

ეპოქსიდის ბაზაზე ბიოდეგრადირებადი პოლიმერული კომპოზიტის მიღება და თვისებების კვლევა

თამარ გვაზავა¹, ნაზი კუციავა¹

¹საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, კოსტავას ქ. 69, 0160, თბილისი,
საქართველო

აბსტრაქტი

პოლიმერული ნარჩენებით გარემოს დაბინძურება დღევანდელ ეპოქაში ერთ-ერთ მთავარ პრობლემად ითვლება. მსოფლიოში შესაფუთ მასალებზე მოთხოვნის ზრდამ პოლიმერული ნარჩენების რაოდენობა რეკორდულ ნიშნულამდე მიიყვანა. პრობლემის შემსუბუქების ერთ-ერთი გზა „მწვანე ქიმიის“ მე-10 პრინციპშია წარმოდგენილი, რომლის არსიც ეკო-მეგობრული, გარემოსთან ჰარმონიული ტექნოლოგიების გამოყენებაში მდგომარეობს. სწორედ ამ მიდგომასთან ასოცირდება ბიოდეგრადირებადი მასალების წარმოება. დეგრადირებად პოლიმერებს შორის განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია ის მასალები, რომლებიც ბიოლოგიური გარემოს (როგორცაა ცოცხალი ორგანიზმები ან გარემოში არსებული მიკროორგანიზმები) ზემოქმედებით იშლებიან უვნებელ, ბიოთავსებად ფრაგმენტებად. ასეთ მასალებს ბიოდეგრადირებადი პოლიმერები ეწოდებათ. ბიოდეგრადირებადი პოლიმერების გარემოსდაცვითი უპირატესობები და ფუნქციური მრავალფეროვნება არის მიზეზი იმისა რომ ბაზარზე მოთხოვნილება სწრაფად იზრდება.

წარმოდგენილი კვლევის ფარგლებში მიღებულ იქნა ბიოდეგრადირებადი პოლიმერული კომპოზიტი ეპოქსიდისა და ამინომჟავური პოლიესტერმარდოვანას საფუძველზე.

შესწავლილია პოლიმერული კომპოზიტის დეგრადაციის უნარი. ამ მიზნით გამოყენებულია შემდეგი ანალიზური ქიმიის მეთოდები: TOC (საერთო ორგანული ნახშირბადის განსაზღვრის მეთოდი), IR (ინფრაწითელი სპექტროსკოპია, ნიმუშის სტრუქტურული ცვლილებების შესაფასებლად) და ზედაპირის მორფოლოგიური ცვლილებების კვლევა ელექტრომიკროსკოპის გამოყენებით. მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით, უნდა ითქვას, რომ პოლიმერული კომპოზიტი განიცდის დეგრადაციას როგორც მჟავა, ასევე ტუტე გარემოში. კვლევის ფარგლებში არ

ჩატარებულა მიკრობიოლოგიურ/ბუნებრივ ნიადაგში დეგრადაციის კვლევა დროის ლიმიტის გამო. ეს საკითხი კვლევის შემდგომ ეტაპს წარმოადგენს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ბიოდეგრადირებადი პოლიმერული კომპონენტის შეყვანამ ეპოქსიდურ მატრიცაში გააუმჯობესა მისი მექანიკური მახასიათებლებიც, კონკრეტულად სიმტკიცის მნიშვნელობა გაჭიმვისას. კომპოზიტის მექანიკური მახასიათებელი (სიხისტე-იუნგის მოდული) დაახლოებით 37%-ით გაუმჯობესდა.

საკვანძო სიტყვები: ბიოდეგრადირებადი პოლიმერები, სინთეზი, თვისებების კვლევა, მექანიკური თვისებები, ბიოდეგრადაცია.

შესავალი

ბიოდეგრადირებადი პოლიმერი (BP) არის მაკრომოლეკულების სპეციფიკური ტიპი, რომელთაც შეუძლიათ თვითდაშლა ნიადაგის ან ფიზიოლოგიური გარემოს ზემოქმედებით. ბიოდეგრადირებადი პოლიმერი ძირითად ჯაჭვში აუცილებლად უნდა შეიცავდეს ბმებს, რომლებიც ადვილად იშლებიან ფერმენტულად ან ქიმიურად, რათა მოხდეს პოლიმერის მცირე ზომის ფრაგმენტებად დაშლა. ამასთან ერთად, ეს პროცესი უნდა გაგრძელდეს მისაღები სიჩქარით. ბმების გაწყვეტა ძირითადად ხდება ჰიდროლიზის, ან იშვიათად, რედოქს მექანიზმით. ბიოდეგრადირებადი პოლიმერები რომელთა დაშლაც ხდება ჰიდროლიზური მექანიზმით, უნდა შეიცავდეს ჰიდროლიტიკურად ლაბილურ ბმებს, როგორიცაა ძლიერ პოლარიზებული C-C ბმები (მაგ. პოლიციანო-აკრილატებში), ესტერული, ორთო-ესტერული და/ან ანჰიდრიდული ბმები. შესაძლებელია ასეთი პოლიმერი აგრეთვე შეიცავდეს ამიდურ, ურეთანულ ან შარდოვანულ ბმებს, რომლებმაც ასევე შესაძლებელია განიცადონ ჰიდროლიზი, თუმცა რეაქციის სიჩქარე საგრძნობლად დაბალია რაც პროცესს დროში წელავს.

