოური ელექტრონული ლიტერატურის ბაზებზე წვდომა“;

მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის სპექტრომეტრი INVENIO-S-ის დაკომპლექტება „Transit Platinum ATR“-ის მოდულით აუცილებელი და მნიშვნელოვანია შემდეგი უპირატესობების გამო:

მოდულისთვის ნიმუშის მომზადების და დატანის უმარტივესი პროცედურა გულისხმობს თხევადი, ფხვიერი და მყარი ნივთიერების საანალიზო ნიმუშის 0.1-დან 3.0 გრამის განთავსებას აღჭურვილობის დაფის ცენტრალურ ნაწილაში; ATR-ის ალმასის კრისტალის გასუფთავების პროცესის სიმარტივე; ნიმუშების საანალიზოდ გამოყენების შესაძლებლობა ბუნებრივ მდგომარეობაში დაპრესვის, გაფხვიერების, გაცხელების და დაწვრილმანების გარეშე; ინფრაწითელი ტალღების შეღწევის უნარი საკვლევი ნიმუშის ღრმა ფენებში, რომელსაც განაპირობებს ATR-ის ალმასის პრიზმა; საანალიზო

ნიმუშებზე როგორც ერთჯერადი, ასევე მრავალჯერადი ინფრაწითელი დასხივების შესაძლებლობა; მემბრანების მიღების ფაზური ინვერსიის პროცესში მხოლოდ სპექტრომეტრი INVENIO-S-ის ATR-ის გამოყენებით არის შესაძლებელი პოლიმერი/სითხე/წყალი დაყოფის საზღვარზე. დიფუზიის და დიფუზიური გარემოს მოლეკულურ მდგომარეობაზე ინფორმაციის მიღება წყლის და პოლიმერის შთანთქმის ზოლების ცვლილების მიხედვით.

ინფრაწითელი ფურე სპექტრომეტრი INVENIO-S-ის მოდული „Transit Platinum ATR“ უზრუნველყოფს 2021-2026 წლების პროგრამით გათვალისწინებული 5 სამეცნიერო პროექტის და ორი გამოყენებითი გრანტის კვლევების ინოვაციური თვალსაზრისით განვითარებასა და გაფართოებას.

2. „ღვინის მიკროფილტრაციის და წყლის ულტრაფილტრაციის ბრტყლადპარალელური ტიპის საწარმოო მემბრანული დანადგარი“;

საზოგადოებისა და სახელმწიფოს მდგრადი განვითარების პროცესები, ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო გარემოს შექმნის საკითხები დაკავშირებულია მოსახლეობის უზრუნველყოფასთან ეკოლოგიურად სუფთა საკვები პროდუქტებით. გაზრდილია მოთხოვნა მემბრანულ ტექნოლოგიებზე, რადგან მემბრანული პროცესები იძლევიან საშუალებას გაიწმინდოს ღვინო და სასმელი წყალი ერთდროულად ყველა სახის დაჭუჭყიანებისაგან, როგორც კოლოიდურ, ისე მაღალ და დაბალმოლეკულურ დონეებზე, ავლენენ მაღალ ენერგოეფექტურობას, დაბალ საექსპლოატაციო ხარჯებს და არ გააჩნიათ გარემოზე მავნე ზემოქმედების უნარი. ქართული ღვინის, წყლების საექსპორტო მაჩვენებლების და კონკურენტუნარიანობის გაზრდის ძირითადი წინაპირობა ხარისხის მაღალი სტანდარტია, რაც მოითხოვს მემბრანული დანადგარების გაუმჯობესებას, მემბრანული აპარატის სადაწნეო საკნის კონტრუქციის მუდმივ განახლებას და ექსპლოატაციის მაღალი ტექნიკურ-ეკონომიური მაჩვენებლების მიღწევას.

მიკროფილტრაციული და ულტრაფილტრაციული პროცესების მასაგადატანის ოპტიმალური პირობების შესარჩევად შესწავლილია ბუნებრივი, ზედაპირული წყლისა და „რქაწითელი“ თეთრი ღვინის გრანულომეტრული შედგენილობა, წყალში და თეთრ ღვინოში არსებული ნაწილაკების მოლეკულური მასა, წყლის და თეთრი ღვინის Z- პოტენციალი ანალიზატორით Zetasizer NanoZen-3690. შესწავლილია ბუნებრივი ზედაპირული წყლის და ღვინის ორგანოლექტიკური, მიკრობიოლოგიური და ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები.

დადგენილი იქნა, რომ თეთრი ღვინო შეიცავს: გახსნილ ნივთიერებებს (ზომით 10 ნმ-ზე ნაკლები), რომელიც მოიცავს იონებს, მარილებს, ორგანულ მჟავებს და ფენოლურ ნაერთებს; კოლოიდებს (15მ-დან 1მკმ-მდე)- პოლისაქარიდებს, ცილებს, პოლიმერიზებულ ფენოლურ და კოლოიდური ნაერთებს; ნაწილაკებს (1მმ-ზე მეტი)-უჯრედულ ნარჩენებს, კოლოიდურ აგრეგატებს და კალიუმის ტარტრატის კრისტალებს.

ბუნებრივ ზედაპირულ წყალში არსებული დამაბინძურებლებია: ბაქტერიები (0,2-10 მკმ), რიკეტსიები (0,4-1,0 მკმ), ვირუსები (100-400 ნმ), სოკოები (3-50 მკმ), შეწონილი, კოლოიდური ნაწილაკები: ლამი ($27 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-4}$ ნმ), თიხა (25×10^{-3} ნმ), თიხა პუდრი (500-200 ნმ), ჰუმუსური ნივთიერებები (მ.მასა 20-250000 დალტონი, 6-80 ნმ), ეგზო- და ენდოგენური პიროგენური ნივთიერებები (20-100ნმ). პოლიეთერსულფონის (პეს), დიმეთილაცეტამიდის (დმა), პოლიეთილენგლიკოლ-1000-ის (პეგ-1500), პოლივინილპიროლიდონის (პვპ) ბაზაზე შემუშავდა სხვადასხვა შედგენილობის კომპოზიცია. შესწავლილია მიღებული მიკროფილტრაციული და ულტრაფილტრაციული მემბრანების ძირითადი მახასიათებლები. დადგენილი იქნა, რომ არაგამხსნელის-კოაგულანტის ტემპერატურის, სიბლანტის ცვლილებით შესაძლებელია მემბრანული აფსკის მორფოლოგიისა და სტრუქტურის რეგულირება, რითაც მიიღებული იქნა განსხვავებული ფორის ზომისა და ფორიანობის პოლიმერული მემბრანები. მემბრანის მორფოლოგია და სტრუქტურა შესწავლილი იქნა მასკანირებელი ზონდური (ტუნელური) მიკროსკოპით (SEM, Certus standart V). მიკროფილტრაციული და ულტრაფილტრაციული პროცესებისათვის დამზადდა 0,45მკმ და 0,1 მკმ ფორის ზომის მემბრანები. ტესტირება განხორციელდა ღვინის მიკროფილტრაციისათვის შერჩეულ M2 მემბრანაზე, ფორის ზომით 0,45 მკმ, ხოლო წყლის ულტრაფილტრაციისათვის M6 მემბრანაზე, ფორის ზომით 0,1მკმ. ულტრაფილტრაციული ლაბორატორიული მემბრანული დანადგარი 0,1მკმ ფორის ზომის მემბრანით წყალს მთლიანად აცილებს შეწონილ ნაწილაკებს, კოლოიდებს, ბაქტერიებს,

მოკროორგანიზმებს, ვირუსებს, ცილებს, მსხვილ ორგანულ ნაერთებს, მიკრობიოლოგიურ ნარჩენებს და 3-5% სიხისტის მარილებს. მიღებული იქნა გაუსნებოვნებული, სტერილური სასმელი წყალი.

მიკროფილტრაციული ლაბორატორიული დანადგარი 0,45მკმ ზომის მქონე მემბრანით ღვინოს აცილებს მიკროორგანიზმებს და საფუარებს 100%-ით, რაც განაპირობებს ეკოლოგიურად სუფთა, კრისტალურად გამჭვირვალე, შენახვისადმი გახანგრძლივებული ვადების მქონე, მდგრადი (შებურვისა და ლექის წარმოქმნის გარეშე), სტაბილური, მაღალი ხარისხის ღვინის მიღებას. დანადგარის მუშა კვანძის გეომეტრიული დაგეგმარებისათვის განხორციელდა ბუნებრივი ზედაპირული წყლის და „რქაწითელის“ ღვინის ნაკადის ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების თეორიული გათვლა ბრძელადპარარელური ტიპის სადაწნეო საკნისათვის სიგანით $B=12\text{მმ}$, სიგრძით $L=32\text{მმ}$ სხვადასხვა სიმაღლის პირობებში. სადაწნეო საკნისათვის $h=0,1\text{მმ}$ -დან 1მმ -მდე სიმაღლის პირობებში, თეორიული კვლევების საფუძველზე, ბუნებრივი ზედაპირული წყლისთვის $0,5-1,265\text{მ/წმ}$ დიაპაზონში განხორციელდა ნაკადის ლამინარული მოძრაობა, ხოლო თეთრი „რქაწითელი“ ღვინისათვის $0,5-1,58\text{მ/წმ}$. თეორიული კვლევების საფუძველზე განისაზღვრა სადაწნეო საკნის შემავალი კვეთებისათვის რეინოლდსის რიცხვის კრიტიკული მნიშვნელობები, რამაც განაპირობა ტურბულენტური ნაკადისათვის განსხვავებული სიდიდის სიჩქარე. ტურბულენტური მოძრაობისას სადაწნეო საკნის შემავალი ფართის მატება განაპირობებს რეინოლდსის რიცხვის კრიტიკული მნიშვნელობის კლებას.

მიღებული თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგების საფუძველზე AUTOCAD-22-ის და Cura-15.04.22 პროგრამებით შეიქმნა, 3D პრინტერზე (Ultimaker2) დამზადდა და გამოიცადა სხვადასხვა გეომეტრიული ზომის მქონე მუშა კვანძის ბრძელადპარარელური ტიპის ლაბორატორიული უჯრედი.

დამზადებულ ბრძელადპარარელური ტიპის სადაწნეო საკანზე ჩატარდა ექსპერიმენტული სამუშაოები ბუნებრივი წყლისთვის და ღვინისათვის ჰიდროდინამიკური ნაკადის სხვადასხვა რეჟიმისა და სადაწნეო საკნის სიმაღლის პირობებში.

0,2მმ, 0,6მმ, 1მმ სიმაღლის სადაწნეო საკნის წყლის ულტრაფილტრაციის და ღვინის მიკროფილტრაციის ექსპერიმენტული შედეგების თეორიულ კვლევებთან შედარებამ გვიჩვენა, რომ:

- ლამინარულ რეჟიმში სადაწნეო საკნის სიმაღლესა და ხვ. წარმადობის მნიშვნელობებს შორის დამოკიდებულება სწორხაზოებრივია და ხვ. წარმადობა იზრდება საკნის სიმაღლის ზრდასთან ერთად.
- გარდამავალ ტურბულენტურ რეჟიმში სადაწნეო საკნის სიმაღლესა და ხვ. წარმადობის მნიშვნელობებს შორის დამოკიდებულება მრუდწირულია, ხვ. წარმადობა იზრდება სადაწნეო საკნის სიმაღლის დიაპაზონში 0,2მმ-0,6მმ, ხოლო კლებადია 0,6მმ-1მმ ფარგლებში.
- ტურბულენტურ რეჟიმში სადაწნეო საკნის სიმაღლესა და ხვ. წარმადობის მნიშვნელობებს შორის დამოკიდებულება სწორხაზოებრივია, ხვ. წარმადობა მცირდება საკნის სიმაღლის ზრდასთან ერთად.

მიკროფილტრაციული და ულტრაფილტრაციული პროცესების მასაგადატანის ოპტიმალური რეჟიმული პარამეტრების შესარჩევად ჩატარდა ღვინის და ბუნებრივი წყლის საანალიზო ნიმუშების გრანულომეტრიული შედგენილობის კვლევა, თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზები.

ბუნებრივი წყლის ულტრაფილტრაციისა და ღვინის მიკროფილტრაციისათვის დამუშავებული და შექმნილი მემბრანებიდან ტესტირებისათვის შერჩეული იქნა ოპტიმალური მახასიათებლების მქონე ნიმუშები, რომლებისთვის დადგენილი იქნა რეჟიმული პარამეტრების ვარირების დიაპაზონი. ბარომემბრანული პროცესების თეორიული და ექსპერიმენტული მონაცემების მიზნით ლაბორატორიული დანადგარის მუშა კვანძის (სადაწნეო საკნის) თეორიული გათვლების ბაზაზე დამზადდა და გამოიცადა ლამინარული, ტურბულენტური და მათი ჰიბრიდული ნაკადის კვლევისათვის სხვადასხვა მუშა კვანძის მქონე ლაბორატორიული უჯრედი.

3. „წყლის ჩიხური და ტანგენციალური ულტრაფილტრაციის სპირალური ტიპის საყოფაცხოვრებო მემბრანული დანადგარი“;

ნაშრომში განხილულია წყლის ულტრაფილტრაციული სპირალური ტიპის საყოფაცხოვრებო მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკნის გეომეტრიის და ჰიდროდინამიკური პარამეტრების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები.

აქტიობა 1-ის მიხედვით, მასაგადატანის ოპტიმალური პირობების შესარჩევად ჩატარებულია ბუნებრივი წყლის საანალიზო ნიმუშების გრანულომეტრიული შედგენილობის კვლევა. გრანულომეტრიული შედგენილობა განისაზღვრა Zetasizer Nano ZN90 -ზე რომლის მიხედვით ონკანის წყალში არსებული ნაწილაკების ზომებია: პიკი1 - 921 ნმ, 46,9 %; პიკი 2 - 204,9 ნმ, 38 %; პიკი 3 - 2010 ნმ,

2,98 % და ზედაპირული წყალში არსებული ნაწილაკების ზომებია: პიკი1 - 803 ნმ, 66%; პიკი2-4804 ნმ , 26,1 %; პიკი 3 - 1764 ნმ, 12 %. იმავე ხელსაწყოზე განისაზღვრა ონკანის წყლისა და ზედაპირული წყლის Z-პოტენციალი. გარდა ამისა, განისაზღვრა ბუნებრივი და ზედაპირული წყლის ორგანოლექტიური, მიკრობიოლოგიური და ფიზიკო ქიმიური მაჩვენებლები.

აქტიობა 2-ის მიხედვით, ბუნებრივი წყლის ულტრაფილტრაციისთვის დამუშავებული და შექმნილია წყლის ულტრაფილტრაციული პროცესების ჩასატარებლად განსხვავებული შედგენილობის პოლიმერული კომპოზიციებიდან მომზადებული სხვადასხვა ფორის ზომის მქონე მემბრანები, რისთვისაც პოლიმერულ მასალად გამოყენებული იყო ალიფატური პოლიამიდი 6 (პა). სასურველი ფორის ზომის მქონე მემბრანების მიღებისათვის ძირითად პოლიმერულ მასალასთან ერთად მემბრანის დასასხმელ კომპოზიციაში შეტანილი იყო ფორების მარეგულირებელი დანამატები, განსხვავებული მოლეკულური მასის მქონე პოლიეთილენგლიკოლი (პეგ) და პოლივინილპიროლიდონი (პვპ). გამხსნელად კი პოლარული დაბალმოლეკულური ნერთი დიმეთილაცეტამიდი (დმაა), რომელშიც გახსნილი იყო CaCl_2 . მემბრანული ნიმუშების მისაღებად გამოყენებული იყო ფაზური ინვერსიის სველი მეთოდი. ამგვარად, მიღებული მემბრანებიდან ტესტირებით შერჩეული იქნა ოპტიმალური მახასიათებლების მქონე 0,05მკმ-0,1მკმ ფორის ზომის მემბრანები.

აქტივობა 3-4-ს მიხედვით AUTOCAD-22--ის და Cura-15.04.22 პროგრამებით შეიქმნა და დაიხაზა სხვადასხვა გომეტრიის მქონე სპირალურ-მილოვანი ტიპის ლაბორატორიული უჯრედი, რომლის სადაწნეო საკნის სიგანე $B=12\text{მმ}$, სიგრძე $l=32\text{მმ}$. დადგინდა ჰიდროდინამიკური რეჟიმული პარამეტრების ვარიაციის დიაპაზონი

ამრიგად, წყალში არსებული ნაწილაკების მოსაცილებლად ჩატარდა მიღებული ულტრა ფილტრაციული მემბრანების ტესტირება. ბარომემბრანული პროცესის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის მონაცემების შედარების შედეგად დადგინდა, რომ 0,2 მმ, 0,6მმ, 1 მმ სიმაღლის ექსპერიმენტული კვლევის თეორიულ კვლევებთან შედარებამ გვიჩვენა, რომ ლამინარულ რეჟიმში სადაწნეო საკნის სიმაღლესა და ხვედრითი წარმადობის მნიშვნელობებს შორის დამიკიდებულება სწორხაზოებრივია, ხვედრითი წარმადობა იზრდება საკნის სიმაღლის ზრდასთან ერთად. გარდამავალ ტურბულენტურ რეჟიმში სადაწნეო საკნის სიმაღლესა და ხვედრითი წარმადობის მნიშვნელობებს შორის დამიკიდებულება მრუდწირულია. წყლის ულტრაფილტრაციისათვის დამზადდა და გამოიცადა სათანადო გომეტრიის მუშა კვანძის ლაბორატორიული უჯრედები, რომელზედაც გაფილტრული წყლის სიმღვრივის შესაბამისი მაჩვენებლებია FTU -0.03.

მემბრანულ საფილტრაციო მოწყობილობებში მემბრანული აპარატის კონსტრუქციაში განხორციელებული ნაკადის ჰიდროდინამიკური მაჩვენებლების ოპტიმიზაცია უზრუნველყოფს ფილტრატის ხვედრითი წარმადობის სტაბილურ მაჩვენებელს დაბალი ენერგოდანახარჯების პირობებში და სტერილური მაღალი ხარისხის სასმელი წყლის მიღებას.

