

თამარ გაგნიძე

ავტორეფერატი

ქალაქდსაფუძვლიანი დოკუმენტების
გაწმენდა - გარეცხვა - ნეიტრალიზაციის
ქიმიური პროცესების კვლევა

საავტორო უფლება ©2014 წელი, გაგნიძე თამარი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის
ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიის დეპარტამენტზე
სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფესორი რევაზ კლდიაშვილი

რეცენზენტები: -----

დაცვა შედგება ----- წლის ”-----” -----, ----- საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და
მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს
სხდომაზე, კორპუსი -----, აუდიტორია -----

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს
ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი -----

თემის აქტუალურობა: წარმოდგენილი სადოქტორო ნაშრომი, ქალაქდსაფუძვლიანი დოკუმენტების რესტავრაციის უმნიშვნელოვანესი საკითხის, დოკუმენტების ნეიტრალიზაციის პროცესის სამეცნიერო კვლევაა. საარქივო დოკუმენტების შენახვის პროცესში, მათი სიძველიდან გამომდინარე, მატულობს მჟავიანობა, როგორც საბუთის ზედაპირზე, ასევე მის სტრუქტურაში მიმდინარე ცვლილებების შედეგად. სწორედ მომატებული მჟავიანობა წარმოადგენს დოკუმენტის დაშლა-დაღუპვის უმთავრესს მიზეზს. ამ თვალსაზრისით წარმოდგენილი სამუშაო მეტად აქტუალურია რესტავრაციის სფეროსათვის. კვალიფიციურად ჩატარებული სარესტავრაციო-საკონსერვაციო სამუშაოები განაპირობებს ჩვენი ერის დოკუმენტური მემკვიდრეების შენარჩუნებასა და ხანგამძლეობას.

სამუშაოს მიზანი: სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა ქალაქდსაფუძვლიანი დოკუმენტების ქიმიური დამუშავების ისეთი მეთოდის შემუშავება, რომელიც გააერთიანებდა რესტავრაციის პროცესში ტრადიციულად მიღებულ, ზოგადად დამოუკიდებელ რამოდენიმე პროცედურას. დოკუმენტის გარეცხვა, გათეთრება და ნეიტრალიზაცია ცალკეული სარესტავრაციო-საკონსერვაციო პროცესებია. თითოეული მათგანი შტომატევადია და შესაბამისად დროის დიდ ხარჯს მოითხოვს. პროცესებში მონაწილე ქიმიკატების აქტიურობიდან და მათი დასამუშავებელ მასალასთან საკონტაქტო დროის ხანგრძლივობის გამო იქმნება მეორადი დაზიანებების წარმოქმნის საშიშროება.

წარმოდგენილი მეთოდი აერთიანებს რა ზემოთ აღნიშნულ სამ პროცედურას ერთ პროცესში, მინიმუმამდე დაჰყავს მასალის მეორადი დაზიანების ალბათობა, გამოყენებული ქიმიური რეაგენტებისა და დამუშავების დროის სიმცირის გამო.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები: კვლევის ობიექტს წარმოადგენს XVIII საუკუნის ძველნაბეჭდი საეკლესიო წიგნის სარესტავრაციო გვერდები, ასევე

სხვადასხვა პერიოდის საბუთებიდან ამოღებული მერქნისა და ჩვრის ცელულოზის ქაღალდის ნიმუშები. მათი დამუშავება ჩატარდა სრესტავრაციო მეთოდიკით განსაზღვრული ყველა საფეხურის დაცვით: 1. მშრალი წესით დამუშავება; 2. დაზიანებების და დაბინძურებების დიაგნოსტიკა; 3. ტექსტის ტესტირება ხსნადობაზე; 4. ტექსტის გამაგრება; 5. ფურცლის მჟავიანობის განსაზღვრა; 6. გარეცხვა, გათეთრება, ნეიტრალიზაცია.

ნაშრომის ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე: შემუშავდა დოკუმენტების გარეცხვა – ნეიტრალიზაციის ახალი, ხუთსაფეხურიანი ტექნოლოგიური სქემა და მოხდა ამ მეთოდის ქიმიურ-ლაბორატორიული კვლევის პროცესის სრულყოფა.

წარმოდგენილი სადოქტორო მეცნიერული თემის სიახლეა: არსებული გარეცხვა-გათეთრება-ნეიტრალიზაციის მეთოდებისგან განსხვავებით, ამ სქემით ერთდროულად მიმდინარეობს, როგორც საბუთის გარეცხვა-გათეთრება, ასევე მისი მჟავიანობის ნეიტრალიზაცია, რაც ტრადიციულად მიღებულია, დამოუკიდებელ პროცედურებად;

ექსპერიმენტი ჩატარდა, როგორც ჩვრის, ასევე მერქნის ცელულოზის შემცველ ქაღალდზე. ორივე სახის მასალის ნეიტრალიზაციის პროცესი მაქსიმალური შედეგით დასრულდა.

არსებული მეთოდებისაგან განსხვავებით ეს პროცესი მოითხოვს მცირე დროს, შესაბამისად მცირდება პროცესში მონაწილე ქიმიური ნივთიერებების დოკუმენტთან საკონტაქტო პერიოდი, რაც სარესტავრაციო მასალას იცავს ზედმეტი დაზიანებისაგან;

შემუსავებული გარეცხვა-გათეთრება-ნეიტრალიზაციის მეთოდი ერთდროულად გარკვეული რაოდენობის დოკუმენტის დამუშავების საშუალებას იძლევა;

სარესტავრაციო მასალების ქიმიური დამუშავების პროცესი, საჭიროების შემთხვევაში, შესაძლოა განმეორდეს მაქსიმალური შედეგის ($\text{pH} = 6.6\text{--}7$) მიღებამდე, ისე რომ დოკუმენტი არ დაზიანდეს.

შედეგების გამოყენების სფერო: საარქივო და საბიბლიოთეკო ფონდების რესტავრაცია-კონსერვაციის დარგი.

ცნობები დისერტაციის მოცულობისა და სტრუქტურის შესახებ: დისერტაცია მოიცავს 116 გვერდს, შესრულებულია A4 ფორმატის (297×210 მმ) ფურცელზე, 80 გ/მ² სიმკვრივის ქაღალდზე. ორიენტაცია – ვერტიკალური.

შედგება შესავალის, ლიტერატურული მიმოხილვისა, კვლევის შედეგების ამსახველი თავისა და დასკვნისაგან.

ნაშრომს ერთვის ციტირებული ლიტერატურის ნუსხა (47 დასახელება). მასალა წარმოდგენილია 6 ცხრილის, 4 ნახაზისა და გარეცხვა-გათეთრება-ნეიტრალიზაციის ტექნოლოგიური სქემის სახით.