BP შეიძლება იყოს ბუნებრივი და სინთეზური გზით მიღებული. ყველასთვის ცნობილი პოლისაქარიდები, ცილები, ნუკლეინის მჟავები, ბაქტერიული პოლიესტერები მიეკუთვნებიან ბუნებრივ ბიოდეგრადირებად პოლიმერებს. ამინომჟავას შემადგენლობაში შემავალი ორი ფუნქციური ჯგუფის (ამინო და კარბოქსილის) არსებობის გამო, შესაძლებელია ამინომჟავების გამოყენება მონომერებად სინთეზური პოლიმერების მისაღებად (ცილების ანალოგები). ამინომჟავური ბიოდეგრადირებადი პოლიმერების უმნიშვნელოვანესი კლასია პროფ. რ. ქაცარავას და მისი კოლეგების მიერ შექმნილი პოლიმერები, სახელწოდებით-ფსევდოპროტეინები. ქართველ ქიმიკოსთა ინოვაცია მდგომარეობს იმაში რომ მათ საკვანძო მონომერებად ამინომჟავების ბაზაზე მიღებული დიამინო-დიესტერები გამოიყენეს.

დიამინო-დიესტერები მიიღება ამინომჟავისა და დიოლის პირდაპირი თერმული კონდენსაციით მდულარე ორგანული გამხსნელის არეში, იაფი რეაგენტის 3-ტოლუოლსულფომჟავას თანაობისას [1-2]. ამ რეაქციის წარმართვას ამარტივებს რეაგენტების ხელმისაწვდომობა და მრავალფეროვნება ბაზარზე. ამასთან ერთად დიამინო-დიესტერების საფუძველზე მრავალი განსხვავებული აღნაგობის ფსევდოპროტეინების დასინთეზებაა შესაძლებელი. რაც მეთოდის კიდევ ერთი დადებითი მხარეა.

ბოლო ათწლეულების განმავლობაში, გარემოს დაბინძურების პრობლემის პარალელურად, განსაკუთრებით კი პლასტმასის ნარჩენების დაგროვების გამო, ბიოდეგრადირებადი პოლიმერები იქცა უმნიშვნელოვანეს კვლევით და ინდუსტრიულ მიმართულებად. ტრადიციული სინთეზური პოლიმერები, როგორიცაა პოლიეთილენი (PE), პოლიპროპილენი (PP) და პოლივინილქლორიდი (PVC), ძალიან ნელა ან საერთოდ არ იშლება ბუნებრივ პირობებში, რაც იწვევს ნიადაგის, წყლისა და ეკოსისტემების მასშტაბურ დაბინძურებას.

ბიოდეგრადირებადი პოლიმერული კომპოზიტების მიღების ერთ-ერთი ფართოდ გამოყენებადი და ეფექტური მეთოდია სინთეზურ პოლიმერში ბიოდეგრადირებადი კომპონენტის შეყვანა. ეს მიდგომა განსაკუთრებით მიმზიდველია, რადგან ის საშუალებას იძლევა, შენარჩუნდეს სინთეზური პოლიმერებისთვის დამახასიათებელი სასურველი მექანიკური თვისებები, როგორიცაა სიმტკიცე, მოქნილობა, გამძლეობა, და ამავდროულად მიენიჭოს საბოლოო მასალას ბიოდეგრადაციის უნარი.

ამ პროცესში, ბიოდეგრადირებადი კომპონენტი (ხშირად ეს არის სახამებელი, ცელულოზა, პოლილაქტური მჟავა (PLA), პოლიჰიდროქსიალკანოატები (PHA) ან სხვა ბიოპოლიმერები) ერწყმის სინთეზურ პოლიმერს. ეს შეიძლება იყოს როგორც მცირე დანამატი, ასევე უფრო მაღალი კონცენტრაციის შემადგენელი ნაწილი, იმისდა მიხედვით, თუ რა ხარისხის ბიოდეგრადაციაა საჭირო და რა დანიშნულება აქვს საბოლოო პროდუქტს.