3.2.

1) დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი

დასრულებული კვლევითი პროექტის 2023წლის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

4. უცხოური გრანტებით დაფინანსებული სამეცნიერო პროექტები

4.1.

1) გარდამავალი (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი, დამფინანსებელი ორგანიზაცია/სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა

- 1.
- 2.

2) პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები

- 1.
- 2.

3) პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)

- 1.
- 2.

გარდამავალი (მრავალწლიანი) კვლევითი პროექტის 20-- წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

4.2.

1) დასრულებული (მრავალწლიანი) პროექტის დასახელება მეცნიერების დარგისა და სამეცნიერო მიმართულების მითითებით, პროექტის საიდენტიფიკაციო კოდი, დამფინანსებელი ორგანიზაცია/სამეცნიერო ფონდი, ქვეყანა

- 1.
- 2.

2) პროექტის დაწყების და დამთავრების წლები

- 1.
- 2.

3) პროექტში ჩართული პერსონალი (თითოეულის როლის მითითებით)

- 1.
- 2.

დასრულებული კვლევითი პროექტის 20-- წლის ეტაპის ძირითადი თეორიული და პრაქტიკული შედეგების შესახებ ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

5. პატენტები:

5.1. საერთაშორისო პატენტები:

1) საპატენტო თემატიკის სათაური

- 1.
- 2.

2) გამომგონებელი/ები და პატენტმფლობელი/ები

- 1.
- 2.

3) პატენტის საიდენტიფიკაციო კოდი

5.2. ეროვნული პატენტები

1) საპატენტო თემატიკის სათაური

1. გამოგონება „საწარმოო მემბრანული საფილტრაციო მოწყობილობა“;
2. გამოგონება „წყლის ჩიხური და ტანგენციალური მემბრანული საფილტრაციო დანადგარი“;

2) გამომგონებელი/ები და პატენტმფლობელი/ები

1. გ. ბიბილეიშვილი
2. გ. ბიბილეიშვილი

3) პატენტის საიდენტიფიკაციო კოდი

1. გამოგონების პატენტუნარიანობაზე დადებითი დასკვნა (N4966/10, საქმის ნომერი 869/10, თარიღი: 2022-08-30);
2. გამოგონების პატენტუნარიანობაზე დადებითი დასკვნა (N4965/10, საქმის ნომერი 872/10, თარიღი: 2022-08-30);

6. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა საქართველოში

6.1. მონოგრაფიები/წიგნები

1) ავტორი/ავტორები

- 1.
- 2.

2) მონოგრაფიის/წიგნის სათაური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN

- 1.
- 2.

3) გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა

- 1.
- 2.

4) გვერდების რაოდენობა

- 1.
- 2.

ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

6.2. სახელმძღვანელოები

1) ავტორი/ავტორები

1. თ. ბუთხუზი, ს. ფაცაცია, მ. კუჭუხიძე, თ. ხატისაშვილი, ლ. ხუციშვილი;
2. თ. ბუთხუზი, ს. ფაცაცია, მ. კუჭუხიძე, ლ. ხუციშვილი;

2) სახელმძღვანელოს სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN

1. ქიმია, მე-11 კლასი, მოსწავლის წიგნი, გრიფმინიჭებულია საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების მიერ 2023წელს. ISBN 978 – 9941 – 16 – 851 – 2;
2. ქიმია, მე - 11 კლასი, მასწავლებლის წიგნი, გრიფმინიჭებულია საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების მიერ 2023წელს. ISBN 978 – 9941 – 16 – 852 – 9;

3) გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა

1. ქ. თბილისი, "საქართველოს მაცნე";
2. ქ. თბილისი, "საქართველოს მაცნე";

4) გვერდების რაოდენობა

1. 1/184
2. 1/120

ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

1. **მოსწავლის წიგნი** შესაბამისობაშია ეროვნული სასწავლო გეგმის მიზნებთან. სახელმძღვანელოში სამიზნე ცნებებთან დაკავშირებული საკითხები დაწერილია მოსწავლისთვის.

2. **მასწავლებლის წიგნი** არის დამხმარე მასალა, რომელიც მასწავლებლებს ეროვნული სასწავლო გეგმის სტანდარტით გათვალისწინებული შედეგების მიღწევაში დაეხმარება. მასწავლებლის წიგნში მოცემულია:

- მე-11 კლასის ქიმიის სახელმძღვანელოს კონცეფცია;
- წლიური სასწავლო პროგრამის/სასკოლო კურიკულუმის აგების პრინციპები;
- ქიმიის, როგორც საბუნებისმეტყველო საგნის, სწავლების სპეციფიკური მიდგომები;
- კოგნიტური უნარები და სწავლების სტრატეგიები;
- თემატური მატრიცები, რომლებშიც დეტალურადაა აღწერილი კომპლექსური დავალებების ნიმუშები თემების მიხედვით და მათი განხორციელების ეტაპები;
- განმსაზღვრელი და განმავითარებელი შეფასების ნიმუშები შესაბამისი შეფასების რუბრიკებით;
- გრაფიკული მათემატიკის ნიმუშები, რომლებიც ხელს შეუწყობს ქიმიის შესწავლის პროცესის გამარტივებას;
- დამატებითი საგანმანათლებლო რესურსები.

ვფიქრობთ, წიგნში მოცემული მასალა მასწავლებელს დაეხმარება წლის განმავლობაში განსახორციელებელი მიზნების რეალიზებაში. წიგნში მოცემულ ნიმუშებში დეტალურადაა აღწერილი კვლევა-ძიებაზე დაფუძნებული სწავლების მაგალითები, რაც გაუადვილებს მასწავლებელს, უკეთ დაგეგმოს თითოეული თემის შესაბამისი აქტივობები.

6.3. კრებულები

1) ავტორი/ავტორები

- 1.
- 2.

2) კრებულის სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN

- 1.
- 2.

3) გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა

- 1.
- 2.

4) გვერდების რაოდენობა

- 1.
- 2.

ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

6.4. სტატიები ციფრული (დიგიტალური) საიდენტიფიკაციო კოდის (DOI) მითითებით

1) ავტორი/ავტორები

1. ბიბლიოგრაფიული გ.ვ., ყუფარაძე ლ.პ., კეჭერაშვილი მ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., ებანოიძე ლ.ო.;
2. ბიბლიოგრაფიული გ.ვ., თანანაშვილი ლ.ა., ყუფარაძე ლ.პ., კეჭერაშვილი მ.გ.;
3. ბიბლიოგრაფიული გ.ვ., გოგესაშვილი ნ.ნ., ჯავაშვილი ზ.დ., კაკაბაძე ე.გ.;
4. ბიბლიოგრაფიული გ.ვ., თანანაშვილი ლ.ა., კაკაბაძე ე.გ., ჯავაშვილი ზ.დ.;
5. ბიბლიოგრაფიული გ.ვ., გოგესაშვილი ნ.ნ., გოგიბერიძე ი.ბ.;
6. ბიბლიოგრაფიული გ.ვ., კეჭერაშვილი მ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., ჯავაშვილი ზ.დ.;
7. ბიბლიოგრაფიული გ.ვ., ბუთხუზი თ.გ., მამულაშვილი მ.ა., ჯავაშვილი ზ.დ.;
8. ყუფარაძე ლ.პ., გოგესაშვილი ნ.ნ., ებანოიძე ლ.ო., ჯავაშვილი ზ.დ.;
9. ბიბლიოგრაფიული გ.ვ., მამულაშვილი მ.ა., ბუთხუზი თ.გ., კაკაბაძე ე.გ.;

10. ბიბლიეიშვილი გ.ვ., ბუთხუზი თ.გ., მამულაშვილი მ.ა., კაკაბაძე ე.გ.;
11. ბიბლიეიშვილი გ.ვ., კეჭერაშვილი მ.გ., მამულაშვილი მ.ა.;
12. ბიბლიეიშვილი გ.ვ., ებანოიძე ლ.ო., ექვთიმეიშვილი გ.დ.;
13. ბიბლიეიშვილი გ.ვ., ებანოიძე ლ.ო., გოგესაშვილი ნ.ნ., კეჭერაშვილი მ.გ., გოგიბერიძე ი.ბ.;
14. ბიბლიეიშვილი გ.ვ., ყუფარაძე ლ.პ., ბუთხუზი თ.გ., ჯავაშვილი ზ.დ.;
15. ბიბლიეიშვილი გ.ვ., გოგესაშვილი ნ.ნ., ებანოიძე ლ.ო.;
16. ბიბლიეიშვილი გ.ვ., გოგესაშვილი ნ.ნ., იაკობაშვილი გ., ჯავაშვილი ზ.დ.;
17. ბიბლიეიშვილი გ.ვ., კეჭერაშვილი მ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., მამულაშვილი მ.ა., ებანოიძე ლ.ო.;
18. ბიბლიეიშვილი გ.ვ., მამულაშვილი მ.ა., კაკაბაძე ე.გ., კეჭერაშვილი მ.გ., ჯავაშვილი ზ.დ.;

2) სტატიის სათაური, ციფრული (დიგიტალური) საიდენტიფიკაციო კოდი DOI

1. სადაწნეო საკანში წყლის ნაკადის ტურბულენტური რეჟიმის თეორიული დახასიათება; <https://doi.org/10.36073>
2. ბუნებრივი, მტკნარი წყლის ნანოფილტრაციული პროცესების კვლევის ზოგიერთი საკითხის ადგილობრივი და საერთაშორისო მდგომარეობის ანალიზი; <https://doi.org/10.36073>
3. განსხვავებული სისქის მემბრანების მახასიათებლების ბარომემბრანული პროცესების წარმადობაზე დამოკიდებულების კვლევა; <https://doi.org/10.36073>
4. ბუნებრივი წყლის დამუშავების ბარომემბრანული პროცესების კვლევის ზოგიერთი საკითხის ადგილობრივი და საერთაშორისო მდგომარეობის ანალიზი; <https://doi.org/10.36073>
5. მიკროფილტრაციული მემბრანების მისაღებ კომპოზიციებში პოლიმერების სტრუქტურული ორგანიზების საკითხების კვლევა; <https://doi.org/10.36073>
6. მიკროფილტრაციულ პროცესებში ნაკადის ჰიდროდინამიკის კვლევა მემბრანული სისტემების სადაწნეო საკანის ოპტიმალური გეომეტრიული კონფიგურაციის შესწავლისათვის; <https://doi.org/10.36073>
7. ბუნებრივი წყლიდან მიღებული დეიონიზირებული წყლის ელექტროგამტარობის ხარისხის კვლევა; <https://doi.org/10.36073>
8. წყლის ულტრაფილტრაციის სპირალური ტიპის საყოფაცხოვრებო მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკანის გეომეტრიის და ჰიდროდინამიკური პარამეტრების კვლევა; <https://doi.org/10.36073>
9. ბუნებრივი წყლის და ღვინომასალების ბაქტერიოლოგიური კვლევა მიკრო- და ულტრაფილტრაციული პროცესების გამოყენებით; <https://doi.org/10.36073>
10. ბარომემბრანული პროცესების გავლენის კვლევა ღვინის და ხილის წვენების შედგენილობასა და სიმღვრივის მახასიათებლებზე; <https://doi.org/10.36073>
11. ღვინის მიკროფილტრაციის და წყლის ულტრაფილტრაციის ბრტყლადპარალელური ტიპის მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკანის გეომეტრიის და ჰიდროდინამიკური რეჟიმული პარამეტრების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა; <https://doi.org/10.36073>
12. კომპოზიციაში პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობის ნაწილაკის ზომაზე დამოკიდებულების საკითხი; <https://doi.org/10.36073>
13. კომპოზიციაში პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობის და ორგანული დანამატების გავლენის კვლევა ხსნარის სიმღვრივეზე; <https://doi.org/10.36073>
14. წყლის ნაკადის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა სადაწნეო საკანის განსხვავებული გეომეტრიისათვის; <https://doi.org/10.36073>
15. არაგამხსნელის როლის გავლენა ფაზური ინვერსიის მიმდინარეობაზე და მიღებული მემბრანების მახასიათებლებზე ; <https://doi.org/10.36073>
16. პოლიმერის კონფორმაციის ცვლილების შესწავლის სტანდარტული მეთოდოლოგია; <https://doi.org/10.36073>
17. მიკროფილტრაციული გაყოფის პროცესის ოპტიმალური რეჟიმული პარამეტრების და მემბრანის ზედაპირზე დანალექის წარმოქმნის მექანიზმის შესწავლა ჰიბრიდული ნაკადის პირობებში; <https://doi.org/10.36073>;
18. ნანოფილტრაციული პროცესის კვლევა ბუნებრივ, მტკნარ წყალში გახსნილი 0.2%-იანი $MgSO_4$ -ისა და 15%-იანი $NaCl$ -ის გამოყოფისათვის; <https://doi.org/10.36073>;

1. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №1, ტ.97;
2. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №1, ტ.97;
3. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
4. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
5. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
6. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
7. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
8. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
9. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
10. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
11. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
12. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
13. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
14. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
15. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, დაიბეჭდება დეკემბრის ნომერში;
16. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, დაიბეჭდება დეკემბრის ნომერში;
17. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, დაიბეჭდება დეკემბრის ნომერში;
18. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, დაიბეჭდება დეკემბრის ნომერში;

[illegible]

1. 3
2. 2
3. 2
4. 2
5. 2
6. 2
7. 2
8. 5

- 9. 2
- 10. 2
- 11. 5
- 12. 2
- 13. 3
- 14. 4
- 15. -
- 16. -
- 17. -
- 18. -

ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

1. სადაწნეო საკანში წყლის ნაკადის ტურბულენტური რეჟიმის თეორიული დახასიათება;

ნაშრომში წარმოდგენილია და განხილულია ბუნებრივი წყლებისაგან ბარომემბრანული პროცესებით მაღალი ხარისხის სასმელი წყლის მიღების საკითხი. შემუშავებულია მემბრანული დანადგარების სტაბილური მუშაობის პირობები, რომლის უზრუნველყოფა შესაძლებელია სათანადო ჰიდროდინამიკური მახასიათებლებით.

ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების თეორიული ანგარიშისათვის გამოყენებულია რეინოლდსის რიცხვი, რომელიც იძლევა საშუალებას დადგინდეს რეინოლდსის კრიტიკული მნიშვნელობები კონკრეტული სადაწნეო საკნისათვის, რომელიც საშუალებას იძლევა სადაწნეო საკანში დადგინდეს სიჩქარეთა დიაპაზონი სხვადასხვა რეჟიმებისათვის. თეორიული ანგარიშებიდან გამომდინარე დადგინდა ტურბულენტური მოძრაობის გასავითარებლად სიჩქარეთა დიაპაზონი სადაწნეო საკნის სხვადასხვა სიმაღლისათვის.

ნაშრომში გამოკვეთილია სადაწნეო საკნის შემავალი კვეთებისათვის რეინოლდსის რიცხვის კრიტიკული მნიშვნელობები, რამაც განაპირობა ტურბულენტური ნაკადისათვის განსხვავებული სიდიდის სიჩქარე. დადგინდა, რომ ტურბულენტური მოძრაობისათვის სადაწნეო საკნის შემავალი კვეთის ფართის მატება განაპირობებს რეინოლდსის რიცხვის მნიშვნელობის კლებას, რაც ენერგოეფექტურობის მაჩვენებლის ოპტიმიზაციის წინა პირობაა.

2. ბუნებრივი, მტკნარი წყლის ნაწილობრივი პროცესების კვლევის ზოგიერთი საკითხის ადგილობრივი და საერთაშორისო მდგომარეობის ანალიზი;

ნაშრომში განხილული ადგილობრივი და საერთაშორისო პატენტების ზოგიერთი საკითხის ანალიზი ბუნებრივი, მტკნარი წყლის ნაწილობრივი პროცესების კვლევის, მემბრანული მოწყობილობების, პოლიმერული ფილტრაციის მემბრანების შექმნისა და გამოყენებისათვის განსაზღვრავს ინსტიტუტის სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოებისთვის ადგილობრივი და საერთაშორისო მკვლევართა მიერ შექმნილი ტექნოლოგიებისა, ტექნიკის, საბაზისო ტექნიკური დონისა და პროტოტიპების გათვალისწინებას.

3. განსხვავებული სისქის მემბრანების მახასიათებლების ბარომემბრანული პროცესების წარმადობაზე დამოკიდებულების კვლევა;

პოლიეტერსულფონის სხვადასხვა სისქის მემბრანებზე ჩატარებულმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ პოლიმერის კონცენტრაციებს და ტემპერატურებს შორის სხვაობა, ერთდროულად გავლენას ახდენს ინვერსიის დროს მიღებული მემბრანების სისქეზე, მახასიათებლებზე და სტრუქტურაზე, რასაც განაპირობებს ფაზური დაყოფის დროს მიმდინარე დიფუზიის პროცესის სიჩქარის ცვლილება და ასევე საკოაგულაციო აბაზანის ტემპერატურის გაზრდისას პოლიმერის დისპერსიის ხარისხის გაზრდა.

დადგინდა, რომ პოლიმერის კონცენტრაციის გაზრდასთან ერთად იზრდება მემბრანების სისქე და მცირდება წარმადობა. მიღებული მემბრანების ზედაპირების მიკროსტრუქტურა შესწავლილი იყო მასკანირებელი ზონდური მიკროსკოპით. მიკროსურათების ანალიზმა აჩვენა, რომ უფრო მცირე სისქის მემბრანების, კერძოდ 6% და 8%-იანი კომპოზიციებიდან გამოღეპილი მემბრანული ნიმუშების ზედაპირული ტოპოგრაფია 10%-იანი პოლიმერული კომპოზიციიდან მიღებულ ნიმუშის ზედაპირთან

შედარებით არის დეფექტური, არექსპერიმენტული კვლევების შედეგების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ პოლიმერის განსხვავებული კონცენტრაციის და გამოლექვის განსხვავებული ტემპერატურული რეჟიმის პირობებში ჩატარებისას 50°C-ზე და 10%-იანი პოლიმერული კომპოზიციიდან გამოლექილ მემბრანას გააჩნია შედარებით უფრო დიდი სისქე, ზედაპირის უკეთესი ტოპოგრაფია და სტრუქტურა, ასევე, წარმადობა. რაც ნიშნავს, რომ პეს/დმაა 10%-იანი კომპოზიცია წარმოადგენს ოპტიმალურ რეცეპტურას ბარომემბრანული პროცესებისათვის შესაბამისი სტრუქტურის, მორფოლოგიის და სისქის მემბრანის (P8) მისაღებად.