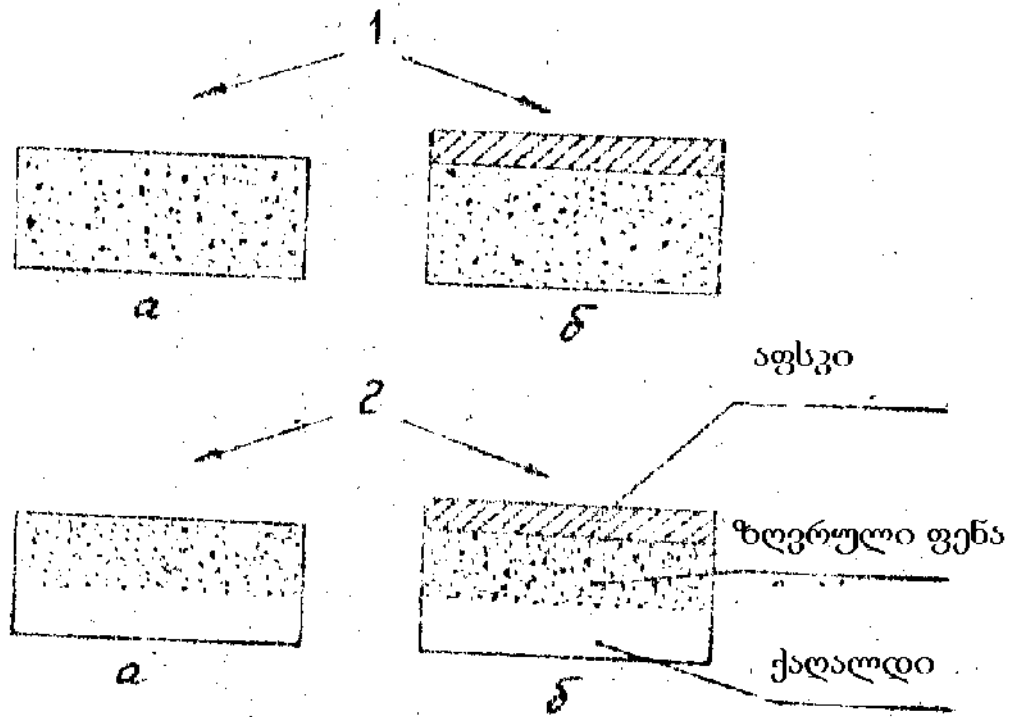
აპრობაცია: სადოქტორო ნაშრომის მნიშვნელოვანი ასპექტები წარმოდგენილი იყო სამ საერთაშორისო კონფერენციაზე:

1. რესტავრატორთა საერთაშორისო I კონფერენცია, თბილისი, 2012წ. 17-20 აპრილი.
2. ახალგაზრდა მეცნიერთა II საერთაშორისო კონფერენცია, თბილისი, სტუ, 2012 წ., 21-23 აპრილი.
3. რესტავრატორთა საერთაშორისო II კონფერენცია, თბილისი, 2013წ.

შინაარსი

ქალაქსაფუძვლიანი დოკუმენტების ნეიტრალიზაცია დაკავშირებულია სველი წესით დამუშავებასთან სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებების ზემოქმედებით, ამდენად აუცილებელია დოკუმენტის ტექსტის სტაბილიზაცია. ეს შესაძლებელია როგორც ქიმიური ასევე ფიზიკური ფიქსაციების გამოყენებით გამომდინარე ტექსტის სახეობიდან.

წინასწარი დიაგნოსტიკების შედეგად, საჭიროების მიხედვით ვახდენთ ქალაქის საფუძვლის გაჟღენთვას სტრუქტურის გამყარების მიზნით. გამჟღენთი ნივთიერების შეყვანა წარმოდგენილია ნახ.1.



ნახ. 1. გამჟღენთი ნივთიერების შეყვანა ქალაქში

1 - გამჟღენთი ნივთიერება სრულად გაუჟდა ქალაქს აფსკის წარმოქმნის გარეშე (a) და აფსკის წარმოქმნით (b); 2- გამჟღენთი ნივთიერება ნაწილობრივ გაუჟდა ქალაქს აფსკის წარმოქმნის გარეშე (a) და აფსკის წარმოქმნით (b);

ქალაქში არსებული ლაქების სახეობებიდან გამომდინარე ხდება ლაქების გამხსნელი ქიმიკატების შერჩევა მათი მოცილების მიზნით.

ცხრილი 1. გამხსნელების ეფექტური მოქმედება ცხიმოვან ლაქაზე

გამხსნელი	სხადასხვა ცხიმების გასუფთავების ხარისხი (ბალებში)									
	მცენარეული ზეთი	ცხოველური ცხიმი	ძვლის ზეთი	თევზის ქონი	სამანქანო ზეთი	ფუტკრის დინ დგელი	პარაფინი	მზესუმზირის ზეთი	ლიანის ზეთი	ოლივა
ბენზოლი	5	4	4-5	5	5	3-4	4	3	1-2 ⁸⁸	1-2 ⁸⁸
აცეტონი	3	3	3	5	5	2	2	2	1	1
ეთილის ეთერი	5	5	5	5	5	2	3	2	2	2
ქლოროფორმი	3	5	3	5	5	3	3-4	3	1	1
ოთხქლორიანი ნახშირბადი	4	4	5	5	5	3-4	2	3	1	1
ტეტრაქლორე- თილენი	4-3	4	3	5	4-5	4	5	1	-	-
დიქლორეთანი	5	5	5	5	5	2	3	1	-	-
ბენზინი	5	5	5	5	4-5	3-4	5	1	-	-
უაითსპირიტი	5	5	5	5	4-5	3-4	5	1	-	-
მეთილალლი	4	3-4	4	5	5	4	2-3	3	2	3-2
ეთილაცეტატი	5	5	5	5	5	4	3	4	2	2
ბუთილაცეტატ	5	5	5	5	5	4	3	3-2	2	2
პირიდინი	5	5-4 ⁸⁸	5	5-4 ⁸⁸	5	3-5 ⁸⁸	3-5 ⁸⁸	3-4 ⁸⁸	2-3 ⁸⁸	3
პინენი	5	5	4-5 ⁸⁸	5	5	4-5 ⁸⁸	5	2-3	2	2
ეთილაცეტატი- ეთილ. ეთ.(1:1)	5	4	5-4	5	5	3	2	3	2	2
ბებზ.-ოთხ- ქლორ. ნახშ.(1:1)	4	5-1	5	5	5	3-4	2	3-2	-	-
ბენზოლ-ეთილ- ის სპირტი (1:1)	5	5	5	5	5	4	5	-	-	-
ბენზინ-აცეტონ- ის (1:1)	3	2	2	5	5	3-4	4	3-2	1	1
ბენზ.აცეტო- ეთილ.სპირტ-წყ (1,4:1:1:0,6)	5	4	4	5	5	3	3	3-2	2	2

სხვადასხვა სახეობის ლაქებზე გამოიყენებნა განსხვავებული გამხსნელები, უნდა იქნეს გათვალისწინებული ის ფაქტორიც, რომ ზოგიერთი ორგანული გამხსნელის ხანგრძლივი მოქმედებისას ქაღალდზე, ამცირებს მის სიმტკიცეს და შესაძლოა დაშლაც გამოიწვიოს.