მაგალითად განვიხილოთ პოლილაქტური მჟავას (PLA) შეყვანა ტრადიციულ პოლიეთილენში (PE) შესაფუთი მასალების წარმოებისას. PLA, რომელიც განახლებადი რესურსებიდან (მაგალითად, სიმინდის სახამებელი) მიიღება, თავისთავად ბიოდეგრადირებადია. PE-სა და PLA-ის შერევით მიიღება კომპოზიტი, რომელსაც შენარჩუნებული აქვს PE-ს პრაქტიკული თვისებები, თუმცა მისი ბიოდეგრადაციის უნარი მნიშვნელოვნად გაუმჯობესებულია. ეს მიდგომა ხელს უწყობს შეფუთვის ინდუსტრიაში ეკომეგობრული ალტერნატივების შექმნას, რაც ამცირებს გარემოზე ხანგრძლივ მავნე ზემოქმედებას პროდუქტის ექსპლუატაციის ვადის ამოწურვის შემდეგ [3].

2023 წელს დოქტორ ს. კვინიკაძემ კომერციულად ხელმისაწვდომ პოლიესტერში შეიყვანა ბიოდეგრადირებად კომპონენტად 1,4-ციკლოჰექსანდიმეთანოლისა და ლეიცილის ბაზაზე მიღებული პოლიესტერმარდოვანული კლასის პოლიმერი. რომელმაც უზრუნველყო არამხოლოდ ბიოდეგრადაციის უნარის მინიჭება პოლიესტერისთვის, არამედ გააუმჯობესა მექანიკური მახასიათებლებიც, კერძოდ სიმტკიცე გაჭიმვისას. ამ პოლიმერული კომპოზიტის ბაზაზე მიღებულ იქნა მეტალ-პოლიმერული ლამინატები [4]. წარმოდგენილ კვლევაში სწორედ ეს მიდგომა იქნა გაზიარებული და დამზადებულ იქნა ეპოქსიდის ბაზაზე ცივადგამყარებადი პოლიმერული კომპოზიტი.

ექსპერიმენტული მეთოდი:

კვლევა დაიწყო ორი ტიპის პოლიმერის შერჩევით: ერთი, როგორც ძირითადი მატრიცა (არადეგრადირებადი კომპონენტი) და მეორე, როგორც ბიოდეგრადირებადი დანამატი. ლიტერატურული მონაცემები ცხადყოფს, რომ ბიოდეგრადირებადი კომპონენტის არაბიოდეგრადირებად პოლიმერულ მატრიცაში შეყვანა მიღებულ ჰიბრიდულ პოლიმერს დეგრადაციის უნარს ანიჭებს. სწორედ ამ გამოცდილებას დაეყრდნო წარმოდგენილი კვლევა. კვლევის საწყის ეტაპზე დადგინდა ძირითადი მატრიცისთვის აუცილებელი კრიტერიუმები. პოლიმერი უნდა ყოფილიყო ცივად გამყარებადი, რათა კომპოზიტის დამზადების პროცესი ყოფილიყო სწრაფი და ტექნოლოგიურად მარტივი. ასევე, გადამწყვეტი იყო, რომ პოლიმერი ყოფილიყო კომერციულად ხელმისაწვდომი და გამოსადეგი ფართომასშტაბიანი წარმოებისთვის. ამ მიზნით, შერჩეულ იქნა ეპოქსიდური ფისი. ექსპერიმენტები ჩატარდა კონკრეტული მარკის ეპოქსიდურ ფისზე, რომლის ძირითადი კომპონენტებია: ნაწილი A: ეპოქსიდური ფისი და ბენზილის სპირტი. ნაწილი B: მოდიფიცირებული ამინი და ბენზილის სპირტი. ეპოქსიდური ფისები, როგორც წესი, მიიღება ეპიქლორჰიდრინისა და ბისფენოლ A-ს რეაქციით, რაც უზრუნველყოფს მათ მაღალ მექანიკურ მახასიათებლებს და ფართო გამოყენების არეალს.

ბიოდეგრადირებად პოლიმერულ კომპონენტად შერჩეულ იქნა კომერციულად ხელმისაწვდომი საქართველოში, შპს „Polymer Solutions“-ის მიერ წარმოებული პოლიესტერმარდოვანული კლასის (PEU) პოლიმერი, რომელიც მიიღო პროფესორ რ. ქაცარავამ თანამშრომლებთან ერთად. PEU ფსევდოპროტეინული ოჯახის პოლიმერებს შორის ყველაზე მაღალი მექანიკური მახასიათებლებით გამოირჩევა (იუნგის მოდული 4-6 GPa).