4. ბუნებრივი წყლის დამუშავების ბარომემბრანული პროცესების კვლევის ზოგიერთი საკითხის ადგილობრივი და საერთაშორისო მდგომარეობის ანალიზი;

ნაშრომში განხილული ადგილობრივი და საერთაშორისო საპატენტო ნამუშევრები ასახავს ბუნებრივი წყლების დამუშავების დარგობრივი სპეციფიკის არსებულ მდგომარეობას მსოფლიოში და განაპირობებს ინსტიტუტში მიმდინარე სამეცნიერო კვლევებისათვის სათანადო პრიორიტეტების გამოკვეთას, ასევე, საპატენტო საძიებო ველის შექმნას.

5. მიკროფილტრაციული მემბრანების მისაღებ კომპოზიციებში პოლიმერების სტრუქტურული ორგანიზების საკითხების კვლევა;

ნაშრომში განხილულია განსხვავებული შედგენილობის პოლიმერული კომპოზიციებიდან წყლის მიკროფილტრაციული პროცესებისათვის მემბრანული ნიმუშების მომზადება და დანამატების გავლენა სტრუქტურულ ცვლილებებზე კომპოზიციებში.

წყლის ულტრაფილტრაციული პროცესების ჩასატარებლად განსხვავებული შედგენილობის პოლიმერული კომპოზიციებიდან მომზადებული იქნა 0,05 მკმ, 0,1 მკმ ფორის ზომის მქონე მემბრანები, რისთვისაც პოლიმერულ მასალად გამოყენებული იყო ალიფატური პოლიამიდი 6. მიღებული და გამოკვლეულია ერთგვაროვანი, ჰომოგენური, კომპოზიციების პა/დმაა/CaCl₂, პა/დმაა/CaCl₂/პეგ(400), პა/დმაა/CaCl₂/პეგ(1450), პა/დმაა/CaCl₂/პეგ(360). პა/დმაა/CaCl₂/პეგ(10000) სიბლანტე, სიმღვრივე და გამოლექვის ოპტიმალური ტემპერატურა. ექსპერიმენტებით დადგენილი იქნა ინვერსიის ჩატარების პირობები, ტემპერატურის გავლენა მიღებული მემბრანების მახასიათებლებზე. ასევე, კვლევამ აჩვენა, რომ განსხვავებული შედგენილობის კომპოზიციებში პოლიმერული ნაწილაკების ზომები იცვლება რამდენიმე ნმ-დან 3000 ნმ-მდე [3]. შესწავლილი პოლიმერული კომპოზიციები შეიცავენ კრისტალიტების, სფეროლიტების, გლობულების შესაბამისი ზომის ნაწილაკებს განსხვავებული პროცენტული რაოდენობით რაც იწვევს აღნიშნული პოლიმერული კომპოზიციების სიბლანტის და სიმღვრივის მაჩვენებლების ცვლილებას.

დადგინდა, რომ პოლიმერულ ხსნარებში არსებული ნაწილაკების ზომებზე და სტრუქტურულ ორგანიზაციაზე პოლიმერის სტრუქტურასთან ერთად გავლენას ახდენს დანამატის სტრუქტურა. მიღებული ნიმუშებიდან მიკროფილტრაციული პროცესისათვის აუცილებელი ფორის ზომის მოთხოვნებს (0,1 მკმ-მდე) აკმაყოფილებს P1, P3, P6, P8 მემბრანული ნიმუშები, რომელთაგან წარმადობის მაჩვენებელით საუკეთესოა P6 და P8 მემბრანები.

6. მიკროფილტრაციულ პროცესებში ნაკადის ჰიდროდინამიკის კვლევა მემბრანული სისტემების სადაწნეო საკნის ოპტიმალური გეომეტრიული კონფიგურაციის შესწავლისათვის;

ნაშრომში, განხილულია ჩიხური და ტანგენციალური ბარომემბრანული პროცესის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები, რომელიც ეხება მიკროფილტრაციული პროცესებში მემბრანული სისტემების სადაწნეო საკნის ოპტიმალური გეომეტრიის შესწავლას. შემუშავებული სადაწნეო საკნის გეომეტრია უზრუნველყოფს ტურბულენტური რეჟიმული პარამეტრების მქონე დინებას და შესაბამისად, მიკროფილტრაციული პროცესის საექსპლოატაციო მაჩვენებლების ეფექტურობას და სტაბილურობას.

ტანგენციალური და ჩიხური ფილტრაციის სათანადო მაჩვენებლების დიფერენცირება განაპირობებს ნაკადის საცირკულაციო პრინციპზე მომუშავე მემბრანული მოდულების უპირატესობას, რომელთა გამოყენება მიზანშეწონილია დიდი მოცულობისა და მაღალი კონცენტრაციის ხსნარების ხანგრძლივი დროით დამუშავებისათვის. მიკროფილტრაციულ გაყოფის პროცესში სადაწნეო საკანში სითხის მოძრაობის დასახასიათებლად გამოყენებული იქნა რეინოლდსის რიცხვი, რომელიც განისაზღვრა სადაწნეო საკანის ჰიდრაული დიამეტრის, საშუალო სიჩქარის და სითხის კინემატიკური

სიბლანტის საშუალებით. რეინოლდის რიცხვი მნიშვნელობით $Re < 2300$ ლამინარულ, $2300 < Re < 4000$ გარდამავალ ტურბულენტურს და $Re > 4000$ ტურბულენტურ დინებაზე მიუთითებს. თეორიული გათვლების შედეგად დადგინდა, რომ ტურბულენტური რეჟიმის განსახორციელებლად მიზანშეწონილი არ არის სადაწნეო საკნის ისეთი გეომეტრია, რომელშიც საკნის სიმაღლე იქნება 0,1მმ და 0,2მმ, 0,4მმ რადგან სითხის ნაკადის 5,85მ/წმ-დან და 23 მ/წმ-მდე სიჩქარის განვითარება იწვევს მემბრანული სისტემის დეტალებისა და მემბრანების მექანიკურ რხევებს, რაც მიკროფილტრაციული მემბრანული გაყოფის პროცესების განხორციელებისათვის არ არის რაციონალური როგორც აპარატურის ტექნიკური შესრულების, ტექნოლოგიური და ენერგოდანახარჯების თვალსაზრისით. ამიტომ, თეორიული გათვლების ანალიზის საფუძველზე, მიკროფილტრაციული გაყოფის პროცესის ოპტიმალური გეომეტრიისა და რეჟიმული პარამეტრების დადგენისათვის, ექსპერიმენტული ცდებისათვის შერჩეული იქნა სადაწნეო საკანი სიგანით 12მმ, სიგრძით 32მმ, სიმაღლით 0,6მმ და 1მმ, ფილტრაციისათვის 0,2 მკმ ზომის ფორის მქონე მემბრანა.

დადგენილი იქნა, მემბრანული სისტემის სადაწნეო საკნის ოპტიმალური გეომეტრიული კონფიგურაცია ნაკადის ტურბულენტური მოძრაობისათვის, მიკროფილტრაციული პროცესის პირობებში. ამგვარად, დიდი მოცულობის სამრეწველო ნაკადების საფილტრაციოდ რეკომენდირებულია მემბრანული სისტემა, სადაწნეო საკნის სიმაღლით 0,6 მმ, 1მმ, რომელიც უზრუნველყოფს ინტენსიური ტურბულენტური რეჟიმული პარამეტრების მქონე დინებას, მიკროფილტრაციული პროცესის საექსპლოატაციო მაჩვენებლების ეფექტურობას და სტაბილურობას.

7. ბუნებრივი წყლიდან მიღებული დეიონიზირებული წყლის ელექტროგამტარობის ხარისხის კვლევა;

წყლის ელექტროგამტარობა დამოკიდებულია მასში გახსნილ მარილების, მჟავების, ფუძეების კათიონების და ანიონების კონცენტრაციაზე. წყლის ხარისხის ერთ - ერთი მნიშვნელოვანი პარამეტრია მისი ელექტროგამტარობა.

დეიონიზირებული წყლის მისაღებად დამუშავდა სამ საფეხურიანი ბარო-მემბრანული მეთოდი ულტრაფილტრაციისა და უკუოსმოსის გამოყენებით. ექსპერიმენტი ჩატარდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების ინსტიტუტის მიერ დამუშავებულ ულტრაფილტრაციულ და უკუოსმოსურ მემბრანულ დანადგარებზე. ბარომემბრანული უკუოსმოსური პროცესი უზრუნველყოფს ყველა სახის გახსნილი მარილების და ნივთიერებების შეკავებას, ხოლო მემბრანულ აპკში წნევით გასული წყლის მოლეკულები ქმნიან დემინერალიზებული წყლის ნაკადს.

სამსაფეხურიანი ბარომემბრანული მეთოდი ულტრაფილტრაციის და უკუოსმოსის გამოყენებით დამუშავდა დეიონირებული წყლის მისაღებად. უკუოსმოსის ფილტრაციის მეთოდი განხორციელდა ორ ეტაპად. ფილტრაციის შედეგად მიღებული იქნა მაღალი ხარისხის სტერილური, დემინერალიზებული წყალი, რომლის ელექტროგამტარობა შეესაბამება საერთაშორისო სტანდარტს ISO 3696 და არის 5×10^{-4} სმ/მ.

8. წყლის ულტრაფილტრაციის სპირალური ტიპის საყოფაცხოვრებო მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკნის გეომეტრიის და ჰიდროდინამიკური პარამეტრების კვლევა;

ნაშრომში განხილულია, წყლის ულტრაფილტრაციული სპირალური ტიპის საყოფაცხოვრებო მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკნის გეომეტრიის და ჰიდროდინამიკური პარამეტრების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები. მასაგადატანის ოპტიმალური პირობების შესარჩევად ჩატარებულია ბუნებრივი წყლის საანალიზო ნიმუშების გრანულომეტრიული შედგენილობის კვლევა გრანულომეტრიული შედგენილობა განისაზღვრა Zetasizer- NanoZen3690-ზე, რომლის მიხედვით ონკანის წყალში არსებული ნაწილაკების ზომები: პიკი1 - 921 ნმ 46,9 %, პიკი2 - 204,9 ნმ 38 %, პიკი3 - 2010 ნმ 2,98 %, და ზედაპირული წყალში არსებული ნაწილაკების ზომებია: პიკი1 - 803 ნმ 66%, პიკი2 - 4804 ნმ 26,1 %, პიკი 3 - 1764 ნმ 12 %, იმავე ხელსაწყოზე განისაზღვრა ონკანის წყლისა და ზედაპირული წყლის Z-პოტენციალი. გარდა ამისა განისაზღვრა ბუნებრივი და ზედაპირული წყლის ორგანოლექტიკური, მიკრობიოლოგიური და ფიზიკო ქიმიური მაჩვენებლები. ბუნებრივი წყლის ულტრაფილტრაციისთვის დამუშავებული და შექმნილი მემბრანებიდან შერჩეული იქნა ოპტიმალური მახასიათებლების მქონე ნიმუშები. რეჟიმული პარამეტრების ვარიაციის დიაპაზონისათვის ტესტირებით შეირჩა 0,05მკმ-0,1მკმ ფორის ზომის მემბრანები.

ბუნებრივი და მოდარლური წყლის ულტრაფილტრაციული პროცესის შესასწავლად 3D პრინტერ Ultimaker2 -ზე დამზადდა ულტრაფილტრაციისათვის სავარაუდო მუშა კვანძი (სადაწნეო საკანი

სიგანე $B=12\text{მმ}$, სიგრძე $L=32\text{მმ}$, სიმაღლეები $h=0,1\text{ მმ}, 0,2\text{ მმ}, 0,4\text{ მმ}, 0,6\text{ მმ}, 1\text{მმ}$) მოხდა თეორიული გათვლები საკანში განსახორციელებელი რეჟიმებისათვის დადგინდა სიჩქარეთა დიაპაზონი ლამინარული და ტურბულენტური რეჟიმების განსახორციელებლად. ამგვარად შექმნილი სადწნეო საკანი კონცეპტუალურად დაიხვეწება. ექსპერიმენტების საფუძველზე შეირჩევა ენერგო-ეკონომიური მაჩვენებლების მიხედვით და საფუძველად დაედება შესაქმნელ მემბრანულ აპარატს.

9. ბუნებრივი წყლის და ღვინომასალების ბაქტერიოლოგიური კვლევა მიკრო- და ულტრაფილტრაციული პროცესების გამოყენებით;

წყალში არსებული მიკროორგანიზმების შესწავლა განაპირობებს სითხის დამუშავებისა და გაუსწორების ძირითადი მეთოდების გამოვლენას, რომელთა ეფექტური გამოყენება ადამიანის ჯანმრთელობის უსაფრთხო გარემოს შექმნას უზრუნველყოფს.

ღვინის წარმოება მიკრობიოლოგიური პროცესია, სადაც მიმდინარეობს ფერმენტაციული პროცესები საფუარისა და ბაქტერიების გამოყენებით. მცირე საწარმოებში, საოჯახო მარნებსა და შატოებში საწარმოო სისტემების და ღვინის ბოთლების რეცხვა-გაუსწორებისთვის აუცილებელია სტერილური სასმელი წყალი, რომლის მიღებისათვის დამუშავდა ბარომემბრანული ფილტრაციის მეთოდი.

მიკრობიოლოგიური უსაფრთხოების მიზნით წყლის ანალიზი ჩატარდა ფილტრაციამდე და ულტრაფილტრაციის შემდეგ. სასმელი წყლის სტერილიზაციისათვის წყალი დამუშავდა $0,1\text{ მკმ}$ ფორის ზომის მემბრანით, ხოლო საოჯახო მარნებში წარმოებული ღვინო $0,2\text{ მკმ}$ - ფორის ზომის მიკროფილტრაციულ მემბრანულ ფილტრზე. ჩატარებული იყო ანალიზი ღვინომასალის მაინფიცირებადი სოკოების და საფუარების გვარის მიკროორგანიზმებზე.

დადგინდა, რომ მიკროფილტრაციული პროცესი იძლევა მაღალხარისხოვანი და სტერილური ღვინის მიღების საშუალებას, რომელიც აკმაყოფილებს საერთაშორისო სტანდარტებით განსაზღვრულ მოთხოვნებს.

10. ბარომემბრანული პროცესების გავლენის კვლევა ღვინის და ხილის წვენების შედგენილობასა და სიმღვრივის მახასიათებელზე;

წვენების სიმღვრივე, ფიზიკურ-ქიმიური თვალსაზრისით არის სითხის გამჭვირვალობის დაქვეითება, რომელიც გამოწვეულია მცენარეული ქსოვილის უხეში $0,5 - 200\text{ მკმ}$ -ზე მეტი ზომის ნაწილაკების არსებობით, რომლებსაც აქვთ ჰეტეროგენული შედგენილობა.

ხილის წვენების შეფასებისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ნატურალურობის მაჩვენებლებს. ნატურალური წვენის მისაღებად, აუცილებელია ტექნოლოგიური რეჟიმის მკაცრი დაცვა, რათა წვენში შენარჩუნებული იყოს ყველა საკვები ნივთიერება, რომელსაც შეიცავს ახალი ხილი. წვენის დამზადების დროს გამოვიყენეთ მხოლოდ მწიფე ნედლეული. ნატურალური წვენი შეიძლება იყოს: გამჭვირვალე, გაუმჭვირვალე და რბილობიანი.

ღვინო გარდა მიკროორგანიზმებისა, შეიცავს ძალიან მცირე ნაწილაკებს ზომით $0,01 - 0,1\text{ მკმ}$. ისინი შედგებიან ცილების, პოლისაქარიდების, ღვინის მჟავას მარილების კრისტალებისა და ნივთიერებათა ამორფული ფრაგმენტებისაგან, რომლებიც მიიღებიან ტექნოლოგიური პროცესის მსვლელობის დროს და სწორედ, ეს ნაწილაკები ანიჭებენ დიდწილად ღვინოს სიმღვრივეს.

შესწავლილია ბარომემბრანული პროცესების გავლენის შედეგები ხილის წვენების და ღვინის სიმღვრივის მახასიათებელზე. ღვინის და ხილის წვენების საწყისი ნიმუშების სიმღვრივის მაჩვენებლები დომინირებდა $6-3\text{ }15\text{ NTU}$ ფარგლებში. ბარომემბრანული პროცესების გამოყენებით დამუშავებული ღვინის და ხილის წვენების სიმღვრივის მაჩვენებლები დაყვანილია ფორმაზინის ერთეულით $0,32\text{NTU}$ -მდე. ღვინისა და ხილის წვენების გამჭვირვალობის ხარისხი დახასიათდა კრისტალური გამჭვირვალობით, რაც დამატებით შესაძლებელია შეფასდეს შემდეგით: სრულიად გამჭვირვალე, მოელვარე, ბზინვარე, ნაპერწკლოვანი.

11. ღვინის მიკროფილტრაციის და წყლის ულტრაფილტრაციის ბრტყლადპარალელური ტიპის მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკნის გეომეტრიის და ჰიდროდინამიკური რეჟიმული პარამეტრების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა;

ბარომემბრანული პროცესების მასაგადატანის ოპტიმალური პირობების შესარჩევად შესწავლილია ბუნებრივი, ზედაპირული წყლისა და „რქაწითელი“ თეთრი ღვინის გრანულომეტრული შედგენილობა მათში არსებული ნაწილაკების მოლეკულური მასა, Z-პოტენციალი, ორგანოლეპტიკური, მიკრობიოლოგიური და ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები. მიკრო- და ულტრაფილტრაციული

ბრტყლადპარარელური ტიპის მემბრანული აპარატის სადაწნეო საკნის გეომეტრიული დაგეგმარებისათვის შესრულებულია ბუნებრივი ზედაპირული წყლის და „რქაწითელის“ ღვინის ნაკადის დინების ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების თეორიული გათვლები.