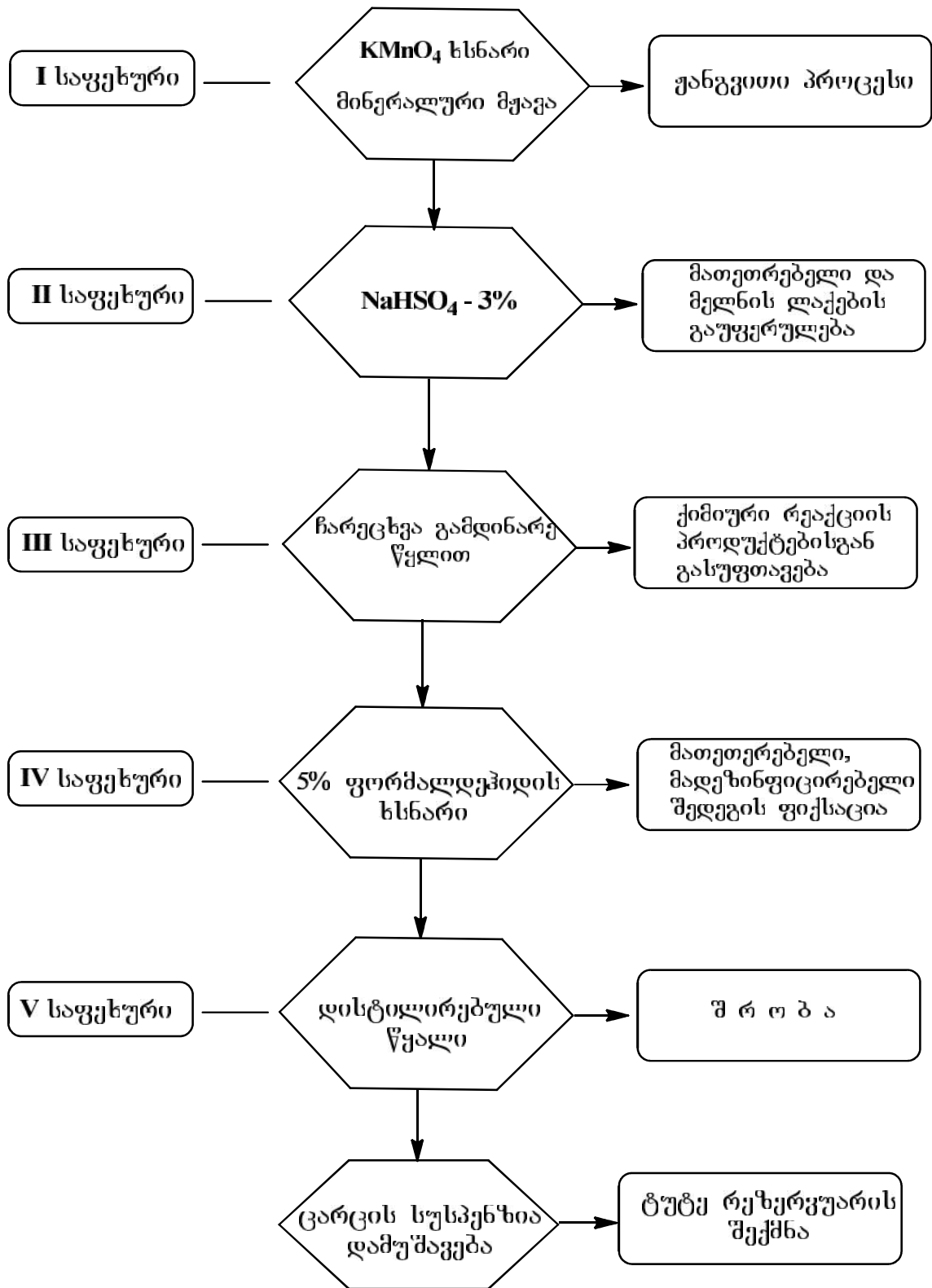
ცხრილი 1 ასახავს გამხსნელების მოქმედების ეფექტურობას ცხიმის კვალის ამოღებისათვის.

ხელნაწერი და სხვა სახის დოკუმენტების გარეცხვა-ნეიტრალიზაციის მეთოდი, რომელიც ჩვენი კვლევის საგანს წარმოადგენს შედარებით უსაფრთხოა ქაღალდისათვის, საჭიროებს დამუშავების ნაკლებ დროს, ამასთან აერთიანებს როგორც გარეცხვის, ასევე ნეიტრალიზაციის პროცესსაც და შედეგიც საკმაოდ მაღალია, რადგან დაბალი pH-ის მქონე დოკუმენტის ასეთი დამუშავების შემდეგ pH 6,5-7 ხდება, ქაღალდის ზედაპირი გასუფთავებულია და მკვეთრად გაუფერულებულია. მეთოდის უპირატესობად ითვლება ისიც, რომ იგი შეიძლება მრავალჯერადი იყოს სასურველი შედეგის მიღებამდე, თუმცა ამის აუცილებლობა მხოლოდ გამონაკლის შემთხვევებშია. საჭიროებს მინიმალური რაოდენობის ქიმიკატებს და ერთ ჯერზე მუშავდება რამოდენიმე ფურცელი, ეს რაოდენობა აბაზანის ზომაზეა დამოკიდებული. მნიშვნელოვანია პროცესის ჩატარებამდე დოკუმენტის მექანიკური გაწმენდა, მტვრის მოცილება, ცხიმის ლაქების დამუშავება და ა.შ. მნიშვნელოვანია, რომ მეთოდი მუშაობს როგორც მერქნის არე. პროცესი მიმდინაეობს 4 ემალირებულ აბაზანაში შემდეგი მიმდევრობით: /ვე ჩვრის ცელულოზის ქაღალდზე. I აბაზანაში ვასხამთ I აბაზანაში ვასხამთ დისტილატს, რომელშიც 1%-იანი $KMNO_4$ (კალიუმის პერმანგანატის) ხსნარი და 0,1%-იანი H_3PO_4 ორთოფოსფორმჟავას ხსნარია გახსნილი. აბაზანებში შეგვიძლია ჩავტვირთოთ რამოდენიმე საბუთი ერთდროულად, იქამდე, სანამ პერმანგანატის ხსნარი არ შეიცვლის შეფერილობას და ღია იისფერიდან არ გადავა მოყვითალო-მოყავისფრო ფერში, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ ხსნარი გამოსაცვლელია.

საბუთს ამ ნარევი ვაყოვნებთ 5 წუთის განმავლობაში, შემდეგ გადაგვაქვს მეორე აბაზანაში ლაქების მოსახსნელად 3%-იანი $NaHSO_4$ (ნატრიუმის ჰიდროსულფატი ანუ მჟავე გოგირდმჟავა ნატრიუმი)-ის ხსნარია გახსნილი და ვაყოვნებთ 5წთ-ის განმავლობაში. შემდეგ ხდება 15-20 წუთის განმავლობაში გამდინარე წყლით საბუთის ჩარეცხვა და მესამე აბაზანაში საბუთის გადატანა, სადაც გვაქვს 5%-იანი ფორმალინის ხსნარი (CH_2O) ფორმალდეჰიდი იგივე ჭიანჭველმჟავას ალდეჰიდი), 5-10 წუთის შემდეგ საბუთი გადადის მეოთხე აბაზანაში, სადაც დისტილატში ვაჩერებთ 10 წუთის განმავლობაში. თუ გათეთრება-გარეცხვის ხარისხი არ გვაკმაყოფილებს, პროცესი შესაძლოა გავიმეოროთ ასეთი დამუშავების შემდეგ თუ მჟავიანობის ტიტრი კვლავ მაღალია, საბუთი გასანეიტრალეზად გადაგვაქვს კიუვეტში, სადაც გვაქვს უკვე ცნობილი ბორატული ბუფერი და ვაყოვნებთ 15-20 წუთის მანძილზე. შემდეგ საბუთს ვათავსებთ ფილტრის ქაღალდებს შორის და ვაშრობთ $30-35^{\circ}C$ -ზე აპარატ APC-S-ში გატარებით.მდგრადტექსტიანი საბუთებისათვის ბუფერად შეგვიძლია გამოვიყენოთ ზემოთ განხილული ცარცის ბუფერი.