პოლიმერული კომპოზიტის დასამზადებლად PEU (პოლიესტერ მარდოვანა/ბიოდეგრადირებადი დანამატი) გაიხსნა ქლოროფორმში (1g 10 მლ

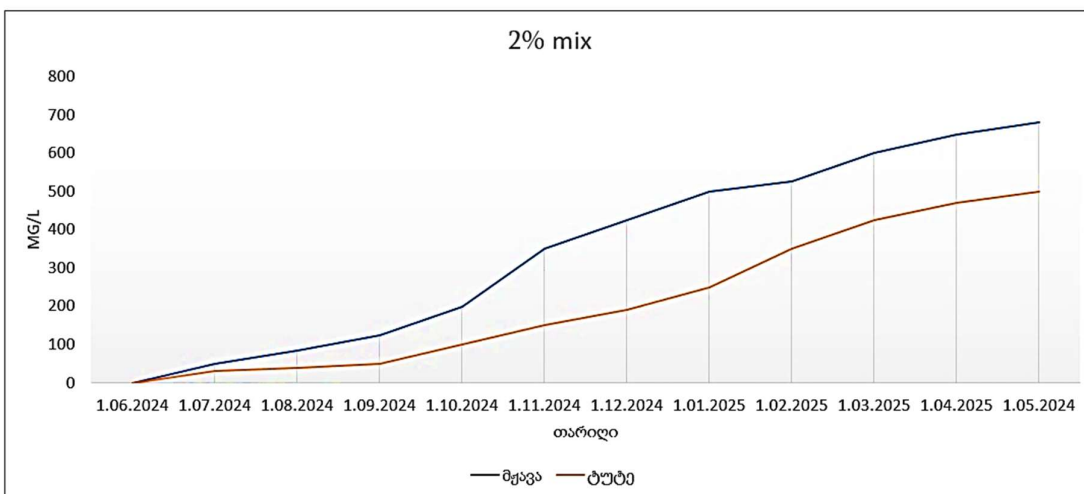
ქლოროფორმში), მიღებული ხსნარი შერეულ იქნა ეპოქსიდის A კომპონენტს, ბოლო ეტაპზე დაემატა გამამყარებელი კომპონენტი B და პოლიმერები კარგად შეერია ერთმანეთს. კომპოზიტის დამზადების ბოლო ეტაპია მიღებული პოლიმერული ნარევის ჩასხმა ყალიბებში და ოთახის ტემპერატურაზე აორთქლება. ნიმუშების სრული შრობისათვის გამოყენებულ იქნა თერმოსტატი 40°C ტემპერატურაზე.

მიღებული დისკოს ფორმის ნიმუშები გამოყენებულ იქნა დეგრადაციის პროცესის კვლევისთვის. კვლევის ფარგლებში ასევე შესწავლილ იქნა მიღებული კომპოზიტის მექანიკური მახასიათებლები, კერძოდ სიმტკიცე პირდაპირი გაჭიმვისას და განსაზღვრულ იქნა იუნგის მოდული. ამ მიზნით გამოყენებულ იქნა Mark 10™ ფორმის ESM 303-ის ხელსაწყო. ეს მოწყობილობა საშუალებას იძლევა შეფასდეს პოლიმერის მექანიკური თვისებები „ძაბვა დეფორმაციის“ მრუდის ანალიზის საფუძველზე. ექსპერიმენტებისთვის საგამოცდო პოლიმერი მზადდება „რვიანის“ (Dumb bell sample) ფორმის ნიმუშების სახით. ეს ნიმუშები თავსდება ხელსაწყო სპეციალურ დამჭერებში, რის შემდეგაც ხდება მათი ეტაპობრივი გაჭიმვა. ხელსაწყო ავტომატურად იწერს „ძაბვა - დეფორმაციის“ მრუდებს, რომელთა ანალიზიც საშუალებას იძლევა ზუსტი დასკვნები იქნას გამოტანილი პოლიმერის მექანიკური მახასიათებლების შესახებ.