მიღებული თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგების საფუძველზე AUTOCAD-22-ის და Cura-15.04.22 პროგრამებით შეიქმნა და 3D პრინტერზე (Ultimaker2) დამზადდა და გამოიცადა სხვადასხვა გეომეტრიული ზომის მქონე მუშა კვანძის ლაბორატორიული უჯრედი. ღვინოსა და წყალში არსებული ნაწილაკების მოსაცილებლად ჩატარდა მიღებული მიკრო-და ულტრაფილტრაციულ მემბრანების ტესტირება. ბარომემბრანული პროცესების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის მონაცემების შედარების შედეგად დადგინდა, რომ 0,2მმ, 0,6მმ, 1მმ სიმაღლის სადაწნეო საკნის და ლამინარული რეჟიმის პირობებში წყლის ულტრაფილტრაციის და ღვინის მიკროფილტრაციის დროს ხვ. წარმადობის ზრდა სადაწნეო საკნის სიდიდის პროპორციულია. გარდამავალ ტურბულენტურ რეჟიმში ხვ. წარმადობა იზრდება სადაწნეო საკნის სიმაღლის 0,2მმ-დან 0,6მმ-მდე, ხოლო კლებადია 0,6მმ-დან 1მმ-მდე დიაპაზონში. ტურბულენტურ რეჟიმში ხვ. წარმადობა მცირდება საკნის სიმაღლის ზრდასთან ერთად. ღვინის მიკროფილტრაციისა და წყლის ულტრაფილტრაციისათვის დამზადდა და გამოიცადა სათანადო გეომეტრიის მუშა კვანძის ლაბორატორიული უჯრედები, რომელზეც გაფილტრული ღვინისა და წყლის სიმღვრივის შესაბამისი მაჩვენებლებია FTU 0.12-0.32 და FTU -0.03.

12. კომპოზიციაში პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობის ნაწილაკის ზომაზე დამოკიდებულების საკითხი;

ნაშრომში განხილულია, განსხვავებული ქიმიური შედგენილობის კომპოზიციაში პოლიმერის მოლეკულის კონფორმაციული მდგომარეობის ნაწილაკის ზომაზე დამოკიდებულება. კომპოზიციები დამზადდა პოლიმერის, გამხსნელის, არაორგანული და ორგანული დანამატების ბაზაზე, რამაც უზრუნველყო პოლიმერის ხსნარის ჰომოგენურობა, სიმღვრივე, სიბლანტე და კონცენტრაცია. ორგანულ დანამატად გამოყენებულია პოლიეთილენგლიკოლი (პეგ) მოლეკულური მასით $M_w=400$ გ/მოლი (პეგ-400), $M_w=600$ გ/მოლი (პეგ-600), $M_w=1000$ გ/მოლი (პეგ-1000) და $M_w=1500$ გ/მოლი (პეგ-1500). სინათლის გაბნევის დინამიკური მეთოდით შესწავლილია პოლიმერული კომპოზიციის ნაწილაკების ზომების პროცენტული თანაფარდობა Zetasizer Nano ZN90 ნაწილაკების მზომი ანალიზატორით, 0,3-10000 ნმ-ის დიაპაზონში. ნაწილაკების მდგრადობის გასაზრდელად კომპოზიციები დამუშავებულია ულტრაბგერის აპარატის წყლიან აბაზანაში (Unitra-Unima, UM-4, Olsztyn, Poland). ფაზური ინვერსიის მეთოდით მიღებული მემბრანული ფირების ხვედრითი წარმადობები განისაზღვრა ლაბორატორიული მემბრანული დანადგარით MTSI-JM-5.

განსხვავებული ქიმიური შედგენილობის მქონე პოლიმერული ხსნარის ნაწილაკების ინტენსივობის მრუდების შესწავლამ, აჩვენა, რომ კომპოზიციებში პეგ-400-ის, პეგ-600-ის და პეგ-1000-ის ერთი და იგივე რაოდენობით დამატების შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა ინტენსივობის მრუდების გადანაცვლებას ნაწილაკის ზომების ზრდის მიმართულებით, ხოლო პეგ-1500-ის შემთხვევაში - ნაწილაკის ზომების კლების მიმართულებით, რაც პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობის ცვლილებას ადასტურებს. კონფორმაციული მდგომარეობის ცვალებადობა შეიძლება გამოწვეული იყოს პოლიეთილენგლიკოლისა და პოლიმერის მოლეკულებს შორის მოლეკულათაშორისი ბმების გაძლიერებით ან შესუსტებით პოლიეთილენგლიკოლის მოლეკულური მასის ცვლილებების გამო.

კვლევის შედეგად გამოვლენილია ნაწილაკის კონფორმაციული ზომების მზარდი დინამიკა 7.819 ნმ-დან 12.42 ნმ-მდე დანამატის პეგ-400, პეგ-600 და პეგ-1000-ის შემთხვევაში, რაც აისახა მიღებული მემბრანის ხვედრით წარმადობაზე (9050-14900 ლ/მ²სთ). მაღალი მოლეკულური მასის პოლიეთილენგლიკოლის პეგ-1500-ის შეტანით ხსნარში ნაწილაკის ზომამ განიცადა ცვლილება კლებისკენ, რამაც განაპირობა მიღებული მემბრანის ხვ. წარმადობის შემცირება.

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ კომპოზიციებში არსებული ნაწილაკების ზომის ცვალებადობა იწვევს კონფორმაციულ ცვლილებებს, რაც გავლენას ახდენს პოლიმერული კომპოზიციის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლებსა და მიღებული მემბრანის ხვედრითი წარმადობაზე.

13. კომპოზიციაში პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობის და ორგანული დანამატების გავლენის კვლევა ხსნარის სიმღვრივეზე;

მემბრანების მორფოლოგიისა და სტრუქტურის ფორმირებისათვის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობა, რომელიც დამოკიდებულია პოლიმერისა და

დანამატების კონცენტრაციაზე, ხსნარში არსებულ ნაწილაკების ზომებსა და განაწილებაზე. პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობით განპირობებული ზომები დიდწილად განსაზღვრავენ დასასხმელი ხსნარის სიმღვრივეს, რომლის ხარისხობრივი მაჩვენებელი განსაზღვრავს მიღებული მემბრანის ფიზიკურ მახასიათებლებს.

სამუშაოში განხილულია, განსხვავებული შედგენილობის პოლიმერული კომპოზიციების ნაწილაკების ზომების და სიმღვრივის დამოკიდებულება. პოლიმერული კომპოზიციები მიღებულია პოლიმერის, გამხსნელის, არაორგანული და ორგანული დანამატებით, რაც განაპირობებს პოლიმერის ხსნარის ჰომოგენურობას, სიმღვრივეს, სიბლანტეს და კონცენტრაციას. ორგანულ დანამატად გამოყენებულია პოლიეთილენგლიკოლი (პეგ) მოლეკულური მასით $M_w=400$ გ/მოლი (პეგ-400), $M_w=600$ გ/მოლი (პეგ-600), $M_w=800$ გ/მოლი (პეგ-800) და $M_w=1500$ გ/მოლი (პეგ-1500).

განსხვავებული ქიმიური შედგენილობის პოლიმერული კომპოზიციის გახსნის პროცესის მონიტორინგი ჩატარდა პოლარიზაციულ-ინტერფერენციული ოპტიკური მიკროსკოპის საშუალებით. ნეფელომეტრული მეთოდით განისაზღვრა პოლიმერული კომპოზიციების სიმღვრივის მაჩვენებლები სიმღვრივის მზომი ხელსაწყოთი Turb 555. სინათლის გაბნევის დინამიური მეთოდით შესწავლილია პოლიმერული კომპოზიციის ნაწილაკების ზომების პროცენტული თანაფარდობა Zetasizer Nano ZN90 ნაწილაკების მზომი ანალიზატორით. ფაზური ინვერსიის მეთოდით მიღებული მემბრანული ფირების ხვედრითი წარმადობები განისაზღვრა ლაბორატორიული მემბრანული დანადგარით MTSI-JM-5.

პოლიეთერსულფონურ ხსნარებში პოლიმერის გახსნის პროცესის ექსპერიმენტული კვლევისას მოლეკულური მასის მქონე პოლიეთილენგლიკოლის PEG-400, PEG-600 და PEG-800 შემთხვევაში გამოვლენილია ნაწილაკის კონფორმაციული ზომების მზარდი დინამიკა 8.920 ნმ-დან 12.77 ნმ-მდე, რაც დიდწილად განაპირობებს დასასხმელი ხსნარის სიმღვრივეს, რომლის ხარისხობრივი მაჩვენებელი განსაზღვრავს მიღებული მემბრანის ფიზიკურ მახასიათებლებს. ნაწილაკის კონფორმაციული ზომების ზრდის ტენდენცია აისახა როგორც სიმღვრივის მაჩვენებელზე (FTU4.15-FTU5.62), ასევე მიღებული მემბრანის ხვედრით წარმადობაზე (9050-13500 ლ/მ²სთ). მაღალი მოლეკულური მასის პოლიეთილენგლიკოლის PEG-1500-ის შეტანით პოლიმერის კონფორმაციულმა ზომამ განიცადა ცვლილება კლებისკენ, რამაც განაპირობა მიღებული მემბრანის ხვ. წარმადობის შემცირება 7840 ლ/მ²სთ-მდე.

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ორგანული დანამატების მოლეკულური მასების სიდიდე გავლენას ახდენს პოლიმერული კომპოზიციის ფიზიკურ-ქიმიურ მაჩვენებლებზე, რაც განაპირობებს ფაზური ინვერსიის პროცესის მსვლელობას და მიღებული მემბრანის ხვედრითი წარმადობის ცვალებადობას.

14. წყლის ნაკადის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა სადაწნეო საკნის განსხვავებული გეომეტრიისათვის;

ნაშრომში შესწავლილია ისეთი აქტუალური საკითხი, როგორიცაა ბარომემბრანული პროცესები(მიკრო-, ულტრა-, ნანოფლტრაცია, უკუოსმოსი). ამ პროცესებს შესწევთ უნარი მემბრანის ფორების ზომების მიხედვით განახორციელონ ბუნებრივი და ჩამდინარე წყლების გასუფთავება, გაწმენდა, ფრაქციონირება, სტერილიზაცია. კლოიდურისა მიკროფილტრაციით, მაღალმოლეკულურის ულტრაფილტრაციით, დაბალმოლეკულურის ნანოფილტრაციით და უკუოსმოსით რომელთა გამოყენებით შესაძლებელია მაღალი ხარისხის სასმელი წყლის მიღება. ამ პროცესში ერთ-ერთი მთავარი საკითხთაგანია მემბრანული დანადგარის სტაბილური მუშაობა და მაღალი წარმადობა. ეს უკანასკნელი შესაძლებელია სათანადო ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების შემუშავებით. ერთ - ერთი ასეთი საკითხია სადაწნეო საკანში ტურბულენტური ნაკადის განხორციელება და კვლევა.

ტურბულენტური ნაკადის განხორციელების გზით ტანგენციალური ბარომემბრანული პროცესის თეორიული კვლევისათვის გამოყენებულია რეინოლდსის რიცხვის ფორმულა:

$$Re = \frac{vd}{\nu}$$

სადაც ν სადაწნეო საკანში სითხის საშუალო სიჩქარეა, d -ჰიდრავლიური დიამეტრია, ν – სითხის კინემატიკური სიბლანტე და რეინოლდსის რიცხვის კრიტიკული მნიშვნელობა $Re_{კრ} = 2325$.

კონკრეტული სადაწნეო საკნისათვის გამოთვლილია ჰიდროდინამიკური მახასიათებლები, სადაწნეო საკნის შესასვლელი კვეთის ფართობები, წყლის საშუალო სიჩქარეები, ხარჯი და ტურბულენტური მოძრაობის კრიტიკული მნიშვნელობები საკნის სხვადასხვა სიმაღლეებისათვის.

ნაშრომში თეორიული კვლევების საფუძველზე გამოკვეთილია სადაწნეო საკნის შემავალი კვეთებისათვის რეინოლდსის რიცხვის კრიტიკული მნიშვნელობები. რომელიც აღმოჩნდა სხვადასხვა სადაწნეო საკნის სხვადასხვა სიმაღლეებისათვის. რამაც განაპირობა ტურბულენტური ნაკადისათვის განსხვავებული სიდიდის სიჩქარე. გარდა ამისა, დადგინდა სადაწნეო საკნის სხვადასხვა სიმაღლეებისათვის, ლამინარული, გარდამავალი და ტურბულენტური მოძრაობისათვის სიჩქარის დიაპაზონები. შეირჩა ლამინარული რეჟიმისათვის რეინოლდსის რიცხვი $Re = 1400$, გარდამავალისათვის $Re = 3500$ და ტურბულენტურისათვის $Re = 5500$. შერჩეული რეინოლდსის რიცხვებით ლამინარული, გარდამავალი და ტურბულენტური რეჟიმების განხორციელებით ჩატარდა ექსპერიმენტები ლაბორატორიულ დანადგარზე. ნაკადის დინების ექსპერიმენტული მონაცემების ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების თეორიულ მონაცემებთან შედარება განხორციელდა ერთი და იგივე სადაწნეო საკნის სიმაღლეების შემთხვევაში, რომელიც აისახა ხვედრითი წარმადობების მნიშვნელობებსა და რეინოლდსის რიცხვებს შორის დამოკიდებულების გრაფიკებით. აღმოჩნდა, რომ ეს დამოკიდებულებები წარმოადგენენ მრუდ წირებს.

15. არაგამხსნელის როლის გავლენა ფაზური ინვერსიის მიმდინარეობაზე და მიღებული მემბრანების მახასიათებლებზე ;

ნაშრომში შესწავლილია პოლისულფონური კომპოზიციის პეს/დმაც/ $MgCl_2$ -ის ფაზური ინვერსიის პროცესები განსხვავებული შედგენილობის და პოლარობის არაგამხსნელში, ერთნაირ ტემპერატურულ პირობებში.

კვლევებით დადგინდა, რომ არაორგანული მარილების, ტუტის, მჟავას და არაპოლარული ქლოროფორმის შეტანა პოლიმერული კომპოზიციის წყლის საკოაგულაცილო აბაზანაში გავლენას ახდენს მემბრანის მახასიათებლებზე და მათ ზედაპირულ სტრუქტურაზე. რაც მიუთითებს იმ ფაქტზე, რომ განსხვავებული პოლარობის და pH -ის საკოაგულაციო ხსნარში კომპოზიციის განშრევების სიჩქარის ცვლილების გამო, ფაზური ინვერსიის პროცესი მიმდინარეობს სხვადასხვანაირად და მიიღება განსხვავებული ზედაპირული მორფოლოგიის და მახასიათებლების მემბრანები. ხვ. წარმადობის უკეთესი მაჩვენებელი აღმოაჩნდა P5 მემბრანას, რომელიც გამოლექილი იყო ძმარმჟავიან აბაზანაში. მემბრანული ნიმუშების ზედაპირები შესწავლილი იყო მასკანირებელი ზონდური მიკროსკოპით. ქლოროფორმიან აბაზანაში გამოლექილ მემბრანას (P6) გააჩნია ფაზური ზედაპირული სტრუქტურა და დაბალი ხვ.წარმადობა. ამრიგად, განსხვავებული pH -ის და პოლარობის არაგამხსნელში 12%-იანი პეს/დმაც/ $MgCl_2$ კომპოზიციის $30^{\circ}C$ ტემპერატურაზე გამოლექვისას დადგინდა, რომ არაპოლარული გამხსნელის (ქლოროფორმი) შემცველი ხსნარიდან გამოლექილ მემბრანას (P6) გააჩნია ფაზური სტრუქტურა და დაბალი ხვ.წარმადობა. ხოლო სუფთა წყალში, მჟავის, ტუტის, არაორგანული მარილების შემცველი საკოაგულაციო ხსნარებში ფაზური ინვერსიის მეთოდით მიღებული მემბრანული ნიმუშებიდან უკეთესი სტრუქტურა და წარმადობა გააჩნია P5 მემბრანას, რომელიც გამოლექილი იყო 5%-იანი ძმარმჟავის შემცველ წყალში.

16. პოლიმერის კონფორმაციის ცვლილების შესწავლის სტანდარტული მეთოდოლოგია;

ნაშრომში, სინათლის გაბნევის დინამიკური მეთოდით(DLS) შესწავლილია, პოლიმერულ ხსნარში ნანონაწილაკების კონფორმაციული ზომების ცვლილებების დინამიკა. არომატული პოლიმერის მაგალითზე დამუშავდა კვლევის მეთოდოლოგიის სტანდარტი, რომელიც გულისხმობს პოლიმერული მოლეკულების კონფორმაციული ცვლილებების შესწავლას კონცენტრაციის, ტემპერატურის და ხსნარში გამხსნელის ზემოქმედების პირობებში.

კომპოზიციაში, განზავების შედეგად პოლიმერის კონფორმაციული ცვლილებით გამოწვეული ნანონაწილაკების ზომების ცვლილება გამოისახა განაწილების ინტენსივობის (DLS) მრუდზე სამი პიკის წარმოქმნით და ნაწილაკების ზომის მნიშვნელობების ზრდით. განზავების შედეგად მიღებულ ხსნარში შესწავლილი იქნა ნაწილაკების ზომის მნიშვნელობები კვლევის ოცდაორდღიან მონაკვეთში.

მე-5 დღეს ადგილი ჰქონდა ნაწილაკის ზომის ზრდას 1500 ნმ-მდე, ხოლო ნაწილაკის ზომის მნიშვნელობის და ასევე, გარდატეხის მაჩვენებლის მაქსიმუმი აღინიშნა მე-7 დღეს.