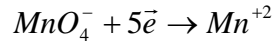
ქაღალდსაფუძვლიანი დოკუმენტების გარეცხვა-ნეიტრალიზაციის წარმოდგენილი მეთოდი შედგება 5 საფეხურისგან. მათი თანმიმდევრული განხორციელებით ვიღებთ სასურველ შედეგს. თითოეული მათგანი მიმდინარეობს 4 კიუვეტში ან ემალირებულ აბაზანაში, პირობითად მათი თანმიმდევრობა გამოსახულია სქემაზე (იხ. სქემა 1).

I საფეხურზე აბაზანაში ვასხამთ $KMnO_4$ (კალიუმის პერმანგანატის) ხსნარს და იმდენ ორგანულ მჟავას, რომ ხსნარის კონცენტრაცია მჟავას მიმართ შეადგენდეს 0,1%-ს. აბაზანაში შეგვიძლია ჩავტვირთოთ რამდენიმე საბუთი ერთდროულად, იქამდე, სანამ პერმანგანატის ხსნარი არ შეიცვლის შეფერილობას და ღია სფეროდან არ გადავა მოყვითალო-მოყავისფრო ფერში, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ ხსნარი გამოსაცვლელია. საბუთს ამ ნარევი გარკვეული დროით ვაყოვნებთ.



გარეცხვა - ნეტრალიზაციის პროცესის სქემა

ცხადია, პირველ აბაზანაში მიმდინარე პროცესს საფუძვლად უდევს $KMnO_4$ (კალიუმის პერმანგანატის) უნარი, სუსტ მჟავა გარემოში განახორციელოს ჟანგვითი პროცესი. ამ რეაქციის შემოკლებული იონური ტოლობა შესაძლებელია წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:



სწორედ ეს რეაქცია იწვევს პერმანგანატის ხსნარის შეფერილობის მკვეთრ ცვლილებას. საბუთის ზედაპირზე არსებული დასაჟანგი ნივთიერებების (დაბინძურების) შესაძლო სახეობები აღწერილია თემის ლიტერატურულ ნაწილში.

ცხადია I აბაზანაში დამუშავებული ნიმუში, ქალაღის ფოროვანი სტრუქტურიდან გამომდინარე, საჭიროებს შემდეგ დამუშავებას გათეთრების მიზნით, ამასთან ($KMnO_4$) კალიუმის პერმანგანატის ხსნარი ვერ ახდენს საბუთზე არსებული მეღნის ლაქების გაუფერულება-გაქრობას. სწორედ ამ მიზნით, დასამუშავებელი ნიმუში გადაგვაქვს II აბაზანაში, სადაც 3%-იანი $NaHSO_4$ ნატრიუმის ჰიდროსულფატი ანუ მჟავე გოგირდმჟავა ნატრიუმის ხსნარია და კვლავ გარკვეული დროით ვაყოვნებთ. ზოგადად, გათეთრების პროცედურებისას ამ ხსნარს იყენებენ მეღნის ლაქების მოხსნის მიზნით, რადგან იგი კარგად აუფერულებს მას (იხ. ლიტ. ნაწილი), ამასთან იგი აშორებს პირველ აბაზანაში მიმდინარე რეაქციის ნარჩენებსაც. უფრო მაღალი კონცენტრაციის $NaHSO_4$ -ის ხსნარის გამოყენება საფრთხეს უქმნის ქალაღზე გამოსახულ ტექსტს და შესაძლებელია მისი ინტესივობის გაკროთმა ან სრულად გაუფერულება გამოიწვიოს. ეს გამოყენებული მეღნის სახეობასა და შემადგენლობაზეა დამოკიდებული.

შემდეგი პროცედურა საბუთის გამდინარე წყლით ჩარეცხვას ითვალისწინებს და იგი 15-20 წთ-ის განმავლობაში მიმდინარეობს. ამ დროს ხდება წინა ორ აბაზანაში მიმდინარე რეაქციის პროდუქტების სრული ჩარეცხვა, რათა არ დარჩეს რაიმე ზედაპირზე და დამშლელი ზეგავლენა არ

მოახდინოს საბუთზე დროთა განმავლობაში, ასევე ჩარეცხვისას გარკვეულწილად ნეიტრალდება საბუთის ზედაპირზე არსებული მჟავიანობა. დასველების დროს მყარდება თვით ქაღალდის სტრუქტურა. ეს პროცესი დიდი სიფრთხილით უნდა ჩატარდეს, დაუშვებელია წყლის პირდაპირი ნაკადის მიშვება ქაღალდზე, რამაც შეიძლება საბუთის მექანიკური დაზიანება გამოიწვიოს (ჩაიხეს ან დაზიანებული ფრაგმენტი სრულად მოსცილდეს). სასურველია საბუთი სპეციალური ცხაურების გამოყენებით ჩაირეცხოს და წყლის თანაბარი განაწილება მოხდეს მთელს ზედაპირზე. ამის შემდეგ ნიმუში III აბაზანაში გადადის, სადაც 5%-იანი ფორმალდეჰიდის ხსნარი გვაქვს დისტილირებულ წყალში. აქაც გარკვეული დროით ვაყოვნებთ. ეს პროცესი, ერთის მხრივ დამატებით მათეთრებელ ეფექტს ახდენს, მეორეს მხრივ დეზინფექტანტის ფუნქციაც აკისრია.

IV საფეხურზე ნიმუში გადადის დისტილირებულ წყლიან აბაზანაში, სადაც ვაყოვნებთ 10-15 წთ. წარმოდგენილი გარეცხვა-განეიტრალების პროცესის განმსაზღვრელი ფაქტორებია:

1. I აბაზანაში $KMnO_4$ -ის კონცენტრაცია, რაც განსაზღვრავს ქაღალდის ზედაპირზე ორგანული და არაორგანული ნივთიერებების რომლებიც აბინძურებენ ქაღალდის ზედაპირს და მიმდინარე გარდაქმნების შედეგად ზრდიან მჟავიანობას, როგორც ზედაპირზე, ასევე თვით ქაღალდის სტრუქტურაში, ჟანგვით პროცესებს.
2. ჟანგვით პროცესში მონაწილე მჟავასა და მისი კონცენტრაციის შერჩევა.
3. სამუშაო ხსნარში ფურცლის დაყოვნების დრო. იგი განისაზღვრება ჟანგვითი პროცესების მაქსიმალური მიმდინარეობით, რაც აისახება ფურცლის ზედაპირის გასუფთავებაზე.

4. გარეცხვა-ნეიტრალიზაციის პროცესში მონაწილე, შერჩეული კონცენტრაციის $KMnO_4$ -ის 1ლ ხსნარის გამოყენების მაქსიმალური შესაძლებლობა, ფურცლის ზომასთან მიმართებაში.

ექსპერიმენტის მიზანი იყო:

1. დაბინძურებული ხელნაწერის გარეცხვა-გათეთრება, რაც ზოგადად ერთმანეთისგან დამოუკიდებელი პროცესებია წარმოდგენილი მეთოდით ერთდროულად მიმდინარეობს.

2. ქალაქში არსებული საწყისი მჟავა გარემოს მაქსიმალური ნეიტრალიზაცია.

ექსპერიმენტის I ეტაპი: I აბაზანაში სამუშაო ხსნარისთვის $KMnO_4$ -ის ოპტიმალური კონცენტრაციის დადგენა. დამზადდა ძირითადი $KMnO_4$ -იან ხსნარი, რომლისგანაც განზავების გზით მივიღეთ სხვადასხვა შედარებით დაბალი სამუშაო ხსნარი, კერძოდ: ა) 300 მგ/ლ; ბ) 500 მლ/ლ; გ) 700 მლ/ლ.