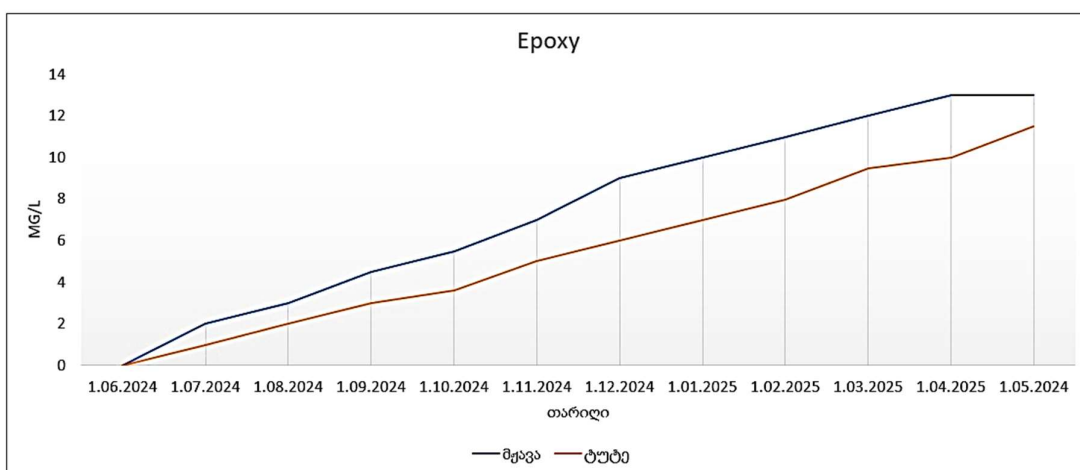
შედეგები და მათი განსჯა

კვლევის მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენდა პოლიმერული ნიმუშების მდგრადობის შეფასება სხვადასხვა pH-ის გარემოში. ამ მიზნით, მუდმივ წონაზე მიყვანილი პოლიმერული ფირის ნიმუშები (თითოეული დაახლოებით 2გ) განთავსდა ორ განსხვავებულ ბუფერულ ხსნარში (pH=4 და pH=10). ჩატარდა საერთო ორგანული ნახშირბადის (TOC) განსაზღვრის ექსპერიმენტი სპექტროფოტომეტრული მეთოდით (HACH-ის DR3900 სპექტროფოტომეტრი). ეს მეთოდი მოითხოვს დაშლილი მასის, ანუ ორგანული ნაერთიდან (პოლიმერიდან) გამოთავისუფლებული ნახშირბადის, წყალში გადასვლას [5-6].

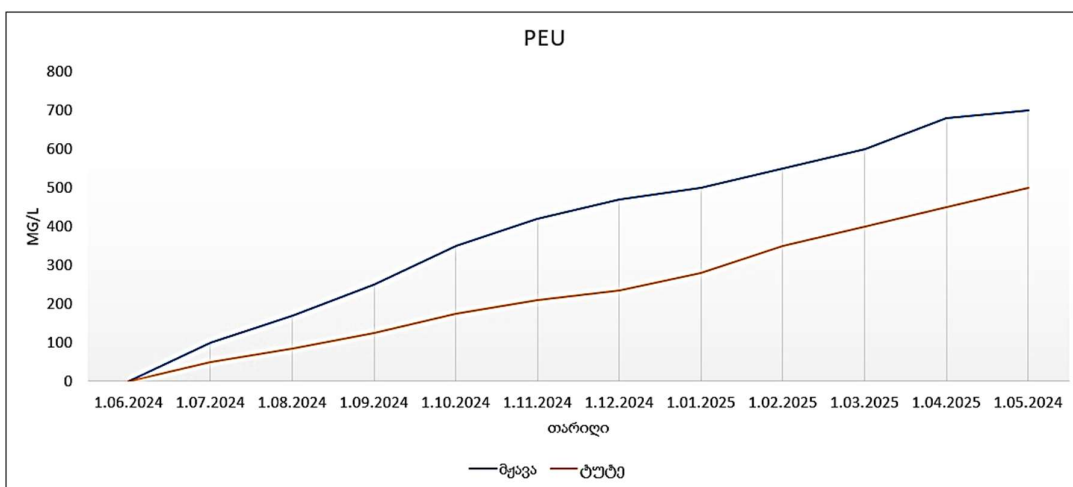
ექსპერიმენტის შედეგები, ხაზოვანი დიაგრამის სახით, წარმოდგენილია ქვემოთ:



დიაგრამა 1. პოლიმერული კომპოზიტის დეგრადაციის კვლევა, TOC ანალიზის შედეგი



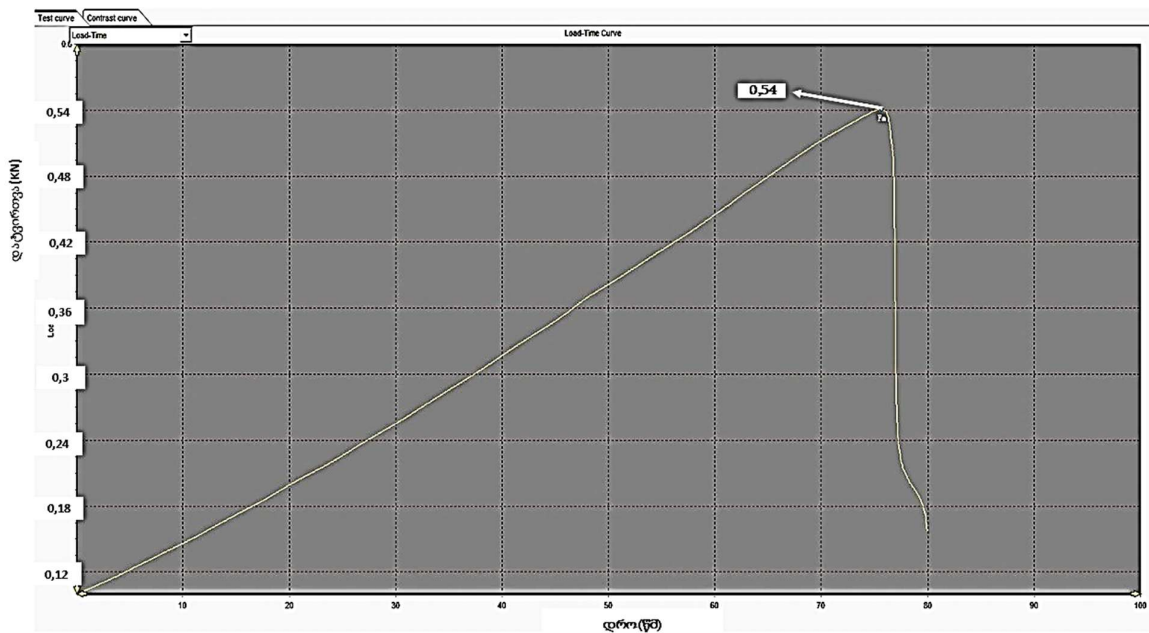
დიაგრამა 2. ეპოქსიდის დეგრადაციის კვლევა, TOC ანალიზის შედეგი



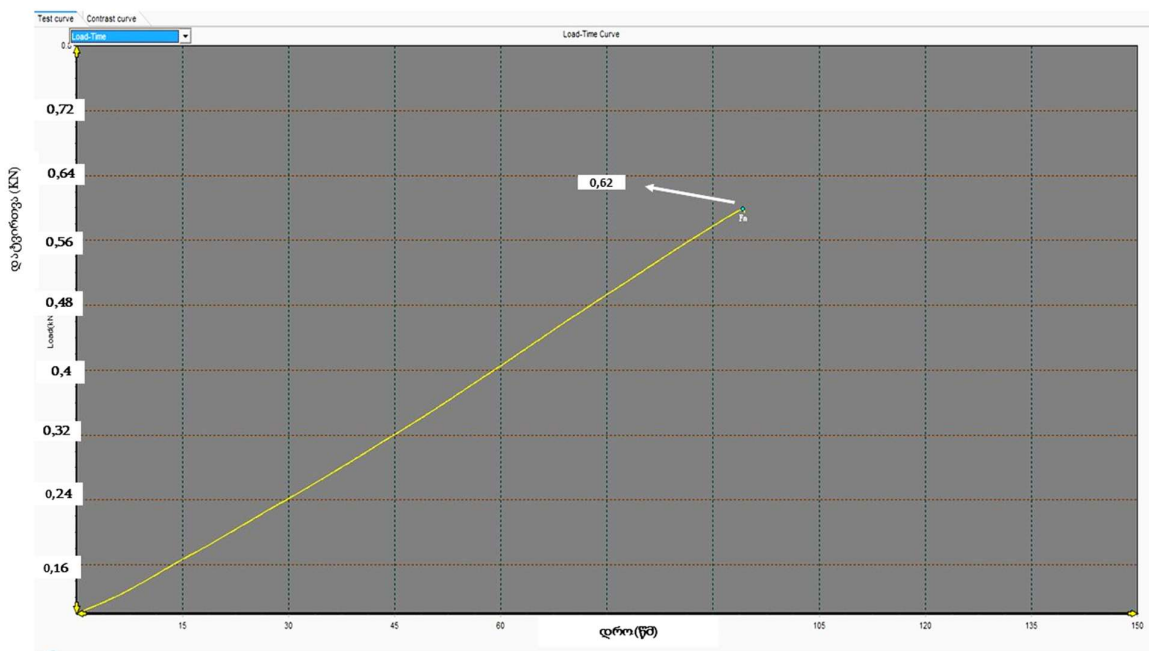
დიაგრამა 3. ბიოდეგრადირებადი პოლიმერის დეგრადაციის კვლევა, TOC ანალიზის შედეგი