აღნიშნული კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ პოლიმერული ხსნარების სინათლის გაბნევის დინამიკური მეთოდით შესწავლა მნიშვნელოვან ინფორმაციას იძლევა განზავებისას ხსნარებში არსებული ნაწილაკების ზომებისა და კონფორმაციული ცვლილებების შესახებ. პოლიმერის ზომებზე და კონფიგურაციაზე გავლენას ახდენს ჰიდრატირებული, არაჰიდრატირებული წყალბადური ბმები, არაჰიდრატირებული ჰიდროფობიური ურთიერთქმედების კომბინირებული ეფექტები. ჰიდრატირებული წყალბადის კავშირები ინარჩუნებს ერთი მოლეკულური ჯაჭვის ზომასა და სტრუქტურას, არაჰიდრატირებული წყალბადის კავშირები და ჰიდროფობიური ურთიერთქმედება იწვევს შიგამოლეკულურ კოლაფსს და მოლეკულათა შორის აგრეგაციას, ნაწილაკის ზომების მკვეთრ მატებას, ხოლო, ელექტროსტატიკური განზიდვა ამცირებს თანაპოლიმერების აგლომერაციის ხარისხს. კვლევით მიღებული მეთოდოლოგია შესაძლებელია გამოყენებული იქნას, პოლიმერული კომპოზიციებიდან ფაზური ინვერსიის მეთოდით, ნანოფილტრაციული მემბრანების მისაღებად, სადაც მემბრანების სელექტიურობა დგინდება 0,2% $MgSO_4$ და ასევე, 0,15% $NaCl$ ხსნარის მიმართ.

17. მიკროფილტრაციული გაყოფის პროცესის ოპტიმალური რეჟიმული პარამეტრების და მემბრანის ზედაპირზე დანალექის წარმოქმნის მექანიზმის შესწავლა ჰიბრიდული ნაკადის პირობებში;

მემბრანული სისტემის სადაწნეო საკნის ოპტიმალური გეომეტრიული კონფიგურაციის შესწავლისათვის ჩატარდა დემინერალიზებული წყლის მიკროფილტრაციული გაყოფის პროცესის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები ცვალებადი წნევის, სიჩქარის და საცირკულაციო ნაკადის პირობებში.

მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკნის გეომეტრიაში განხორციელებულმა ცვლილებებმა განაპირობა ლამინარული და ტურბულენტური ნაკადების ჰიბრიდული რეჟიმის წარმოქმნა, რომლის პირობებში დანადგარის ხვედრითი წარმადობის მაჩვენებელი აღემატება ლამინარული და ტურბულენტური ნაკადებისათვის მიღებულ შესაბამის მაჩვენებლებს. განხორციელდა ფილტრაციის პროცესში მემბრანის ზედაპირზე წარმოქმნილი დანალექის კლასიფიკაცია სხვადასხვა სიმღერის ბუნებრივ წყლებში არსებული 5ნმ-დან 8ნმ-მდე, 180ნმ-დან 400ნმ-მდე, 800ნმ-დან 1200ნმ-მდე ზომის ნაწილაკების მიხედვით, რის საფუძველზე შეიქმნა ბარომემბრანული პროცესებისთვის განკუთვნილი გრანულომეტრიული ნაწილაკების კლასიფიკატორი. მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკნის გეომეტრიაში განხორციელებულმა ცვლილებებმა უზრუნველყო ლამინარული და ტურბულენტური ნაკადების ჰიბრიდული რეჟიმის წარმოქმნა, რამაც განაპირობა ჰიდროდინამიკური პროცესის ოპტიმიზაცია დანადგარის ხვედრითი წარმადობის ასიმპტოტური მაჩვენებლის გაზრდით. სადაწნეო საკანში განხორციელდა სითხის მოძრაობის ლამინარული და ტურბულენტური რეჟიმების ინოვაციური ჰიბრიდული ნაკადი, რამაც უზრუნველყო კონცენტრაციული პოლარიზაციის ხარისხის შემცირება, რაც იწვევს მემბრანის ზედაპირზე შეწონილი ნაწილაკების და მიკროორგანიზმების დაგროვების პროცესის ინტენსივობის შემცირებას, შედეგად იზრდება მემბრანის გამოყენების რესურსი, მცირდება დანადგარის გაწმენდისათვის და რეცხვა-რეგენერაციისათვის გაწეული ხარჯები, მაღლდება სასმელი წყლის სისუფთავის ხარისხი და დანადგარის ტექნიკურ-ეკონომიური მაჩვენებლები.

18. ნანოფილტრაციული პროცესის კვლევა ბუნებრივ, მტკნარ წყალში გახსნილი 0.2%-იანი $MgSO_4$ -ისა და 15%-იანი $NaCl$ -ის გამოყოფისათვის

ნაშრომში განხილულია ბუნებრივი წყლის ნაწილობრივი დემინერალიზაციის საკითხები, რომელიც შესაძლებელია სხვადასხვა ხარისხობრივ დონეზე მიკრო-, ულტრა- და ნანოფილტრაციული პროცესების გამოყენებით, ქიმიური კომპონენტების ზდკ-ს სტანდარტის დაცვით. ბუნებრივი წყლის მოლეკულურ-იონური შედგენილობის რეგულაცია შესაძლებელია ბარომემბრანული პროცესებით, რაც დასტურდება იონმეტრიული და ტურბიდომეტრიული კვლევის მეთოდებით, ბუნებრივი წყლის მიზანმიმართული დეიონიზაციით გამოწვეული ქიმიური შედგენილობის ცვლილებით.

ნანოფილტრაციული პროცესის კვლევა განხორციელდა ბუნებრივ, მტკნარ წყალში გახსნილი 0.2%-იანი $MgSO_4$ -ისა და 15%-იანი $NaCl$ -ის მოდელური ხსნარების ბაზაზე. დამუშავდა ბუნებრივი წყლის გაწმენდა-გაუსნებოვნებისა და საჭირო დონეზე დემინერალიზაციის ორსექციანი ტექნოლოგიური

სქემა, რომლის მიხედვითაც, წყლის წინასწარი გაწმენდა-გაუსნებოვნების სამსაფეხურიანი სექციის პირველი საფეხური ითვალისწინებს წყლის გაწმენდას 50 მკმ ზომის ჩიხური ტიპის ფილტრით, მეორე საფეხური – წყლის დამუშავებას მიკროფილტრაციის პროცესის გამოყენებით, ხოლო მესამე საფეხური – წყლის ულტრაფილტრაციას.

ექსპერიმენტალური შედეგების საფუძველზე დადგინდა, რომ მიკროფილტრაციული მემბრანული დანადგარის წარმადობა შეადგენს 600 ლ/სთ, ულტრაფილტრაციული მემბრანული დანადგარის წარმადობა აღემატება 500ლ/სთ., ხოლო ნანოფილტრაციული მემბრანული დანადგარის წარმადობა უტოლდება 300 ლ/სთ. მემბრანული დანადგარების საფილტრაციო ფართი შეადგენს 5კვ.მ.

ამრიგად, მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გამოვიტანოთ დასკვნა, რომ ბუნებრივი წყლის ნაწილობრივი დემინერალიზაცია შესაძლებელია სხვადასხვა ხარისხობრივ დონეზე მიკრო-, ულტრა- და ნანოფილტრაციული პროცესების გამოყენებით, ქიმიური კომპონენტების ზდკ-ს სტანდარტის დაცვით. ბუნებრივი წყლის დამუშავების დროს ერთდროულად ხდება ყველა გარეშე მექანიკური ჩანართების, არასასურველი მინარევებისა და მიკროორგანიზმების მოცილება, რაც უზრუნველყოფს მაღალხარისხოვანი, კრისტალურად გამჭვირვალე, სუფთა, სტერილური და შენახვისადმი მდგრადი პროდუქციის მიღებას ნალექის წარმონაქმნის გარეშე. ბუნებრივი წყლის დამუშავებისას შესაძლებელია მიღებული ქიმიური კომპონენტების კონცენტრატების მეორადი გამოყენება.

6.5. სტატიები ISSN-ის მითითებით

1) ავტორი/ავტორები

1. ბიბილეიშვილი გ.ვ., ყუფარაძე ლ.პ., კეჭერაშვილი მ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., ებანოიძე ლ.ო.;
2. ბიბილეიშვილი გ.ვ., თანანაშვილი ლ.ა., ყუფარაძე ლ.პ., კეჭერაშვილი მ.გ.;
3. ბიბილეიშვილი გ.ვ., გოგესაშვილი ნ.ნ., ჯავაშვილი ზ.დ., კაკაბაძე ე.გ.;
4. ბიბილეიშვილი გ.ვ. თანანაშვილი ლ.ა., კაკაბაძე ე.გ. ჯავაშვილი ზ.დ. ;
5. ბიბილეიშვილი გ.ვ., გოგესაშვილი ნ.ნ., გოგიბერიძე ი.ბ.;
6. ბიბილეიშვილი გ.ვ., კეჭერაშვილი მ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., ჯავაშვილი ზ.დ.;
7. ბიბილეიშვილი გ.ვ., ბუთხუზი თ.გ., მამულაშვილი მ.ა., ჯავაშვილი ზ.დ.;
8. ყუფარაძე ლ.პ., გოგესაშვილი ნ.ნ., ებანოიძე ლ.ო., ჯავაშვილი ზ.დ.;
9. ბიბილეიშვილი გ.ვ. მამულაშვილი მ.ა., ბუთხუზი თ.გ. კაკაბაძე ე.გ.;
10. ბიბილეიშვილი გ.ვ., ბუთხუზი თ.გ., მამულაშვილი მ.ა., კაკაბაძე ე.გ.;
11. ბიბილეიშვილი გ.ვ., კეჭერაშვილი მ.გ. მამულაშვილი მ.ა.;
12. ბიბილეიშვილი გ.ვ., ებანოიძე ლ.ო., ექვთიმეიშვილი გ.დ.;
13. ბიბილეიშვილი გ.ვ., ებანოიძე ლ.ო., გოგესაშვილი ნ.ნ., კეჭერაშვილი მ.გ., გოგიბერიძე ი.ბ.;
14. ბიბილეიშვილი გ.ვ., ყუფარაძე ლ.პ., ბუთხუზი თ.გ. ჯავაშვილი ზ.დ.;
15. ბიბილეიშვილი გ.ვ., გოგესაშვილი ნ.ნ., ებანოიძე ლ.ო.;
16. ბიბილეიშვილი გ.ვ. ,გოგესაშვილი ნ.ნ., იაკობაშვილი გ., ჯავაშვილი ზ.დ.;
17. ბიბილეიშვილი გ.ვ., კეჭერაშვილი მ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., მამულაშვილი მ.ა., ებანოიძე ლ.ო.;
18. ბიბილეიშვილი გ.ვ., მამულაშვილი მ.ა., კაკაბაძე ე.გ., კეჭერაშვილი მ.გ., ჯავაშვილი ზ.დ.;

2) სტატიის სათაური, ციფრული (დიგიტალური) საიდენტიფიკაციო კოდი ISSN

1. სადაწნეო საკანში წყლის ნაკადის ტურბულენტური რეჟიმის თეორიული დახასიათება; 1512-0287
2. ბუნებრივი, მტკნარი წყლის ნანოფილტრაციული პროცესების კვლევის ზოგიერთი საკითხის ადგილობრივი და საერთაშორისო მდგომარეობის ანალიზი;1512-0287
3. განსხვავებული სისქის მემბრანების მახასიათებლების ბარომემბრანული პროცესების წარმადობაზე დამოკიდებულების კვლევა; 1512-0287
4. ბუნებრივი წყლის დამუშავების ბარომემბრანული პროცესების კვლევის ზოგიერთი საკითხის ადგილობრივი და საერთაშორისო მდგომარეობის ანალიზი; 1512-0287

5. მიკროფილტრაციული მემბრანების მისაღებ კომპოზიციებში პოლიმერების სტრუქტურული ორგანიზების საკითხების კვლევა; 1512-0287
6. მიკროფილტრაციულ პროცესებში ნაკადის ჰიდროდინამიკის კვლევა მემბრანული სისტემების სადაწნეო საკნის ოპტიმალური გეომეტრიული კონფიგურაციის შესწავლისათვის; 1512-0287
7. ბუნებრივი წყლიდან მიღებული დეიონიზირებული წყლის ელექტროგამტარობის ხარისხის კვლევა; 1512-0287
8. წყლის ულტრაფილტრაციის სპირალური ტიპის საყოფაცხოვრებო მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკნის გეომეტრიის და ჰიდროდინამიკური პარამეტრების კვლევა; 1512-0287
9. ბუნებრივი წყლის და ღვინომასალების ბაქტერიოლოგიური კვლევა მიკრო- და ულტრაფილტრაციული პროცესების გამოყენებით; 1512-0287
10. ბარომემბრანული პროცესების გავლენის კვლევა ღვინის და ხილის წვენების შედგენილობასა და სიმღვრივის მახასიათებლებზე; 1512-0287
11. ღვინის მიკროფილტრაციის და წყლის ულტრაფილტრაციის ბრტყლადპარალელური ტიპის მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკნის გეომეტრიის და ჰიდროდინამიკური რეჟიმული პარამეტრების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა; 1512-0287
12. კომპოზიციაში პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობის ნაწილაკის ზომაზე დამოკიდებულების საკითხი; 1512-0287
13. კომპოზიციაში პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობის და ორგანული დანამატების გავლენის კვლევა ხსნარის სიმღვრივეზე; 1512-0287
14. წყლის ნაკადის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა სადაწნეო საკნის განსხვავებული გეომეტრიისათვის; 1512-0287
15. არაგამხსნელის როლის გავლენა ფაზური ინვერსიის მიმდინარეობაზე და მიღებული მემბრანების მახასიათებლებზე ; 1512-0287
16. პოლიმერის კონფორმაციის ცვლილების შესწავლის სტანდარტული მეთოდოლოგია; 1512-0287
17. მიკროფილტრაციული გაყოფის პროცესის ოპტიმალური რეჟიმული პარამეტრების და მემბრანის ზედაპირზე დანალექის წარმოქმნის მექანიზმის შესწავლა ჰიბრიდული ნაკადის პირობებში; 1512-0287
18. ნანოფილტრაციული პროცესის კვლევა ბუნებრივ, მტკნარ წყალში გახსნილი 0.2%-იანი $MgSO_4$ -ისა და 15%-იანი $NaCl$ -ის გამოყოფისათვის

3) ჟურნალის/კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი

1. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №1, ტ.97,;
2. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №1, ტ.97;
3. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
4. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
5. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
6. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
7. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
8. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
9. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
10. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
11. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
12. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
13. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
14. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №2, ტ.98;
15. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, დაიბეჭდება დეკემბრის თვის ნომერში;
16. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, დაიბეჭდება დეკემბრის თვის ნომერში;
17. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, დაიბეჭდება დეკემბრის თვის ნომერში;
18. საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, დაიბეჭდება დეკემბრის თვის ნომერში;

4) გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა

1. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;
2. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;
3. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;
4. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;
5. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;
6. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;
7. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;
8. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;
9. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;
10. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;
11. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;
12. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;
13. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;
14. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;
15. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;
16. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;
17. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;
18. ტექნიფორმი, საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია, საქართველოს საინჟინრო აკადემია;

5) გვერდების რაოდენობა

1. 3
2. 2
3. 2
4. 2
5. 2
6. 2
7. 2
8. 5
9. 2
10. 2
11. 5
12. 2
13. 3
14. 4
15. -
16. -
17. -
18. -

ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

1. სადაწნეო საკანში წყლის ნაკადის ტურბულენტური რეჟიმის თეორიული დახასიათება;

ნაშრომში წარმოდგენილია და განხილულია, ბუნებრივი წყლებისაგან ბარომემბრანული პროცესებით მაღალი ხარისხის სასმელი წყლის მიღების საკითხი. შემუშავებულია მემბრანული დანადგარების სტაბილური მუშაობის პირობები, რომლის უზრუნველყოფა შესაძლებელია სათანადო ჰიდროდინამიკური მახასიათებლებით.

ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების თეორიული ანგარიშისათვის გამოყენებულია რეინოლდსის რიცხვი, რომელიც იძლევა საშუალებას დადგინდეს რეინოლდსის კრიტიკული მნიშვნელობები კონკრეტული სადაწნეო საკანისათვის, რომელიც საშუალებას იძლევა სადაწნეო საკანში დადგინდეს სიჩქარეთა დიაპაზონი სხვადასხვა რეჟიმებისათვის. თეორიული ანგარიშებიდან გამომდინარე

დადგინდა ტურბულენტური მოძრაობის გასავითარებლად სიჩქარეთა დიაპაზონი სადაწნეო საკნის სხვასხვა სიმაღლისათვის.

ნაშრომში გამოკვეთილია სადაწნეო საკნის შემავალი კვეთებისათვის რეინოლდსის რიცხვის კრიტიკული მნიშვნელობები, რამაც განაპირობა ტურბულენტური ნაკადისათვის განსხვავებული სიდიდის სიჩქარე. დადგინდა, რომ ტურბულენტური მოძრაობისათვის სადაწნეო საკნის შემავალი კვეთის ფართის მატება განაპირობებს რეინოლდსის რიცხვის მნიშვნელობის კლებას, რაც ენერგოეფექტურობის მაჩვენებლის ოპტიმიზაციის წინა პირობაა.

2. ბუნებრივი, მტკნარი წყლის ნაწილობრივი პროცესების კვლევის ზოგიერთი საკითხის ადგილობრივი და საერთაშორისო მდგომარეობის ანალიზი;

ნაშრომში განხილული ადგილობრივი და საერთაშორისო პატენტების ზოგიერთი საკითხის ანალიზი ბუნებრივი, მტკნარი წყლის ნაწილობრივი პროცესების კვლევის, მემბრანული მოწყობილობების, პოლიმერული ფილტრაციის მემბრანების შექმნისა და გამოყენებისათვის განსაზღვრავს ინსტიტუტის სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოებისთვის ადგილობრივი და საერთაშორისო მკვლევართა მიერ შექმნილი ტექნოლოგიებისა, ტექნიკის, საბაზისო ტექნიკური დონისა და პროტოტიპების გათვალისწინებას.