1. ხსნარის კონცენტრაცია 300 მგ/ლ ანუ ექსპერიმენტისათვის მიმდინარეობის ზღვარი შერჩეული იქნა იმ მოსაზრებით, რომ ნაკლებად კონცენტრირებული ხსნარი ფაქტიურად გამოუსადეგარია ფურცლის გარეცხვის პროცესის წარმართვისათვის.

2. 700 მგ/ლ $KMnO_4$ -ის კონცენტრაციისას, მართალია ჟანგვითი პროცესები სრულად წარიმართა, რასაც ფურცლის ზედაპირის ნეიტრალიზაცია ადასტურებს, თუმცა ფურცლის ბუნებრივი ფერი შესამჩნევად გამუქდა და არც შემდეგ აბაზანებში დამუშავებითა და ჩარეცხვით მოხდა ფურცლის ზედაპირის გათეთრება. ამგარდ, ეს კონცენტრაცია საკმაოდ მაღალია და ქალაქის დამუშავების მიზნით მისი გამოყენება დაუშვებელია.

3. ექსპერიმენტის შედეგებმა გამოავლინა, რომ $KMnO_4$ -ის ყველაზე ოპტიმალური კონცენტრაცია I აბაზანისთვის არის 500 მგ/ლ \approx 0,5 გ/ლ.

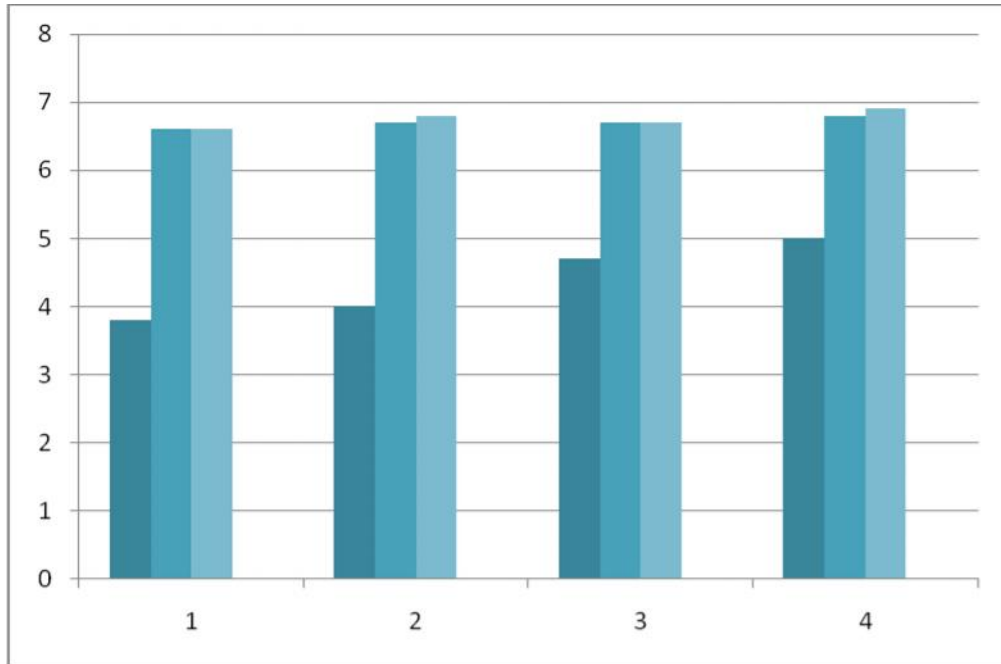
ექსპერიმენტის II ეტაპი: ექსპერიმენტის მიზანი იყო აბაზანაში $KMnO_4$ -თან ერთად ჟანგვის პროცესში მონაწილე მჟავას შერჩევა. ცდები ჩატარებულ

იქნა ორი მჟავის, H_3PO_4 და H_2SO_4 -ის მიმართ. საწყისი სამუშაო ხსნარის მოცულობა შეადგენდა 100 მლ-ს. მასში გახსნილი $KMnO_4$ -ის კონცენტრაცია კი 500 მგ/ლ-ს, ფურცლის დაყოვნების დრო 5 წთ-ს. პარალელურ რეჟიმში აღებულ იქნა თანაბარი ზომის, სხვადასხვა დაბინძურების ხარისხისა და შესაბამისად სხვადასხვა მჟავიანობის მქონე 4 ნიმუში (სარესტავრაციო ფურცელი). დამზადდა ორი სახის სამუშაო ხსნარი, ერთ შემთხვევაში $KMnO_4$ -თან ერთად ხსნარში შევიყვანეთ H_3PO_4 (შესაბამისად ხსნარში მჟავის კონცენტრაცია 0,1%-ია), მეორე შემთხვევაში იგივე კონცენტრაციის H_2SO_4 . მჟავას ცვლილებების გავლენა ფურცლის საბოლოო მჟავიანობაზე მოცემულია №2 ცხრილში.

ცხრილი 2. მჟავას ცვლილების გავლენა ნიმუშის საბოლოო pH-ზე

№	ნიმუშის საწყისი pH	0,1% H_3PO_4 შემთხვევაში ნიმუშის საბოლოო pH	0,1% H_2SO_4 შემთხვევაში ნიმუშის საბოლოო pH
1	3,8	6,6	6,6
2	4	6,7	6,8
3	4,7	6,7	6,7
4	5	6,8	6,9

ცხრილის საფუძველზე აგებული იქნა დიაგრამა, რომელიც წარმოდგენილია ნახ.2.



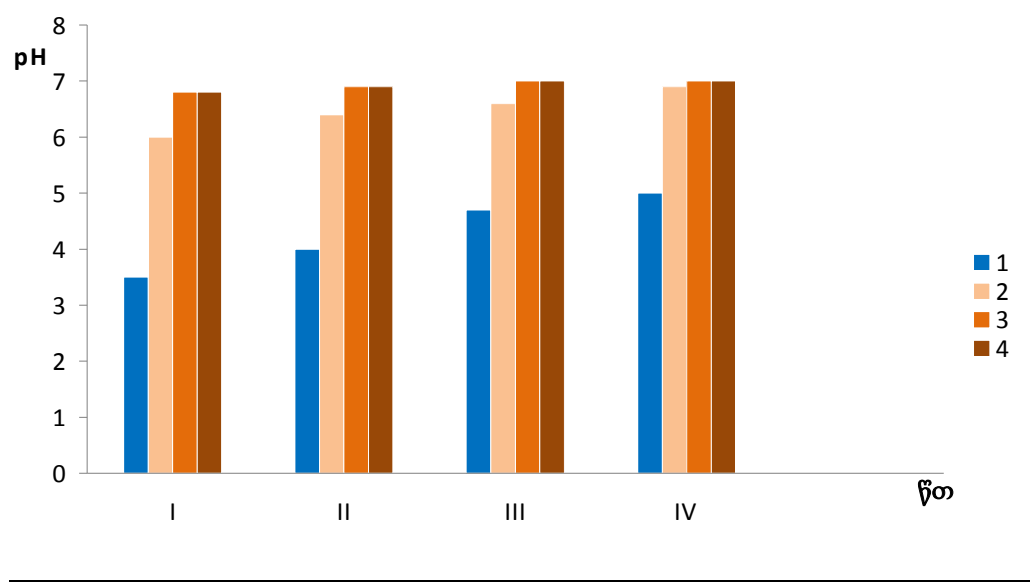
ნახ.2. მჟავას ცვლილების გავლენა ნიმუშის საბოლოო pH-ზე

როგორც ექსპერიმენტის შედეგებიდან ირკვევა მჟავას ცვლილებამ არ მოახდინა არსებითი გავლენა საბოლოო ნეიტრალიზაციის შედეგებზე, მაგრამ გამოიკვეთა ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი - H_2SO_4 -იან გარემოში უფრო ინტენსიურად წავიდა ქალაღდის ზედაპირზე ჭუჭყის ჟანგვის პროცესი. ფოსფორმჟავასთან H_3PO_4 -იან გარემოში მოთავსებულ ზოგიერთ ნიმუშზე ვიზუალურად გამოიკვეთა გარკვეული ლაქების არასრულად გაუფერულება-გაქრობა, ამიტომ ამ ფურცლებისთვის საჭირო გახდა პროცესის განმეორებით ჩატარება, რასაც გოგირდმჟავის (H_2SO_4)-ის გამოყენების შემთხვევაში ადგილი არ ჰქონდა. ცხადია გამოიკვეთა, პროცესში გოგირდმჟავას (H_2SO_4)-ის გამოყენების უპირატესობა ფურცლის საერთო გარეცხვა-გასუფთავებისთვის.