როგორც ექსპერიმენტის შედეგებიდან ჩანს (იხ. დიაგრამა 1, 2 და 3), 12 თვიანი კვლევის ფარგლებში ყველაზე სწრაფად დაიშალა პოლიესტერშარდოვანა, როგორც მჟავა, ასევე ტუტე არეში, თუმცა მჟავა არეში დეგრადაციის მაჩვენებელი მნიშვნელოვნად აღემატებოდა ტუტე არეში დეგრადაციის მაჩვენებელს ($\text{TOC}(\text{pH}4) > 700 \text{ mg/L}$, $\text{TOC}(\text{pH}4) = 700 \text{ mg/L}$). სწორედ ეს ბიოდეგრადირებადი კომპონენტია, ამ შემთხვევაში ეპოქსიდის მამოდიფიცირებელი პოლიმერი, რომელიც მას ანიჭებს დეგრადაციის უნარს, როგორც ტუტე ასევე მჟავა გარემოში. მისი დეგრადაციის სიჩქარე აღემატება ეპოქსიდის დეგრადაციას, ხოლო ჩამორჩება პოლიესტერშარდოვანას. თორმეტთვიანი კვლევის ფარგლებში კომპოზიტი მჟავა არეში უფრო ინტენსიურად იშლებოდა ვიდრე ტუტე არეში ($\text{TOC}(\text{pH}4) \approx 630 \text{ mg/L}$, $\text{TOC}(\text{pH}4) \approx 450 \text{ mg/L}$). ხოლო ეპოქსიდური მატრიცა იმდენად მცირე დეგრადაციის მაჩვენებლით ხასიათდება, რომ ფაქტიურად შეგვიძლია უგულვებელყოთ. ექსპერიმენტის პროცესში ვიყენებით მხოლოდ 0-20 mg/L დიაპაზონის განსაზღვრის კიტს.

კვლევის ფარგლებში დამზადდა როგორც პოლიმერული კომპოზიტის ფირები, ასევე ეპოქსიდის ფირი, საიდანაც ამოიჭრა „რვიანის ფორმის“ ნიმუშები. განისაზღვრა მათი სიმტკიცე გაჭიმვისას (ხელსაწყო Electronic universal testing machine, model - XBD4104, serial: XBDC2019082102) (იხ. ნახ. 1 და 2).



ნახ. 1. ეპოქსიდის მატრიცის ძაბვა-დეფორმაციის მრუდი



ნახ. 2. პოლიმერული კომპოზიტის ძაბვა-დეფორმაციის მრუდი

კვლევის ფარგლებში გამოიცადა ჯამში 20 ნიმუში (თითოეული სახეობა 10-10). მიღებული შედეგები სტატისტიკურად დამიშავდა. უნდა აღინიშნოს, რომ PEU პოლიმერის შეყვანამ ეპოქსიდურ მატრიცაში გამოიწვია არამართო დეგრადაციის უნარის მინიჭება, არამედ გააუმჯობესა მისი მექანიკური მახასიათებელიც, სიმტკიცის მნიშვნელობა გაჭიმვისას (იხ. ცხრილი 1).

**ცხრილი 1. ეპოქსიდისა და პოლიმერული კომპოზიტის სიმტკიცის
მნიშვნელობები გაჭიმვისას.**

მახასიათებლები	ეპოქსიდი	კომპოზიტი
იუნგის მოდული (GPa)	3,5 ± 0.1	4.8 ± 1.1

ეპოქსიდზე დაფუძნებული კომპოზიტის მექანიკური მახასიათებელი (სიხისტე-იუნგის მოდული) დაახლოებით 37%-ით გაუმჯობესდა.

დასკვნები

კვლევის ფარგლებში დამზადებულია ბიოდეგრადირებადი პოლიმერული კომპოზიტი ეპოქსიდისა და პოლიესტერმარდოვანას საფუძველზე (შემცველობა ეპოქსიდი 98%, პოლიესტერმარდოვანა 2%).

შესწავლილია პოლიმერული კომპოზიტის დეგრადაციის უნარი. ამ მიზნით გამოყენებულია შემდეგი ანალიზური ქიმიის მეთოდები: TOC (საერთო ორგანული ნახშირბადის განსაზღვრის მეთოდი), ზედაპირის მორფოლოგიური ცვლილებების კვლევა ელექტრომიკროსკოპის გამოყენებით. მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით, უნდა ითქვას, რომ პოლიმერული კომპოზიტი განიცდის დეგრადაციას როგორც მჟავა, ასევე ტუტე გარემოში. კვლევის ფარგლებში არ ჩატარებულა მიკრობიოლოგიურ/ზუნებრივ ნიადაგში დეგრადაციის კვლევა დროის ლიმიტის გამო. ეს საკითხი კვლევის შემდგომ ეტაპს წარმოადგენს.

ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ ბიოდეგრადირებადი კომპონენტის შეყვანამ ეპოქსიდურ მატრიცაში გააუმჯობესა მისი მექანიკური მახასიათებლებიც, კონკრეტულად სიმტკიცის მნიშვნელობა გაჭიმვისას. კომპოზიტის მექანიკური მახასიათებელი (სიხისტე-იუნგის მოდული) დაახლოებით 37%-ით გაუმჯობესდა.

მადლიერება:

კვლევა წარმოადგენს სამაგისტრო ნაშრომის ნაწილს, რომელიც განხორციელდა სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტის მატერიალურ-ტექნიკურ ბაზაზე, პოლიმერული კომპოზიტების და მაღალტექნოლოგიური მასალების ლაბორატორიაში, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის, ქიმიის მაგისტრის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Chikhradze, N., Abashidze, G., Kvinikadze, S., Kirtadze, L., & Vanishvili, A. (2021). BIODEGRADABLE POLYMER COMPOSITE MATERIALS WITH HIGH MECHANICAL PROPERTIES. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, 21(6.1), DOI: 10.5593/sgem2021/6.1/s26.41 <https://doi.org/10.5593/sgem2021/6.1/s26.41>
2. Kvinikadze, S., Tsverava, D., Vanishvili, A., Katsarava, R., & Chikhradze, N. (2023). Synthesis and characterization of amino acid-based, eco-friendly materials. In International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEMConference) (6.1/s26.42). DOI: 10.5593/sgem2023/6.1/s26.42 <https://doi.org/10.5593/sgem2023/6.1/s26.42>
3. D'Arcy, P. (2016). Film performance of Poly(lactic acid) blends for packaging applications (Master's thesis, Rochester Institute of Technology). RIT Digital Institutional Repository. <https://repository.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1048&context=japr>
4. Baliashvili, G., Kvinikadze, S., Iashvili, T., Tsverava, D., & Vanishvili, A. (2024). DEVELOPMENT OF METAL-POLYMER LAMINATE WITH HIGH MECHANICAL PROPERTIES. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, 2024(6.1), DOI:10.5593/sgem2024/6.1/s24.04 <https://doi.org/10.5593/sgem2024/6.1/s24.04>
5. Kantaria, T., Kantaria, T., Vanishvili, A., Kvinikadze, S., Klinger, D., & Katsarava, R. (2023). Synthesis of New Degradable AB-Type Polyesters with 1,2,3-Triazole Rings in the Backbone via “Click” Step-Growth Polymerization. Asian Journal of Chemistry, 35(3), 649–654. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2023.27283>
6. Kvinikadze, S., Kirtadze, L., & Vanishvili, A. (2021). Eco-friendly polymer composites with high mechanical properties. *Papers*. <https://papers.eta.edu.ge/index.php/papers/article/view/4600>

Development and Characterization of a Biodegradable Composite Based on an Epoxy Matrix

Tamar Gvazava, Nazi Kutsiava

Georgian Technical University

Abstract

Polymer waste pollution is considered one of the most pressing environmental problems of our time. The increasing global demand for packaging materials has led to a record amount of polymer waste. One way to mitigate this problem is presented in the 10th principle of "Green Chemistry," which emphasizes the use of eco-friendly and environmentally harmonious technologies. This approach is directly associated with the production of biodegradable materials.

Among degradable polymers, materials that break down into harmless, biocompatible fragments under the influence of a biological environment (such as living organisms or microorganisms present in the environment) are particularly important. Such materials are called biodegradable polymers. The environmental advantages and functional versatility of biodegradable polymers are the reasons for their rapidly increasing demand in the market.

Within the framework of the presented research, a biodegradable polymer composite was obtained based on epoxy and amino acid polyester-urea.

The degradation capability of the polymer composite was investigated using the following analytical chemistry methods: TOC (Total Organic Carbon determination method), IR (Infrared Spectroscopy, for assessing structural changes in the sample), and surface morphological changes using electron microscopy. Based on the obtained results, it can be stated that the polymer composite undergoes degradation in both acidic and alkaline environments. Due to time limitations, microbiological/natural soil degradation studies were not conducted within this research; this issue represents the next stage of the study.

It should also be noted that the introduction of the biodegradable polymer component into the epoxy matrix improved its mechanical properties, specifically the tensile strength. The composite's mechanical characteristic (stiffness - Young's modulus) improved by approximately 37%.

Keywords: Biodegradable polymers, Synthesis, Property investigation, Mechanical properties, Biodegradation.