3. განსხვავებული სისქის მემბრანების მახასიათებლების ბარომემბრანული პროცესების წარმადობაზე დამოკიდებულების კვლევა;

პოლიეთერსულფონის სხვადასხვა სისქის მემბრანებზე ჩატარებულმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ პოლიმერის კონცენტრაციებს და ტემპერატურებს შორის სხვაობა, ერთდროულად გავლენას ახდენს ინვერსიის დროს მიღებული მემბრანების სისქეზე, მახასიათებლებზე და სტრუქტურაზე, რასაც განაპირობებს ფაზური დაყოფის დროს მიმდინარე დიფუზიის პროცესის სიჩქარის ცვლილება და ასევე საკოაგულაციო აბაზანის ტემპერატურის გაზრდისას პოლიმერის დისპერსიის ხარისხის გაზრდა.

დადგინდა, რომ პოლიმერის კონცენტრაციის გაზრდასთან ერთად იზრდება მემბრანების სისქე და მცირდება წარმადობა. მიღებული მემბრანების ზედაპირების მიკროსტრუქტურა შესწავლილი იყო მასკანირებელი ზონდური მიკროსკოპით. მიკროსურათების ანალიზმა აჩვენა, რომ უფრო მცირე სისქის მემბრანების, კერძოდ 6% და 8%-იანი კომპოზიციებიდან გამოლექილი მემბრანული ნიმუშების ზედაპირული ტოპოგრაფია 10%-იანი პოლიმერული კომპოზიციიდან მიღებულ ნიმუშის ზედაპირთან შედარებით არის დეფექტური, არექსპერიმენტული კვლევების შედეგების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ პოლიმერის განსხვავებული კონცენტრაციის და გამოლექვის განსხვავებული ტემპერატურული რეჟიმის პირობებში ჩატარებისას 50°C-ზე და 10%-იანი პოლიმერული კომპოზიციიდან გამოლექილ მემბრანას გააჩნია შედარებით უფრო დიდი სისქე, ზედაპირის უკეთესი ტოპოგრაფია და სტრუქტურა, ასევე, წარმადობა. რაც ნიშნავს, რომ პეს/დმა 10%-იანი კომპოზიცია წარმოადგენს ოპტიმალურ რეცეპტურას ბარომემბრანული პროცესებისათვის შესაბამისი სტრუქტურის, მორფოლოგიის და სისქის მემბრანის (P8) მისაღებად.

4. ბუნებრივი წყლის დამუშავების ბარომემბრანული პროცესების კვლევის ზოგიერთი საკითხის ადგილობრივი და საერთაშორისო მდგომარეობის ანალიზი;

ნაშრომში განხილული ადგილობრივი და საერთაშორისო საპატენტო ნამუშევრები ასახავს ბუნებრივი წყლების დამუშავების დარგობრივი სპეციფიკის არსებულ მდგომარეობას მსოფლიოში და განაპირობებს ინსტიტუტში მიმდინარე სამეცნიერო კვლევებისათვის სათანადო პრიორიტეტების გამოკვეთას, ასევე, საპატენტო საძიებო ველის შექმნას.

5. მიკროფილტრაციული მემბრანების მისაღებ კომპოზიციებში პოლიმერების სტრუქტურული ორგანიზების საკითხების კვლევა;

ნაშრომში განხილულია, განსხვავებული შედგენილობის პოლიმერული კომპოზიციებიდან წყლის მიკროფილტრაციული პროცესებისათვის მემბრანული ნიმუშების მომზადება და დანამატების გავლენა სტრუქტურულ ცვლილებებზე კომპოზიციებში.

წყლის ულტრაფილტრაციული პროცესების ჩასატარებლად განსხვავებული შედგენილობის პოლიმერული კომპოზიციებიდან მომზადებული იქნა 0,05 მკმ, 0,1 მკმ ფორის ზომის მქონე მემბრანები, რისთვისაც პოლიმერულ მასალად გამოყენებული იყო ალიფატური პოლიამიდი 6. მიღებული და

გამოკვლეულია ერთგვაროვანი, ჰომოგენური, კომპოზიციების პა/დმაა/CaCl_2 , $\text{პა/დმაა/CaCl}_2/\text{პეგ}(400)$, $\text{პა/დმაა/CaCl}_2/\text{პეგ}(1450)$, $\text{პა/დმაა/CaCl}_2/\text{პეგ}(360)$, $\text{პა/დმაა/CaCl}_2/\text{პეგ}(10000)$ სიბლანტე, სიმღვრივე და გამოლექვის ოპტიმალური ტემპერატურა. ექსპერიმენტებით დადგენილი იქნა ინვერსიის ჩატარების პირობები, ტემპერატურის გავლენა მიღებული მემბრანების მახასიათებლებზე. ასევე, კვლევამ აჩვენა, რომ განსხვავებული შედგენილობის კომპოზიციებში პოლიმერული ნაწილაკების ზომები იცვლება რამდენიმე ნმ-დან 3000ნმ-მდე [3]. შესწავლილი პოლიმერული კომპოზიციები შეიცავენ კრისტალიტების, სფეროლიტების, გლობულების შესაბამისი ზომის ნაწილაკებს განსხვავებული პროცენტული რაოდენობით რაც იწვევს აღნიშნული პოლიმერული კომპოზიციების სიბლანტის და სიმღვრივის მაჩვენებლების ცვლილებას.

დადგინდა, რომ პოლიმერულ ხსნარებში არსებული ნაწილაკების ზომებზე და სტრუქტურულ ორგანიზაციაზე პოლიმერის სტრუქტურასთან ერთად გავლენას ახდენს დანამატის სტრუქტურა. მიღებული ნიმუშებიდან მიკროფილტრაციული პროცესისათვის აუცილებელი ფორის ზომის მოთხოვნებს (0,1მკმ-მდე) აკმაყოფილებს P1, P3, P6, P8 მემბრანული ნიმუშები, რომელთაგან წარმადობის მაჩვენებელით საუკეთესოა P6 და P8 მემბრანები.

6. მიკროფილტრაციულ პროცესებში ნაკადის ჰიდროდინამიკის კვლევა მემბრანული სისტემების სადაწნეო საკნის ოპტიმალური გეომეტრიული კონფიგურაციის შესწავლისათვის;

ნაშრომში განხილულია ჩიხური და ტანგენციალური ბარომემბრანული პროცესის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები, რომელიც ეხება მიკროფილტრაციული პროცესებში მემბრანული სისტემების სადაწნეო საკნის ოპტიმალური გეომეტრიის შესწავლას. შემუშავებული სადაწნეო საკნის გეომეტრია უზრუნველყოფს ტურბულენტური რეჟიმული პარამეტრების მქონე დინებას და შესაბამისად, მიკროფილტრაციული პროცესის საექსპლოატაციო მაჩვენებლების ეფექტურობას და სტაბილურობას.

ტანგენციალური და ჩიხური ფილტრაციის სათანადო მაჩვენებლების დიფერენცირება განაპირობებს ნაკადის საცირკულაციო პრინციპზე მომუშავე მემბრანული მოდულების უპირატესობას, რომელთა გამოყენება მიზანშეწონილია დიდი მოცულობისა და მაღალი კონცენტრაციის ხსნარების ხანგრძლივი დროით დამუშავებისათვის. მიკროფილტრაციულ გაყოფის პროცესში სადაწნეო საკანში სითხის მოძრაობის დასახასიათებლად გამოყენებული იქნა რეინოლდსის რიცხვი, რომელიც განისაზღვრა სადაწნეო საკანის ჰიდრავლიური დიამეტრის, საშუალო სიჩქარის და სითხის კინემატიკური სიბლანტის საშუალებით. რეინოლდსის რიცხვი მნიშვნელობით $Re < 2300$ ლამინარულ, $2300 < Re < 4000$ გარდამავალ ტურბულენტურს და $Re > 4000$ ტურბულენტურ დინებაზე მიუთითებს. თეორიული გათვლების შედეგად დადგინდა, რომ ტურბულენტური რეჟიმის განსახორციელებლად მიზანშეწონილი არ არის სადაწნეო საკნის ისეთი გეომეტრია, რომელშიც საკნის სიმაღლე იქნება 0,1მმ და 0,2მმ, 0,4მმ რადგან სითხის ნაკადის 5,85მ/წმ-დან და 23 მ/წმ-მდე სიჩქარის განვითარება იწვევს მემბრანული სისტემის დეტალებისა და მემბრანების მექანიკურ რხევებს, რაც მიკროფილტრაციული მემბრანული გაყოფის პროცესების განხორციელებისათვის არ არის რაციონალური როგორც აპარატურის ტექნიკური შესრულების, ტექნოლოგიური და ენერგოდანახარჯების თვალსაზრისით. ამიტომ, თეორიული გათვლების ანალიზის საფუძველზე, მიკროფილტრაციული გაყოფის პროცესის ოპტიმალური გეომეტრიისა და რეჟიმული პარამეტრების დადგენისათვის, ექსპერიმენტული ცდებისათვის შერჩეული იქნა სადაწნეო საკანი სიგანით 12მმ, სიგრძით 32მმ, სიმაღლით 0,6მმ და 1მმ, ფილტრაციისათვის 0,2 მკმ ზომის ფორის მქონე მემბრანა.

დადგენილი იქნა, მემბრანული სისტემის სადაწნეო საკნის ოპტიმალური გეომეტრიული კონფიგურაცია ნაკადის ტურბულენტური მოძრაობისათვის, მიკროფილტრაციული პროცესის პირობებში. ამგვარად, დიდი მოცულობის სამრეწველო ნაკადების საფილტრაციოდ რეკომენდირებულია მემბრანული სისტემა, სადაწნეო საკნის სიმაღლით 0,6 მმ, 1მმ, რომელიც უზრუნველყოფს ინტენსიური ტურბულენტური რეჟიმული პარამეტრების მქონე დინებას, მიკროფილტრაციული პროცესის საექსპლოატაციო მაჩვენებლების ეფექტურობას და სტაბილურობას.

7. ბუნებრივი წყლიდან მიღებული დეიონიზირებული წყლის ელექტროგამტარობის ხარისხის კვლევა;

წყლის ელექტროგამტარობა დამოკიდებულია მასში გახსნილ მარილების, მჟავების, ფუძეების კათიონების და ანიონების კონცენტრაციაზე. წყლის ხარისხის ერთ - ერთი მნიშვნელოვანი პარამეტრია მისი ელექტროგამტარობა.

დეიონიზირებული წყლის მისაღებად დამუშავდა სამ საფეხურიანი ბარო-მემბრანული მეთოდი ულტრაფილტრაციისა და უკუოსმოსის გამოყენებით. ექსპერიმენტი ჩატარდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების ინსტიტუტის მიერ დამუშავებულ ულტრაფილტრაციულ და უკუოსმოსურ მემბრანულ დანადგარებზე. ბარომემბრანული უკუოსმოსური პროცესი უზრუნველყოფს ყველა სახის გახსნილი მარილების და ნივთიერებების შეკავებას, ხოლო მემბრანულ აკვში წნევით გასული წყლის მოლეკულები ქმნიან დემინერალიზებული წყლის ნაკადს.

სამსაფეხურიანი ბარომემბრანული მეთოდი ულტრაფილტრაციის და უკუოსმოსის გამოყენებით დამუშავდა დეიონირებული წყლის მისაღებად. უკუოსმოსის ფილტრაციის მეთოდი განხორციელდა ორ ეტაპად. ფილტრაციის შედეგად მიღებული იქნა მაღალი ხარისხის სტერილური, დემინერალიზებული წყალი, რომლის ელექტროგამტარობა შეესაბამება საერთაშორისო სტანდარტს ISO 3696 და არის 5×10^{-4} სმ/მ.

8. წყლის ულტრაფილტრაციის სპირალური ტიპის საყოფაცხოვრებო მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკანის გეომეტრიის და ჰიდროდინამიკური პარამეტრების კვლევა;

ნაშრომში განხილულია, წყლის ულტრაფილტრაციული სპირალური ტიპის, საყოფაცხოვრებო მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკანის გეომეტრიის და ჰიდროდინამიკური პარამეტრების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები. მასაგადატანის ოპტიმალური პირობების შესარჩევად ჩატარებულია ბუნებრივი წყლის საანალიზო ნიმუშების გრანულომეტრიული შედგენილობის კვლევა გრანულომეტრიული შედგენილობა განისაზღვრა Zetasizer- NanoZen3690-ზე, რომლის მიხედვით ონკანის წყალში არსებული ნაწილაკების ზომები: პიკი1 - 921 ნმ 46,9 %, პიკი2 - 204,9 ნმ 38 %, პიკი3 - 2010 ნმ 2,98 %, და ზედაპირული წყალში არსებული ნაწილაკების ზომებია: პიკი1 - 803 ნმ 66%, პიკი2 - 4804 ნმ 26,1 %, პიკი 3 - 1764 ნმ 12 %, იმავე ხელსაწყოზე განისაზღვრა ონკანის წყლისა და ზედაპირული წყლის Z-პოტენციალი. გარდა ამისა განისაზღვრა ბუნებრივი და ზედაპირული წყლის ორგანოლექტიკური, მიკრობიოლოგიური და ფიზიკო ქიმიური მაჩვენებლები. ბუნებრივი წყლის ულტრაფილტრაციისთვის დამუშავებული და შექმნილი მემბრანებიდან შერჩეული იქნა ოპტიმალური მახასიათებლების მქონე ნიმუშები. რეჟიმული პარამეტრების ვარირების დიაპაზონისათვის ტესტირებით შეირჩა 0,05 მკმ-0,1 მკმ ფორის ზომის მემბრანები.

ბუნებრივი და მოდარლური წყლის ულტრაფილტრაციული პროცესის შესასწავლად 3D პრინტერ Ultimaker2 -ზე დამზადდა ულტრაფილტრაციისათვის სავარაუდო მუშა კვანძი (სადაწნეო საკანი სიგანე $B=12$ მმ, სიგრძე $l=32$ მმ, სიმაღლეები $h=0,1$ მმ, $0,2$ მმ, $0,4$ მმ, $0,6$ მმ, 1 მმ) მოხდა თეორიული გათვლები საკანში განსახორციელებელი რეჟიმებისათვის დადგინდა სიჩქარეთა დიაპაზონი ლამინარული და ტურბულენტური რეჟიმების განსახორციელებლად. ამგვარად შექმნილი სადაწნეო საკანი კონცეპტუალურად დაიხვეწება. ექსპერიმენტების საფუძველზე შეირჩევა ენერგო-ეკონომიური მაჩვენებლების მიხედვით და საფუძვლად დაედება შესაქმნელ მემბრანულ აპარატს.

9. ბუნებრივი წყლის და ღვინომასალების ბაქტერიოლოგიური კვლევა მიკრო- და ულტრაფილტრაციული პროცესების გამოყენებით;

წყალში არსებული მიკროორგანიზმების შესწავლა განაპირობებს სითხის დამუშავებისა და გაუსნეოვნების ძირითადი მეთოდების გამოვლენას, რომელთა ეფექტური გამოყენება ადამიანის ჯანმრთელობის უსაფრთხო გარემოს შექმნას უზრუნველყოფს.

ღვინის წარმოება მიკრობიოლოგიური პროცესია, სადაც მიმდინარეობს ფერმენტაციული პროცესები საფუარისა და ბაქტერიების გამოყენებით. მცირე საწარმოებში, საოჯახო მარნებსა და შატოებში საწარმოო სისტემების და ღვინის ბოთლების რეცხვა-გაუსნეოვნებისთვის აუცილებელია სტერილური სასმელი წყალი, რომლის მიღებისათვის დამუშავდა ბარომემბრანული ფილტრაციის მეთოდი.

მიკრობიოლოგიური უსაფრთხოების მიზნით წყლის ანალიზი ჩატარდა ფილტრაციამდე და ულტრაფილტრაციის შემდეგ. სასმელი წყლის სტერილიზაციისათვის წყალი დამუშავდა 0,1 მკმ ფორის ზომის მემბრანით, ხოლო საოჯახო მარნებში წარმოებული ღვინო 0,2 მკმ - ფორის ზომის

მიკროფილტრაციულ მემბრანულ ფილტრზე. ჩატარებული იყო ანალიზი ღვინომასალის მაინფიცირებადი სოკოების და საფუარების გვარის მიკროორგანიზმებზე.

დადგინდა, რომ მიკროფილტრაციული პროცესი იძლევა მაღალხარისხოვანი და სტერილური ღვინის მიღების საშუალებას, რომელიც აკმაყოფილებს საერთაშორისო სტანდარტებით განსაზღვრულ მოთხოვნებს.

10. ბარომემბრანული პროცესების გავლენის კვლევა ღვინის და ხილის წვენების შედგენილობასა და სიმღვრივის მახასიათებელზე;

წვენების სიმღვრივე, ფიზიკურ-ქიმიური თვალსაზრისით არის სითხის გამჭვირვალობის დაქვეითება, რომელიც გამოწვეულია მცენარეული ქსოვილის უხეში 0,5 - 200 მკმ-ზე მეტი ზომის ნაწილაკების არსებობით, რომლებსაც აქვთ ჰეტეროგენული შედგენილობა.

ხილის წვენების შეფასებისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ნატურალობის მაჩვენებლებს. ნატურალური წვენის მისაღებად, აუცილებელია ტექნოლოგიური რეჟიმის მკაცრი დაცვა, რათა წვენში შენარჩუნებული იყოს ყველა საკვები ნივთიერება, რომელსაც შეიცავს ახალი ხილი. წვენის დამზადების დროს გამოვიყენეთ მხოლოდ მწიფე ნედლეული. ნატურალური წვენი შეიძლება იყოს: გამჭვირვალე, გაუმჭვირვალე და რბილობიანი.