III. ექსპერიმენტის მიზანია: ნეიტრალიზაციის პროცესის I აბაზანისთვის ფურცლის ხსნარში დაყოვნების ოპტიმალური დროის შერჩევა. ამისათვის ჩავატარეთ სამი ცდა. 1 ცდის შემთხვევაში დროის მონაკვეთი იქნა აღებული 5 წუთი. მე-2 ცდის შემთხვევაში დრო გავზარდეთ 10 წთ-მდე და მე-3 ცდისთვის

საკონტროლო დრო ავიღეთ 15 წუთი. ანუ შესაბამისად სამივე ცდისთვის, I აბაზანაში, სადაც $KMnO_4$ -ისა და H_2SO_4 -ის ხსნარი გვაქვს და II აბაზანაში სადაც $NaHSO_4$ -ის ხსნარით ხდება ფურცლის დამუშავება, ნიმუშის ხსნართან კონტაქტის დრო იყო 5 – 10 – 15 წუთი. ცდისთვის აღებული იქნა განსხვავებული საწყისი pH-ის დაბინძურების ხარისხისა და შეფერილობის, ერთნაირი ზომის ოთხი ნიმუში.

ექსპერიმენტის შედეგები წარმოდგენილია 5 ცხრილში და გამოსახულია ნახ. 3-ზე.



ნახ. 3. ხსნარში ნიმუშის დაყოვნების დროის გავლენა მის საბოლოო pH მაჩვენებელზე

ცხრილი 3. ხსნარში ნიმუშის დაყოვნების დროის გავლენა მის საბოლოო pH მაჩვენებელზე

ნიმუშის №	ნიმუშის საწყისი pH	ნიმუშის საბოლოო pH 5 წთ-იანი დაყოვნების დროს	ნიმუშის საბოლოო pH 10 წთ-იანი დაყოვნების დროს	ნიმუშის საბოლოო pH 15 წთ-იანი დაყოვნების დროს
1	3,5	6	6,8	6,8
2	4	6,4	6,9	6,9
3	4,7	6,6	7	7
4	5	6,9	7	7

როგორც ცხრილი 5-ის მიხედვით შედგენილი სვეტოვანი დიაგრამიდან სჩანს, ნიმუშის ხსნარში 10 წუთამდე დაყოვნებამ მოგვცა ნიმუშის სრული ნეიტრალიზაცია.

ამდენად, ნიმუშის ხსნარში დაყოვნების დროის შემდეგი ზრდა აუცილებლობას არ წარმოადგენს, რადგან მაქსიმალური შედეგი 10 წთ-ის შემთხვევაში მიღწეულია და ამით ავიცილებთ თავიდან ქალაქდზე ქიმიური ხსნარის ზედმეტად ზემოქმედებას.

IV ექსპერიმენტი გოგირდმჟავას (H_2SO_4)-ის ოპტიმალური კონცენტრაციის შერჩევა ჟანგვითი პროცესისათვის I აბაზანაში.

ექსპერიმენტისთვის აღებული იქნა ოთხი ერთნაირი ზომის ნიმუში, რომელთა საწყისი pH=4. $KMnO_4$ -ის კონცენტრაცია შეადგენდა 500 მგ/ლ. ნიმუშის ხსნართან საკონტაქტო დრო შეადგენდა 10 წთ-ს, რის შედეგადაც განისაზღვრა ნიმუშების საბოლოო pH და ნამუშევარ ხსნარში პერმანგანტული ჟანგვადობა. მჟავას საწყისი კონცენტრაცია, ნიმუშების საბოლოო pH და ჟანგბადის ქიმიური შთანთქმულობა წარმოდგენილია №5 ცხრილში.

ცხრილი 4. გარეგნვა-ნეიტრალიზაციის პროცესში მონაწილე H_2SO_4 -ის კონცენტრაციის შესწავლა

ცდის №	გოგირდმჟავის კონცენტრაცია	ნიმუშის საბოლოო pH-ის მაჩვენებელი	ჟანგბადის ქიმიური შთანთქმულობა (ჟანგვადობა)
1	250მგ/ლ \approx 0,25 გ/ლ \approx 0,025%	7,8	12 მგ/ლ O_2 /ლ
2	500 მგ/ლ \approx 0,5 გ/ლ \approx 0,05%	7	13,26 მგ/ლ O_2 /ლ
3	750 მგ/ლ \approx 0,75 გ/ლ \approx 0,075%	6,7	13,8 მგ O_2 /ლ
4	1000 მგ/ლ \approx 1 გ/ლ \approx 0,1%	6,7	13,8 მგ/ლ O_2 /ლ

პერმანგანტული დაჟანგულობა წარმოადგენს პირობით მაჩვენებელს. დაჟანგულობის საშუალებით ახასიათებენ წყალში იმ ორგანული ნაერთების შემცველობას, რომლებიც რეაგირებენ ძლიერ დამჟანგველებთან. ძლიერ დამჟანგველებს მიეკუთვნებიან კალიუმის ბიქრომატი და პერმანგანატი.

ბიკრომატულ დაჟანგულობას ხშირად უწოდებენ ჟანგბადის ქიმიურ მოთხოვნას. დაჟანგულობას გამოსახვენ ჟანგბადის მილიგრამებში, რომელიც დაიხარჯა 1 ლ წყალში არსებული ორგანულ ნაერთთა დასაჟანგავად.

ჟანგბადის ქიმიური შთანთქმულობის, ანუ ნამუშევარი ხსნარის დაჟანგულობის განსაზღვრის მიზნით, გამოვიყენეთ 0,1N $KMnO_4$ -ის ხსნარი და 0,1 N მჟაუნმჟავას $COOHCOOH(C_2H_2O_4)$ ხსნარი.

1. გოგირდმჟავას H_2SO_4 -ის ხსნარი, 1 მოცულობა 96% (ს.ა.) განზავებული 2 მოცულობა დისტილატში ანუ განზავება 1 : 2. მიღებულ ხსნარს, დავამატეთ 0,01N $KMnO_4$ -ის ხსნარი ღია ვარდისფერ შეფერილობამდე და ვადუღეთ 30 წთ-ის განმავლობაში.

2. მჟაუნმჟავას ($C_2H_2O_4$) ხსნარის მომზადება. 0,1 N მჟაუნმჟავას ($C_2H_2O_4$) ძირითადი ხსნარი მოვამზადეთ ფიქსონალის საშუალებით. 1/15 თანაფარდობით განზავებულ H_2SO_4 -ის ხსნარში გავხსენით მოცემული ფიქსონალის შიგთავსი და შევავსეთ 1ლ საზომკოლბაში დისტილირებული წყლით (20°C ტემპერატურაზე).

3. 0,1 N $KMnO_4$ -ის ხსნარის მომზადება - 3,2 გ $KMnO_4$ გავხსენით 1ლ დისტილირებულ წყალში. გადავიტანეთ მუქი ფერის ჭუეჭუელში და დავაყოვნეთ 2 კვირა. შემდეგ განვსაზღვრეთ $KMnO_4$ -ის შესწორების კოეფიციენტი მჟაუნმჟავით და მივიღეთ, რომ $K = 1,01 \approx 1$.

მიღებული შედეგების საფუძველზე შევასრულეთ ანგარიში, ქვემოთ განხილული მეთოდის მიხედვით.

4. 0,1 %-იანი H_2SO_4 -ის ძირითადი ხსნარის მომზადება: 93%-იანი გოგირდმჟავა (H_2SO_4) (სუფთა ანალიზისთვის), რომლის სიმკვრივე შეადგენს $d = 1,765$ გ/სმ³. ავიღეთ 1,3 გ გავხსენით დისტილატში 100 გრამამდე. მიღებული ხსნარის მასა შეადგენს 100 გ. კონცენტრირებული ხსნარიდან მოვახდინეთ სათანადო განზავება 4 სხვადასხვა აბაზანაში.

მეთოდის, რომლითაც ვიხელმძღვანელებთ ექსპერიმენტისთვის გახლავთ პერმანგანტული დაჟანგულობის განმსაზღვრელი კუბელის მეთოდი, რომელიც ემყარება საანალიზო წყალში არსებულ ნივთიერებათა გოგირდმჟავას არეში კალიუმის პერმანგანატით დაჟანგვას სინჯის დუღილის დროს.

ანალიზის მსვლელობა: 100 მლ სინჯს ემატება 5 მლ განზავებული გოგირდმჟავა (H_2SO_4). ნარევი ცხელდება ისე, რომ იგი ადუღდეს 5 წთ-ის განმავლობაში, რის შემდეგაც უნდა დუღდეს კიდევ 10 წუთი. ცხელ ხსნარს ემატება 20 მლ 0,1N მჟაუნმჟავას ($C_2H_2O_4$) ხსნარი. გაუფერულებული ხსნარი იტიტრება 0,1N $KMnO_4$ -ის ხსნარით ღია ვარდისფერ შეფერილობამდე, გატიტრისას ნარევის ტემპერატურა არ უნდა დაეცეს $80^{\circ}C$ -ზე დაბლა. გატიტრებაზე დახარჯული $KMnO_4$ -ის რაოდენობა აითვლება 0,05 მლ სიზუსტით. კუბელის მეთოდის მიხედვით დაჟანგულობა (ჟანგვადობა), გამოსახული მგ O_2 /ლ-ში განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$X = \frac{(a - b)K \cdot 0,1 \cdot 8 \cdot 1000}{V} = \frac{(a - b)K \cdot 80}{V}$$

a - გატიტრებაზე დახარჯული 0,1N $KMnO_4$ -ის რაოდენობა, მლ;

b - ყრუ ცდაზე დახარჯული 0,1N $KMnO_4$ -ის რაოდენობა, მლ;

K – შესწორების კოეფიციენტი კალიუმის პერმანგანატის ხსნარის ნორმალობის მიმართ;

V - საანალიზოდ აღებული სინჯის მოცულობა;

8 - ჟანგბადის ექვივალენტი .

V. შესწავლილ იქნა გარეცხვა-ნეიტრალიზაციის პროცესში შერჩეული კონცენტრაციის $KMnO_4$ -ის 1 ლ ხსნარის მაქსიმალური ჟანგვითი შესაძლებლობა, ფურცლის ზომასთან მიმართებაში.

ექსპერიმენტის პირობები: დამზადდა 3 ლ სამუშაო ხსნარი 0,1% H_2SO_4 -ის მაქსიმალური შემცველობით და $KMnO_4$ -ის 17 მგ/ლ კონცენტრაციით. სარესტავრაციო ფურცლის (ნიმუშის) საწყისი pH=5. ფურცლის ზედაპირის ზომა

შეადგენდა 1,5 A₃ ფორმატის ფართობს. ნიმუშის ხსნართან კონტაქტის დრო - 10 წთ-ს. ექსპერიმენტის შედეგი განისაზღვრა ნიმუშის საბოლოო pH-ით და ნამუშევარი ხსნარის ქიმიური ჟანგვადობით. საბოლოო pH = 7, ქიმიური ჟანგვადობა - 60,06 გ/ლ O₂.

$$X = \frac{(15,3 - 7,8) \cdot 0,001 \cdot 800}{100} = 60,06 \text{ მგ/ლ } O_2$$

ამრიგად, ჩვენს მიერ შესწავლილ იქნა დოკუმენტის გარეცხვა - ნეიტრალიზაციის პროცესის ყველა საფეხური:

1. პროცესში მონაწილე კალიუმპერმანგანატის (KMnO₄)-ის ოპტიმალური კონცენტრაცია სამუშაო ხსნარში.

2. მოხდა პროცესში მონაწილე მჟავას შერჩევა, ფოსფორმჟავასა (H₃PO₄) და გოგირდმჟავას (H₂SO₄) შორის, ექსპერიმენტის საფუძველზე უპირატესობა მიენიჭა H₂SO₄-ს.

3. პროცესში მონაწილე მჟავას ოპტიმალური კონცენტრაცია.

4. განვსაზღვრეთ ნამუშევარი ხსნარის ქიმიური ჟანგვადობა.

5. გარეცხვა-ნეიტრალიზაციის პროცესში მონაწილე, შერჩეული (KMnO₄)-ის კალიუმპერმანგანატის 1 ლ ხსნარის მაქსიმალური ჟანგვითი შესაძლებლობა ფურცლის ზომასთან მიმართებაში.

აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ ექსპერიმენტი ჩატარდა, როგორც ჩვრის ცელულოზის შემცველ, ასევე მერქნის ცელულოზის ქაღალდზე, შედეგი ორივე ნიმუშზე მაქსიმალური ნეიტრალიზაცია იყო, რაც ამ მეთოდის კიდევ ერთი უპირატესობაა.

აქვე უნდა ითქვას, რომ მიუხედავად იმისა, რომ პროცესის ბოლოს დასამუშავებელი ნიმუშის, დოკუმენტის pH მაჩვენებელი 6,5 – 7-ია. მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ცარცის სუსპენზიაში გარკვეული დროით ნიმუშის მოთავსება, რადგან ეს თვით ქაღალდში ზრდის მჟავიანობისგან შემდეგში დაცვის ხარისხს, სტრუქტურაში შექმნილი ტუტე-რეზერვის ხარჯზე.