ღვინო გარდა მიკროორგანიზმებისა, შეიცავს ძალიან მცირე ნაწილაკებს ზომით 0,01 - 0,1 მკმ. ისინი შედგებიან ცილების, პოლისაქარიდების, ღვინის მჟავას მარილების კრისტალებისა და ნივთიერებათა ამორფული ფრაგმენტებისაგან, რომლებიც მიიღებიან ტექნოლოგიური პროცესის მსვლელობის დროს და სწორედ, ეს ნაწილაკები ანიჭებენ დიდწილად ღვინოს სიმღვრივეს.

შესწავლილია ბარომემბრანული პროცესების გავლენის შედეგები ხილის წვენების და ღვინის სიმღვრივის მახასიათებელზე. ღვინის და ხილის წვენების საწყისი ნიმუშების სიმღვრივის მაჩვენებლები დომინირებდა 6-3 15 NTU ფარგლებში. ბარომემბრანული პროცესების გამოყენებით დამუშავებული ღვინის და ხილის წვენების სიმღვრივის მაჩვენებლები დაყვანილია ფორმაზინის ერთეულით 0,32NTU-მდე. ღვინისა და ხილის წვენების გამჭვირვალობის ხარისხი დახასიათდა კრისტალური გამჭვირვალობით, რაც დამატებით შესაძლებელია შეფასდეს შემდეგით: სრულიად გამჭვირვალე, მოელვარე, ბზინვარე, ნაპერწკლოვანი.

11. ღვინის მიკროფილტრაციის და წყლის ულტრაფილტრაციის ბრტყლადპარალელური ტიპის მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკნის გეომეტრიის და ჰიდროდინამიკური რეჟიმული პარამეტრების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა;

ბარომემბრანული პროცესების მასაგადატანის ოპტიმალური პირობების შესარჩევად შესწავლილია ბუნებრივი, ზედაპირული წყლისა და „რქაწითელი“ თეთრი ღვინის გრანულომეტრული შედგენილობა მათში არსებული ნაწილაკების მოლეკულური მასა, Z-პოტენციალი, ორგანოლეპტიკური, მიკრობიოლოგიური და ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები. მიკრო- და ულტრაფილტრაციული ბრტყლადპარალელური ტიპის მემბრანული აპარატის სადაწნეო საკნის გეომეტრიული დაგეგმარებისათვის შესრულებულია ბუნებრივი ზედაპირული წყლის და „რქაწითელის“ ღვინის ნაკადის დინების ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების თეორიული გათვლები.

მიღებული თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგების საფუძველზე AUTOCAD-22-ის და Cura-15.04.22 პროგრამებით შეიქმნა და 3D პრინტერზე (Ultimaker2) დამზადდა და გამოიცადა სხვადასხვა გეომეტრიული ზომის მქონე მუშა კვანძის ლაბორატორიული უჯრედი. ღვინოსა და წყალში არსებული ნაწილაკების მოსაცილებლად ჩატარდა მიღებული მიკრო-და ულტრაფილტრაციულ მემბრანების ტესტირება. ბარომემბრანული პროცესების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის მონაცემების შედარების შედეგად დადგინდა, რომ 0,2მმ, 0,6მმ, 1მმ სიმაღლის სადაწნეო საკნის და ლამინარული რეჟიმის პირობებში წყლის ულტრაფილტრაციის და ღვინის მიკროფილტრაციის დროს ხვ. წარმადობის ზრდა სადაწნეო საკნის სიდიდის პროპორციულია. გარდამავალ ტურბულენტურ რეჟიმში ხვ. წარმადობა იზრდება სადაწნეო საკნის სიმაღლის 0,2მმ-დან 0,6მმ-მდე, ხოლო კლებადია 0,6მმ-დან 1მმ-მდე დიაპაზონში. ტურბულენტურ რეჟიმში ხვ. წარმადობა მცირდება საკნის სიმაღლის ზრდასთან ერთად. ღვინის მიკროფილტრაციისა და წყლის ულტრაფილტრაციისათვის დამზადდა და გამოიცადა სათანადო გეომეტრიის მუშა კვანძის ლაბორატორიული უჯრედები, რომელზეც გაფილტრული ღვინისა და წყლის სიმღვრივის შესაბამისი მაჩვენებლებია FTU 0.12-0.32 და FTU -0.03.

12. კომპოზიციაში პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობის ნაწილაკის ზომაზე დამოკიდებულების საკითხი;

ნაშრომში განხილულია განსხვავებული ქიმიური შედგენილობის კომპოზიციაში პოლიმერის მოლეკულის კონფორმაციული მდგომარეობის ნაწილაკის ზომაზე დამოკიდებულება. კომპოზიციები დამზადდა პოლიმერის, გამხსნელის, არაორგანული და ორგანული დანამატების ბაზაზე, რამაც უზრუნველყო პოლიმერის ხსნარის ჰომოგენურობა, სიმღვრივე, სიბლანტე და კონცენტრაცია. ორგანულ დანამატად გამოყენებულია პოლიეთილენგლიკოლი (პეგ) მოლეკულური მასით $M_w=400$ გ/მოლი (პეგ-400), $M_w=600$ გ/მოლი (პეგ-600), $M_w=1000$ გ/მოლი (პეგ-1000) და $M_w=1500$ გ/მოლი (პეგ-1500). სინათლის გაბნევის დინამიკური მეთოდით შესწავლილია პოლიმერული კომპოზიციის ნაწილაკების ზომების პროცენტული თანაფარდობა Zetasizer Nano ZN90 ნაწილაკების მზომი ანალიზატორით, 0,3-10000 ნმ-ის დიაპაზონში. ნაწილაკების მდგრადობის გასაზრდელად კომპოზიციები დამუშავებულია ულტრაბგერის აპარატის წყლიან აბაზანაში (Unitra-Unima, UM-4, Olsztyn, Poland). ფაზური ინვერსიის მეთოდით მიღებული მემბრანული ფირების ხვედრითი წარმადობები განისაზღვრა ლაბორატორიული მემბრანული დანადგარით MTSI-JM-5.

განსხვავებული ქიმიური შედგენილობის მქონე პოლიმერული ხსნარის ნაწილაკების ინტენსივობის მრუდების შესწავლამ, აჩვენა, რომ კომპოზიციებში პეგ-400-ის, პეგ-600-ის და პეგ-1000-ის ერთი და იგივე რაოდენობით დამატების შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა ინტენსივობის მრუდების გადანაცვლებას ნაწილაკის ზომების ზრდის მიმართულებით, ხოლო პეგ-1500-ის შემთხვევაში - ნაწილაკის ზომების კლების მიმართულებით, რაც პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობის ცვლილებას ადასტურებს. კონფორმაციული მდგომარეობის ცვალებადობა შეიძლება გამოწვეული იყოს პოლიეთილენგლიკოლისა და პოლიმერის მოლეკულებს შორის მოლეკულათაშორისი ბმების გაძლიერებით ან შესუსტებით პოლიეთილენგლიკოლის მოლეკულური მასის ცვლილებების გამო.

კვლევის შედეგად გამოვლენილია ნაწილაკის კონფორმაციული ზომების მზარდი დინამიკა 7.819 ნმ-დან 12.42 ნმ-მდე დანამატის პეგ-400, პეგ-600 და პეგ-1000-ის შემთხვევაში, რაც აისახა მიღებული მემბრანის ხვედრით წარმადობაზე (9050-14900 ლ/მ²სთ). მაღალი მოლეკულური მასის პოლიეთილენგლიკოლის პეგ-1500-ის შეტანით ხსნარში ნაწილაკის ზომამ განიცადა ცვლილება კლებისკენ, რამაც განაპირობა მიღებული მემბრანის ხვ. წარმადობის შემცირება.

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ კომპოზიციებში არსებული ნაწილაკების ზომის ცვალებადობა იწვევს კონფორმაციულ ცვლილებებს, რაც გავლენას ახდენს პოლიმერული კომპოზიციის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლებსა და მიღებული მემბრანის ხვედრითი წარმადობაზე.

13. კომპოზიციაში პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობის და ორგანული დანამატების გავლენის კვლევა ხსნარის სიმღვრივეზე;

მემბრანების მორფოლოგიისა და სტრუქტურის ფორმირებისათვის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობა, რომელიც დამოკიდებულია პოლიმერისა და დანამატების კონცენტრაციაზე, ხსნარში არსებულ ნაწილაკების ზომებსა და განაწილებაზე. პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობით განპირობებული ზომები დიდწილად განსაზღვრავს დასასხმელი ხსნარის სიმღვრივეს, რომლის ხარისხობრივი მაჩვენებელი განსაზღვრავს მიღებული მემბრანის ფიზიკურ მახასიათებლებს.

სამუშაოში განხილულია განსხვავებული შედგენილობის პოლიმერული კომპოზიციების ნაწილაკების ზომების და სიმღვრივის დამოკიდებულება. პოლიმერული კომპოზიციები მიღებულია პოლიმერის, გამხსნელის, არაორგანული და ორგანული დანამატებით, რაც განაპირობებს პოლიმერის ხსნარის ჰომოგენურობას, სიმღვრივეს, სიბლანტეს და კონცენტრაციას. ორგანულ დანამატად გამოყენებულია პოლიეთილენგლიკოლი (პეგ) მოლეკულური მასით $M_w=400$ გ/მოლი (პეგ-400), $M_w=600$ გ/მოლი (პეგ-600), $M_w=800$ გ/მოლი (პეგ-800) და $M_w=1500$ გ/მოლი (პეგ-1500).

განსხვავებული ქიმიური შედგენილობის პოლიმერული კომპოზიციის გახსნის პროცესის მონიტორინგი ჩატარდა პოლარიზაციულ-ინტერფერენციული ოპტიკური მიკროსკოპის საშუალებით. ნეფელომეტრული მეთოდით განისაზღვრა პოლიმერული კომპოზიციების სიმღვრივის მაჩვენებლები სიმღვრივის მზომი ხელსაწყოთი Turb 555. სინათლის გაბნევის დინამიკური მეთოდით შესწავლილია პოლიმერული კომპოზიციის ნაწილაკების ზომების პროცენტული თანაფარდობა Zetasizer Nano ZN90 ნაწილაკების მზომი ანალიზატორით. ფაზური ინვერსიის მეთოდით მიღებული მემბრანული

ფირების ხვედრითი წარმადობები განისაზღვრა ლაბორატორიული მემბრანული დანადგარით MTSI-JM-5.

პოლიეთერსულფონურ ხსნარებში პოლიმერის გახსნის პროცესის ექსპერიმენტული კვლევისას მოლეკულური მასის მქონე პოლიეთილენგლიკოლის PEG-400, PEG-600 და PEG-800 შემთხვევაში გამოვლენილია ნაწილაკის კონფორმაციული ზომების მზარდი დინამიკა 8.920 ნმ-დან 12.77 ნმ-მდე, რაც დიდწილად განაპირობებს დასახმელი ხსნარის სიმღვრივეს, რომლის ხარისხობრივი მაჩვენებელი განსაზღვრავს მიღებული მემბრანის ფიზიკურ მახასიათებლებს. ნაწილაკის კონფორმაციული ზომების ზრდის ტენდენცია აისახა როგორც სიმღვრივის მაჩვენებელზე (FTU4.15-FTU5.62), ასევე მიღებული მემბრანის ხვედრით წარმადობაზე (9050-13500 ლ/მ²სთ). მაღალი მოლეკულური მასის პოლიეთილენგლიკოლის PEG-1500-ის შეტანით პოლიმერის კონფორმაციულმა ზომამ განიცადა ცვლილება კლებისკენ, რამაც განაპირობა მიღებული მემბრანის ხვ. წარმადობის შემცირება 7840 ლ/მ²სთ-მდე.

კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ორგანული დანამატების მოლეკულური მასების სიდიდე გავლენას ახდენს პოლიმერული კომპოზიციის ფიზიკურ-ქიმიურ მაჩვენებლებზე, რაც განაპირობებს ფაზური ინვერსიის პროცესის მსვლელობას და მიღებული მემბრანის ხვედრითი წარმადობის ცვალებადობას.

14. წყლის ნაკადის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა სადაწნეო საკნის განსხვავებული გეომეტრიისათვის;

ნაშრომში შესწავლილია ისეთი აქტუალური საკითხი, როგორიცაა ბარომემბრანული პროცესები(მიკრო-, ულტრა-, ნანოფილტრაცია, უკუოსმოსი). ამ პროცესებს შესწევთ უნარი მემბრანის ფორების ზომების მიხედვით განახორციელონ ბუნებრივი და ჩამდინარე წყლების გასუფთავება, გაწმენდა, ფრაქციონირება, სტერილიზაცია. კლოიდურისა მიკროფილტრაციით, მაღალმოლეკულურის ულტრაფილტრაციით, დაბალმოლეკულურის ნანოფილტრაციით და უკუოსმოსით რომელთა გამოყენებით შესაძლებელია მაღალი ხარისხის სასმელი წყლის მიღება. ამ პროცესში ერთ-ერთი მთავარი საკითხთაგანია მემბრანული დანადგარის სტაბილური მუშაობა და მაღალი წარმადობა. ეს უკანასკნელი შესაძლებელია სათანადო ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების შემუშავებით. ერთ - ერთი ასეთი საკითხია სადაწნეო საკანში ტურბულენტური ნაკადის განხორციელება და კვლევა.

ტურბულენტური ნაკადის განხორციელების გზით ტანგენციალური ბარომემბრანული პროცესის თეორიული კვლევისათვის გამოყენებულია რეინოლდსის რიცხვის ფორმულა:

$$Re = \frac{vd}{\nu}$$

სადაც ν სადაწნეო საკანში სითხის საშუალო სიჩქარეა, d -ჰიდრავლიური დიამეტრია, ν – სითხის კინემატიკური სიბლანტე და რეინოლდსის რიცხვის კრიტიკული მნიშვნელობა $Re_{კრ} = 2325$.

კონკრეტული სადაწნეო საკნისათვის გამოთვლილია ჰიდროდინამიკური მახასიათებლები, სადაწნეო საკნის შესასვლელი კვეთის ფართობები, წყლის საშუალო სიჩქარეები, ხარჯი და ტურბულენტური მოძრაობის კრიტიკული მნიშვნელობები საკნის სხვადასხვა სიმაღლეებისათვის.

ნაშრომში თეორიული კვლევების საფუძველზე გამოკვეთილია სადაწნეო საკნის შემავალი კვეთებისათვის რეინოლდსის რიცხვის კრიტიკული მნიშვნელობები. რომელიც აღმოჩნდა სხვადასხვა სადაწნეო საკნის სხვადასხვა სიმაღლეებისათვის. რამაც განაპირობა ტურბულენტური ნაკადისათვის განსხვავებული სიდიდის სიჩქარე. გარდა ამისა, დადგინდა სადაწნეო საკნის სხვადასხვა სიმაღლეებისათვის, ლამინარული, გარდამავალი და ტურბულენტური მოძრაობისათვის სიჩქარის დიაპაზონები. შეირჩა ლამინარული რეჟიმისათვის რეინოლდსის რიცხვი $Re = 1400$, გარდამავალისათვის $Re = 3500$ და ტურბულენტურისათვის $Re = 5500$. შერჩეული რეინოლდსის რიცხვებით ლამინარული, გარდამავალი და ტურბულენტური რეჟიმების განხორციელებით ჩატარდა ექსპერიმენტები ლაბორატორიულ დანადგარზე. ნაკადის დინების ექსპერიმენტული მონაცემების ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების თეორიულ მონაცემებთან შედარება განხორციელდა ერთი და

იგივე სადაწნეო საკნის სიმაღლეების შემთხვევაში, რომელიც აისახა ხვედრითი წარმადობების მნიშვნელობებსა და რეინოლდის რიცხვებს შორის დამოკიდებულების გრაფიკებით. აღმოჩნდა, რომ ეს დამოკიდებულებები წარმოადგენენ მრუდ წირებს.

15. არაგამხსნელის როლის გავლენა ფაზური ინვერსიის მიმდინარეობაზე და მიღებული მემბრანების მახასიათებლებზე ;

ნაშრომში შესწავლილია პოლისულფონური კომპოზიციის პეს/დმაც/ $MgCl_2$ -ის ფაზური ინვერსიის პროცესები განსხვავებული შედგენილობის და პოლარობის არაგამხსნელში, ერთნაირ ტემპერატურულ პირობებში.

კვლევებით დადგინდა, რომ არაორგანული მარილების, ტუტის, მჟავას და არაპოლარული ქლოროფორმის შეტანა პოლიმერული კომპოზიციის წყლის საკოაგულაცილო აბაზანაში გავლენას ახდენს მემბრანის მახასიათებლებზე და მათ ზედაპირულ სტრუქტურაზე. რაც მიუთითებს იმ ფაქტზე, რომ განსხვავებული პოლარობის და pH -ის საკოაგულაციო ხსნარში კომპოზიციის განშრევების სიჩქარის ცვლილების გამო, ფაზური ინვერსიის პროცესი მიმდინარეობს სხვადასხვანაირად და მიიღება განსხვავებული ზედაპირული მორფოლოგიის და მახასიათებლების მემბრანები. ხვ. წარმადობის უკეთესი მაჩვენებელი აღმოაჩნდა P5 მემბრანას, რომელიც გამოლექილი იყო ძმარმჟავიან აბაზანაში. მემბრანული ნიმუშების ზედაპირები შესწავლილი იყო მასკანირებელი ზონდური მიკროსკოპით. ქლოროფორმიან აბაზანაში გამოლექილ მემბრანას (P6) გააჩნია ფაზური ზედაპირული სტრუქტურა და დაბალი ხვ.წარმადობა. ამრიგად, განსხვავებული pH -ის და პოლარობის არაგამხსნელში 12%-იანი პეს/დმაც/ $MgCl_2$ კომპოზიციის 30°C ტემპერატურაზე გამოლექვისას დადგინდა, რომ არაპოლარული გამხსნელის (ქლოროფორმი) შემცველი ხსნარიდან გამოლექილ მემბრანას (P6) გააჩნია ფაზური სტრუქტურა და დაბალი ხვ.წარმადობა. ხოლო სუფთა წყალში, მჟავის, ტუტის, არაორგანული მარილების შემცველი საკოაგულაციო ხსნარებში ფაზური ინვერსიის მეთოდით მიღებული მემბრანული ნიმუშებიდან უკეთესი სტრუქტურა და წარმადობა გააჩნია P5 მემბრანას, რომელიც გამოლექილი იყო 5%-იანი ძმარმჟავის შემცველ წყალში.