დასკვნა

ჩატარებული სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების შედეგად დავადგინეთ:

1. ქაღალდსაფუძვლიანი დოკუმენტების მშრალი წესით გაწმენდა-გამტვერიანების აუცილებლობა, როგორც წინა პირობა შემდგომში მისი სველი წესით დამუშავების შედეგად მაქსიმალური ეფექტის მიღებისათვის;
2. გარეცხვა-გათეთრება ნეიტრალიზაციის პროცესამდე აუცილებელია ქაღალდსაფუძვლიანი დოკუმენტების ტექსტის დიაგნოსტიკა და მისი სტაბილიზაცია ქიმიური და ფიზიკური ფიქსატივებით;
3. ქაღალდსაფუძვლიანი დოკუმენტის მდგომარეობიდან გამომდინარე, მისი საფუძვლის გამაგრება-გაჟღენთვის აუცილებლობა ზემოთ განხილული მეთოდების გამოყენებით;
4. შემუშავებული იქნა დოკუმენტების გარეცხვა – ნეიტრალიზაციის ახალი, ხუთსაფეხურიანი ტექნოლოგიური სქემა;
5. დადგინდა ტექნოლოგიური ციკლის პირველ საფეხურზე პროცესში მონაწილე კალიუმის პერმანგანატის ($KMnO_4$)-ის ოპტიმალური კონცენტრაცია;
6. შეირჩა პროცესში მონაწილე მჟავა, ფოსფორმჟავასა (H_3PO_4) და გოგირდმჟავას (H_2SO_4) ეფექტურობის შესწავლის საფუძველზე უპირატესობა მიენიჭა H_2SO_4 -ს;
7. დადგინდა პროცესში მონაწილე გოგირდმჟავას (H_2SO_4) ოპტიმალური კონცენტრაცია;
8. განვსაზღვრეთ ნამუშევარი ხსნარის ქიმიური ჟანგვადობა ფურცლის ზედაპირის დაბინძურების ხარისხთან მიმართებაში;

9. დადგინდა გარეცხვა-ნეიტრალიზაციის პროცესში მონაწილე, შერჩეული კალიუმპერმანგანატის ($KMnO_4$) 1 ლ ხსნარის მაქსიმალური ჟანგითი შესაძლებლობა ფურცლის ზომასთან მიმართებაში;
10. ექსპერიმენტის საფუძველზე გამოვლინდა - როგორც ჩვრის, ასევე მერქნის ცელულოზის შემცველ ქაღალდზე ნეიტრალიზაციის პროცესის მაქსიმალური შედეგი, რაც ამ მეთოდის კიდევ ერთი უპირატესობაა;
11. შედარებითი კვლევით გამოვლინდა წარმოდგენილი მეთოდის უპირატესობა არსებულ მეთოდებთან შედარებით ისაა, რომ ერთდროულად მიმდინარეობს, როგორც ქაღალდსაფუძვლიანი დოკუმენტის გარეცხვა-გათეთრება, ასევე მისი მჟავიანობის ნეიტრალიზაცია, რაც ზოგადად დამოუკიდებელი პროცედურებია;
12. შემოთავაზებული პროცესი ხანმოკლეა არსებული მეთოდებისაგან განსხვავებით, ამდენად მცირდება პროცესში მონაწილე ქიმიური ნივთიერებების დოკუმენტთან საკონტაქტო დრო, რაც სარესტავრაციო მასალას იცავს ზედმეტი ცვეთა- დაზიანებისაგან;
13. ქაღალდსაფუძვლიანი დოკუმენტის ქიმიური დამუშავების წარმოდგენილი მეთოდი ერთდროულად რამოდენიმე ნიმუშის გარეცხვა-ნეიტრალიზაციის საშუალებას იძლევა;
14. ქაღალდსაფუძვლიანი დოკუმენტის ქიმიური დამუშავების პროცესი, საჭიროების შემთხვევაში, შესაძლოა განმეორდეს მაქსიმალური შედეგის ($pH = 6.6 \div 7$) მიღებამდე, ისე რომ დოკუმენტი არ დაზიანდეს;
15. მიღებული მეთოდი გამოყენებადია როგორც მერქნის, ასევე ჩვრის ცელულოზისაგან დამზადებული ქაღალდის გარეცხვა-ნეიტრალიზაციის მიზნით;

16. გარეცხვა-ნეიტრალიზაციის პროცესის წარმართვისათვის წარმოდგენილი სქემა მოითხოვს ქიმიური რეაქტივების მინიმალურ ხარჯს, რაც განაპირობებს პროცესის ეკონომიურობას;
17. წარმოდგენილი ქიმიური დამუშავების პროცესის წარმართვისათვის არ არის აუცილებელი ძვირადღირებული ლაბორატორიის მოწყობა. პროცესის სიმარტივიდან გამომდინარე მისი წარმართვა შესაძლებელია ნებისმიერ საშუალო დონის სარესტავრაციო სახელოსნოში.
18. მიზანშეწონილია ცარცის სუსპენზიაში გარკვეული დროით ნიმუშის მოთავსება, რადგან ეს თვით ქალაქში ზრდის მჟავიანობისგან შემდეგში დაცვის ხარისხს, სტრუქტურაში შექმნილი ტუტე-რეზერვის ხარჯზე.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი გამოქვეყნებულია შრომებში:

- ტექსტის გამოსახვის საშუალებები”, “საისტორიო მოამბე”, №73-74, გვ. 123-128, 2000-2001 წწ. თბილისი.
- „მწებავი ნივთიერებები და მათი გამოყენება სახელმწიფო არქივებში, მუზეუმებსა და ბიბლიოთეკებში,” საისტორიო მოამბე”, №75-76, გვ. 185-190, 2002-2003 წწ., თბილისი.
- „ქალაქი, როგორც ბუნებრივი მასალა და მისი წარმოების ქიმიურ-ტექნოლოგიური პროცესის აღწერა,” საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი “ინტელექტუალი”, №20, გვ. 214, 2012 წ.
- „გოგირდოვანი აირის (SO₂) მოქმედება საარქივო დოკუმენტებზე”. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი №2, გვ. 140 2013 წ
- „საარქივო დოკუმენტების გარეცხვა - ნეიტრალიზაციის ახალი მეთოდი”. „ბიზნეს ინჟინერინგი”, 2014 წ.

Abstract

Restoration-conservation sphere is of utmost importance in terms of the protection and preservation of archival document. The present PhD thesis constitutes the scientific research of documents neutralization– the important issue of paper-based documents restoration process.

The following is described in details in the literature section of the present PhD thesis: Chemical-technological process of paper production; Types of writing materials; Reasons for document aging; Means of expressing the information; Adhesives; Diagnostics of the damages on the document and the process of disinfection thereof.

The second section of the present PhD thesis implies: Stabilization of the text on the paper-based document through chemical and physical fixatives; Methods for stabilization of water-soluble as well as water-insoluble texts; Heavily damaged paper foundation reinforcement-impregnation processes; Process of restoration of the documents glued with silicate glue. The respective section of the present document details the methods of cleaning, whitewashing and neutralizing the archival documents.

The experimental section of the research presents the new five-stage technological scheme for washing and neutralizing the documents as well as the process of the chemical-laboratory study of the said method along with its results. The advantages of the method in question in comparison with other existing methods are as follows: document whitewashing as well as neutralization is carried out simultaneously, which in general represent separate/independent processes. In contrast with existing methods, the method discussed requires little time. Correspondingly, the timeframe of the contact of the document with chemical substances involved in the process is reduced. Thus, the material subjected to restoration is protected from additional damages. The very same method allows for the opportunity to process a certain number of documents simultaneously. Additional advantage of the aforesaid method is the fact that the process may be repeated several times before obtaining maximum result ($\text{PH} = 6.6\div 7$), provided that the document will not be damaged. Although it is less likely, that the necessity of repeated processing will occur in due process. It is worth to note, that the method in question is applicable both in regard with the paper based on wood as well as fabric celluloses. The washing-neutralization scheme presented requires the minimal amount of chemicals, which preconditions the conduction of the process with minimal expenditures. Laboratory arrangements are not necessary in order to proceed with the method. Due to the simplicity of the process, it can be proceeded with at any average restoration workshop.