16. პოლიმერის კონფორმაციის ცვლილების შესწავლის სტანდარტული მეთოდოლოგია;

ნაშრომში სინათლის გაბნევის დინამიკური მეთოდით(DLS) შესწავლილია, პოლიმერულ ხსნარში ნანონაწილაკების კონფორმაციული ზომების ცვლილებების დინამიკა. არომატული პოლიმერის მაგალითზე დამუშავდა კვლევის მეთოდოლოგიის სტანდარტი, რომელიც გულისხმობს პოლიმერული მოლეკულების კონფორმაციული ცვლილებების შესწავლას კონცენტრაციის, ტემპერატურის და ხსნარში გამხსნელის ზემოქმედების პირობებში.

კომპოზიციაში, განზავების შედეგად პოლიმერის კონფორმაციული ცვლილებით გამოწვეული ნანონაწილაკების ზომების ცვლილება გამოისახა განაწილების ინტენსივობის (DLS) მრუდზე სამი პიკის წარმოქმნით და ნაწილაკების ზომის მნიშვნელობების ზრდით. განზავების შედეგად მიღებულ ხსნარში შესწავლილი იქნა ნაწილაკების ზომის მნიშვნელობები კვლევის ოცდამეცხედრიან მონაკვეთში. მე-5 დღეს ადგილი ჰქონდა ნაწილაკის ზომის ზრდას 1500 ნმ-მდე, ხოლო ნაწილაკის ზომის მნიშვნელობის და ასევე, გარდატეხის მაჩვენებლის მაქსიმუმი აღინიშნა მე-7 დღეს.

აღნიშნული კვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ პოლიმერული ხსნარების სინათლის გაბნევის დინამიკური მეთოდით შესწავლა მნიშვნელოვან ინფორმაციას იძლევა განზავებისას ხსნარებში არსებული ნანონაწილაკების ზომებისა და კონფორმაციული ცვლილებების შესახებ. პოლიმერის ზომებზე და კონფიგურაციაზე გავლენას ახდენს ჰიდრატირებული, არაჰიდრატირებული წყალბადური ბმები, არაჰიდრატირებული ჰიდროფობიური ურთიერთქმედების კომბინირებული ეფექტები. ჰიდრატირებული წყალბადის კავშირები ინარჩუნებს ერთი მოლეკულური ჯაჭვის ზომასა და სტრუქტურას, არაჰიდრატირებული წყალბადის კავშირები და ჰიდროფობიური ურთიერთქმედება იწვევს შიგამოლეკულურ კოლაფსს და მოლეკულათა შორის აგრეგაციას, ნაწილაკის ზომების მკვეთრმატებას, ხოლო, ელექტროსტატული განზიდვა ამცირებს თანაპოლიმერების აგლომერაციის ხარისხს. კვლევით მიღებული მეთოდოლოგია შესაძლებელია გამოყენებული იქნას, პოლიმერული კომპოზიციებიდან ფაზური ინვერსიის მეთოდით, ნანოფილტრაციული მემბრანების მისაღებად, სადაც მემბრანების სელექტიურობა დგინდება 0,2% $MgSO_4$ და ასევე, 0,15% NaCl ხსნარის მიმართ.

17. მიკროფილტრაციული გაყოფის პროცესის ოპტიმალური რეჟიმული პარამეტრების და მემბრანის ზედაპირზე დანალექის წარმოქმნის მექანიზმის შესწავლა ჰიბრიდული ნაკადის პირობებში;

მემბრანული სისტემის სადაწნეო საკნის ოპტიმალური გეომეტრიული კონფიგურაციის შესწავლისათვის ჩატარდა დემინერალიზებული წყლის მიკროფილტრაციული გაყოფის პროცესის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები ცვალებადი წნევის, სიჩქარის და საცირკულაციო ნაკადის პირობებში.

მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკნის გეომეტრიაში განხორციელებულმა ცვლილებებმა განაპირობა ლამინარული და ტურბულენტური ნაკადების ჰიბრიდული რეჟიმის წარმოქმნა, რომლის პირობებში დანადგარის ხვედრითი წარმადობის მაჩვენებელი აღემატება ლამინარული და ტურბულენტური ნაკადებისათვის მიღებულ შესაბამის მაჩვენებლებს. განხორციელდა ფილტრაციის პროცესში მემბრანის ზედაპირზე წარმოქმნილი დანალექის კლასიფიკაცია სხვადასხვა სიმღერის ბუნებრივ წყლებში არსებული 5ნმ-დან 8ნმ-მდე, 180ნმ-დან 400ნმ-მდე, 800ნმ-დან 1200ნმ-მდე ზომის ნაწილაკების მიხედვით, რის საფუძველზე შეიქმნა ბარომემბრანული პროცესებისთვის განკუთვნილი გრანულომეტრიული ნაწილაკების კლასიფიკატორი. მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკნის გეომეტრიაში განხორციელებულმა ცვლილებებმა უზრუნველყო ლამინარული და ტურბულენტური ნაკადების ჰიბრიდული რეჟიმის წარმოქმნა, რამაც განაპირობა ჰიდროდინამიკური პროცესის ოპტიმიზაცია დანადგარის ხვედრითი წარმადობის ასიმპტოტური მაჩვენებლის გაზრდით. სადაწნეო საკანში განხორციელდა სითხის მოძრაობის ლამინარული და ტურბულენტური რეჟიმების ინოვაციური ჰიბრიდული ნაკადი, რამაც უზრუნველყო კონცენტრაციული პოლარიზაციის ხარისხის შემცირება, რაც იწვევს მემბრანის ზედაპირზე შეწონილი ნაწილაკების და მიკროორგანიზმების დაგროვების პროცესის ინტენსივობის შემცირებას, შედეგად იზრდება მემბრანის გამოყენების რესურსი, მცირდება დანადგარის გაწმენდისათვის და რეცხვა-რეგენერაციისათვის გაწეული ხარჯები, მაღლდება სასმელი წყლის სისუფთავის ხარისხი და დანადგარის ტექნიკურ-ეკონომიური მაჩვენებლები.

18. ნანოფილტრაციული პროცესის კვლევა ბუნებრივ, მტკნარ წყალში გახსნილი 0.2%-იანი $MgSO_4$ -ისა და 15%-იანი $NaCl$ -ის გამოყოფისათვის

ნაშრომში განხილულია, ბუნებრივი წყლის ნაწილობრივი დემინერალიზაციის საკითხები, რომელიც შესაძლებელია სხვადასხვა ხარისხობრივ დონეზე მიკრო-, ულტრა- და ნანოფილტრაციული პროცესების გამოყენებით, ქიმიური კომპონენტების ზდკ-ს სტანდარტის დაცვით. ბუნებრივი წყლის მოლეკულურ-იონური შედგენილობის რეგულაცია შესაძლებელია ბარომემბრანული პროცესებით, რაც დასტურდება იონმეტრიული და ტურბიდიმეტრიული კვლევის მეთოდებით, ბუნებრივი წყლის მიზანმიმართული დეიონიზაციით გამოწვეული ქიმიური შედგენილობის ცვლილებით.

ნანოფილტრაციული პროცესის კვლევა განხორციელდა ბუნებრივ, მტკნარ წყალში გახსნილი 0.2%-იანი $MgSO_4$ -ის და 15%-იანი $NaCl$ -ის მოდელური ხსნარების ბაზაზე. დამუშავდა ბუნებრივი წყლის გაწმენდა-გაუსნებოვნებისა და საჭირო დონეზე დემინერალიზაციის ორსექციანი ტექნოლოგიური სქემა, რომლის მიხედვითაც, წყლის წინასწარი გაწმენდა-გაუსნებოვნების სამსაფეხურიანი სექციის პირველი საფეხური ითვალისწინებს წყლის გაწმენდას 50 მკმ ზომის ჩიხური ტიპის ფილტრით, მეორე საფეხური – წყლის დამუშავებას მიკროფილტრაციის პროცესის გამოყენებით, ხოლო მესამე საფეხური – წყლის ულტრაფილტრაციას.

ექსპერიმენტალური შედეგების საფუძველზე დადგინდა, რომ მიკროფილტრაციული მემბრანული დანადგარის წარმადობა შეადგენს 600 ლ/სთ, ულტრაფილტრაციული მემბრანული დანადგარის წარმადობა აღემატება 500ლ/სთ., ხოლო ნანოფილტრაციული მემბრანული დანადგარის წარმადობა უტოლდება 300 ლ/სთ. მემბრანული დანადგარების საფილტრაციო ფართი შეადგენს 5კვ.მ.

ამრიგად, მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გამოვიტანოთ დასკვნა, რომ ბუნებრივი წყლის ნაწილობრივი დემინერალიზაცია შესაძლებელია სხვადასხვა ხარისხობრივ დონეზე მიკრო-, ულტრა- და ნანოფილტრაციული პროცესების გამოყენებით, ქიმიური კომპონენტების ზდკ-ს სტანდარტის დაცვით. ბუნებრივი წყლის დამუშავების დროს ერთდროულად ხდება ყველა გარეშე მექანიკური ჩანართების, არასასურველი მინარევებისა და მიკროორგანიზმების მოცილება, რაც უზრუნველყოფს მაღალხარისხოვანი, კრისტალურად გამჭვირვალე, სუფთა, სტერილური და შენახვისადმი მდგრადი პროდუქციის მიღებას ნალექის წარმონაქმნის გარეშე. ბუნებრივი წყლის

დამუშავებისას შესაძლებელია მიღებული ქიმიური კომპონენტების კონცენტრატების მეორადი გამოყენება.

7. ბეჭდური პროდუქციის გამოცემა უცხოეთში

7.1. მონოგრაფიები/წიგნები

1) ავტორი/ავტორები

- 1.
- 2.

2) მონოგრაფიის/წიგნის სათაური, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN

- 1.
- 2.

3) გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა

- 1.
- 2.

4) გვერდების რაოდენობა

- 1.
- 2.

ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

7.2. სახელმძღვანელოები

1) ავტორი/ავტორები

- 1.
- 2.

2) სახელმძღვანელოს სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN

- 1.
- 2.

3) გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა

- 1.
- 2.

4) გვერდების რაოდენობა

- 1.
- 2.

ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

7.3. კრებულები

1) ავტორები

- 1.
- 2.

2) კრებულის სახელწოდება, საერთაშორისო სტანდარტული კოდი ISBN

- 1.
- 2.

3) გამოცემის ადგილი, გამომცემლობა

- 1.

2.

4) გვერდების რაოდენობა

1.

2.

ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

7.4. სტატიები

1) ავტორი/ავტორები

1.

2.

2) სტატიის სათაური, ციფრული (დიგიტალური) საიდენტიფიკაციო კოდი DOI ან ISSN

1.

2.

3) ჟურნალის/კრებულის დასახელება და ნომერი/ტომი

1.

2.

4) გვერდების რაოდენობა

1.

2.

ვრცელი ანოტაცია (ქართულ ენაზე)

8. სამეცნიერო ფორუმების მუშაობაში მონაწილეობა

8.1. საქართველოში

1) მომხსენებელი/მომხსენებლები

1. აკადემიკოს გივი ცინცაძის დაბადებიდან 90 წლისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო- სამეცნიერო-მეთოდური კონფერენცია „ქიმია-მიღწევები და პერსპექტივები“ - გ. ბიბილეიშვილი, ნ. გოგესაშვილი, მ. კეჭერაშვილი, მ.მამულაშვილი, ლ. ყუფარაძე, ლ. ებანოიძე;

2.

2) მოხსენების სათაური

1. მიკრო- და ულტრაფილტრაციით წყლისა და ხილის წვენების გადამუშავება;

2.

3) ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი

1. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 20/04/2023, თბილისი.

2.

მოხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)

8. 2. უცხოეთში

1) მომხსენებელი/მომხსენებლები

1.

2.

2) მოხსენების სათაური

- 1.
- 2.

3) ფორუმის ჩატარების დრო და ადგილი

- 1.
- 2.

მოხსენების ანოტაცია (საჭიროა იმ შემთხვევაში, თუ მოხსენება ფორუმის მასალებში არ გამოქვეყნებულა)

9. კვლევის შედეგების კომერციალიზაციის პოტენციალი			
№	კვლევის შედეგის/პროდუქტის დასახელება	კომერციული დანიშნულება და პერსპექტივა	შენიშვნა (არსებობის შემთხვევაში)
1	600 ლ/სთ წარმადობის წყლის ულტრაფილტრაციული ავტომატიზირებული მემბრანული დანადგარი	შპს „ავერსის კლინიკაში“ სხვადასხვა სახის მიკრობიოლოგიური კვლევებისთვის აუცილებელია დიდი რაოდენობით სტერილური და საჭირო დონეზე დემინერალიზებული წყალი. მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტში ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დამზადდა და დღემდე წარმატებით მუშაობს წყლის სტერილური ფილტრაციის ულტრაფილტრაციული მემბრანული დანადგარი. აღნიშნულმა დანადგარმა დადებითი როლი შეასრულა შ.პ.ს. „ავერსის კლინიკის“ ISO - სერტიფიცირების საქმეში.	



10. საექსპერტო მოღვაწეობა (არსებობის შემთხვევაში)			
№	საექსპერტო აქტივობის სახე	სამუშაოს დამკვეთი (მომსახურების მიმღები) ორგანიზაცია	სამუშაოს დაწყებისა და დასრულების თარიღი
1	ჩატარდა, 2023 წლის 27 ნოემბრის ხელშეკრულებით გათვალისწინებული შპს „ავერსის კლინიკის“ საკუთრებაში არსებული მემბრანული ულტრაფილტრაციული დანადგარის მომსახურება, რომელშიც შედიოდა: აპარატის ტესტირება, რეცხვა, რეგენერაცია, ელექტრო და მილსადენების გაყვანილობის დემონტაჟი და ახლის მონტაჟი, ნანოფილტრაციული პროცესის ავტომატიზირებული მართვის უზრუნველყოფა, ექსპლოატაციაში გაშვება და საწარმოო ტესტირება, შემდეგ მისამართზე: ქ. თბილისი, ვაჟა-ფშაველას გამზ. № 27/ზ, შპს „ავერსის კლინიკა“.	შპს „ავერსის კლინიკა“	27/11/2023 – 02/12/2023
2			
3			

11. ახალგაზრდა მეცნიერთა სამეცნიერო მუშაობის ხელშეწყობა;		
№	აქტივობის სახე	მონაწილე ახალგაზრდა მეცნიერთა რაოდენობრივი მაჩვენებელი
1	სამეცნიერო პერსონალის საქმიანობისთვის, მათ შორის, სამეცნიერო საქმიანობისთვის, საჭირო მატერიალურ - ტექნიკური ბაზით უზრუნველყოფა, შესაფერისი პირობების შექმნა, უცხოურ ელექტრონულ ბაზებზე წვდომა, ახალგაზრდების მოზიდვა მეცნიერებაში, ინსტიტუტის ლაბორანტების ცოდნის ამაღლება, სამაგისტრო კურსის გავლა.	3

	ინსტიტუტს გააჩნია მაღალი დონის მატერიალურ-ტექნიკური ბაზა, რომელიც აღჭურვილია საჭირო აპარატურით თანამედროვე კვლევის მეთოდების განსახორციელებლად.	
2		
3		

12. სამეცნიერო ნაშრომების და მკვლევართა სამეცნიერო პროდუქტიულობის მაჩვენებელი
სამეცნიერო გამოცემები რომელიც, ინდექსირებულია Web of Science, Scopus, Google Scholar-ის და სხვ. ბაზაში

№	ავტორი/ავტორები	ნაშრომის სახელწოდება	სამეცნიერო გამოცემები დასახელება და ნომერი/ტომი; წელი; გამომცემლობა, URL	Web of Science	Scopus	Google Scholar	სხვა (მიუთითეთ)
1	G.Bibileishvili, M. Kezherashvili, N.Gogesashvili, L.Kuparadze, L.Ebanoidze, Z.Javashvili;	Effect of the Temperature of the Non-Solvent on the Morphology of the Polymeric Membrane;	European Journal of Scientific Research (EJSR), vol.161,1, ISSN-1450-216X/1450-202X; 5-15(2022)		Scopus		
2	G.V.Bibileishvili, N.N. Gogesashvili, M.G. Kezherashvili, L.P. Kuparadze, Z.D. Javashvili;	Influence of some factors on characteristics of POLY- <i>m</i> -PHENYLENEISOPHTHALAMIDE MEMBRANES – preparation and examination of POLYAMIDE MEMBRANES;	Oxidation Communications vol. 45, No 2, ISSN: 0209-4541, 300–308 (2022)		Scopus		
3							

13. სამეცნიერო ერთეულში დასაქმებულ მკვლევართა სამეცნიერო პროდუქტიულობის მაჩვენებელი (ციტირების ინდექსის საფუძველზე)

№	სახელი და გვარი	Web of Science		Scopus		Google Scholar		სხვა (მიუთითეთ)	
		ციტირების ინდექსი	h -ინდექსი	ციტირების ინდექსი	h -ინდექსი	ციტირების ინდექსი	h -ინდექსი	ციტირების ინდექსი	h -ინდექსი

1	ნანა გოგესაშვილი			17	2	25	2		
2	მზია კეჟერაშვილი			4	1	7	2		
3	ლიანა ყუფარაძე					2	1		
4	ლიანა ებანოიძე					1	1		
5	თინათინ ბუთხუზი			8	2	14	2		

ხელმძღვანელი პირის ხელმოწერა

წარმოდგენის თარიღი /----/-----/2023წ.