

საქართველოს
საინჟინრო
სიხსლენი

სსს

1'24

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

GEN

ISSN 1512-0287

საქართველოს
საინჟინერო
სიანხლენი

GEORGIAN
ENGINEERING
NEWS

N1, vol. 100, 2024

საქართველოს საინჟინრო სიახლენი GEORGIAN ENGINEERING NEWS, vol. 100, 2024

საერთაშორისო საინჟინრო აკადემია
საქართველოს საინჟინრო აკადემია

მთავარი რედაქტორი: არჩილ ფრანგიშვილი

სარედაქციო კოლეგია

- პ. ბიელიკი (სლოვაკეთი), ბ. გუსევი (რუსეთი), ნ. ედილბერტო (პერუ), ი. ემრი (სლოვაკეთი),
ა. ვასილევ (უკრაინა), ლ. ივანოვი (რუსეთი), ა. კაბულოვი (უზბეკეთი),
ბ. კატალინიჩი (ავსტრია), ვ. კეკელიძე (რუსეთი), პ. კერვალიშვილი (საქართველო),
კ. კოჟოგოლოვი (კირგიზეთი), ს. მინასიანი (სომხეთი), ო. ნამიჩეიშვილი (საქართველო),
პ. ნიკიტენკო (ბელარუსია), დ. ნოვიკოვი (რუსეთი), ა. პაშაევი (აზერბაიჯანი),
რ. ჯინევიჩიუსი (ლიტვა), ბ. ჟუმაგულოვი (ყაზახეთი), ლ. საიდმუროდოვი (ტაჯიკეთი),
რ. შრაფტი (გერმანია), გ. ჯავახაძე (საქართველო), ა. ჯანახმადოვი (აზერბაიჯანი)

სარედაქციო საბჭო

დ. გორგიძე, ა. დოლიძე, ქ. მახაშვილი, თ. საჩანელი

International Engineering Academy Georgian Engineering Academy

Editor-in-Chief: Archil Prangishvili

EDITORIAL BOARD

N. Edilberto (Peru), G. Javakhadze (Georgia), A. Janahmadov (Azerbaijan), P. Bielik (Slovakia),
B. Gusev (Russia), I. Emri (Slovenia), L. Ivanov (Russia), A. Kabulov (Uzbekistan),
K. Kozhogulov (Kyrgyz Republic), B. Katalinich (Austria), P. Kervalishvili (Georgia),
V. Kekelidze (Russia), S. Minasyan (Armenia), R. Ginevičius (Lithuania), O. Namicheishvili (Georgia),
P. Nikitenko (Belarus), D. Novikov (Russia), A. Pashayev (Azerbaijan), L. Saidmurodov (Tajikistan),
R. Shraft (Germany), A. Vasiliev (Ukraine), B. Zhumagulov (Kazakhstan).

EDITORIAL STAFF:

D. Gorgidze, A. Dolidze, K. Makhashvili and T. Sachaneli

Georgian Engineering News (GEN)LTD

DOI: <https://doi.org/10.36073/1512-0287>

Address: TECHINFORMI, St. Kostava 47, Tbilisi 0179

Tel.: 995 (32) 2335315, 2335122

Fax: 995 (32) 2335122

[e-mail:nellym@caucasus.net](mailto:nellym@caucasus.net)

Internet: www.tech.caucasus.net

Copyright © by GEN LTD

ჟურნალ საქართველოს საინჟინრო სიახლენის (GEN) მე-100 საიუბილეო ნომერი

ჟურნალის პირველი ნომერი გამოვიდა 1996 წლის დეკემბერში. ჟურნალი არის რეცენზირებადი და რეფერირებადი პერიოდული გამოცემა, გამოდის საერთაშორისო საინჟინრო აკადემიის და საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ეგიდით. მისი დამფუძნებელი და მთავარი რედაქტორი იყო საქართველოს და საერთაშორისო აკადემიების აკადემიკოსი, სსრკ სახელმწიფო პრემიის ლაურეატი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ვლადიმერ დოლიძე (1996-2016).

ჟურნალის სარედაქციო კოლეგია: ივანე გორგიძე, პაატა კერვალიშვილი, ჯუმბერ ლომინაძე, ლევან მახვილაძე, ივერი ფრანგიშვილი, მინდია სალუქვაძე, დემურ ჩომახიძე, რამაზ ხუროძე.

ვლადიმერ დოლიძის გარდაცვალების შემდეგ ჟურნალის მთავარი რედაქტორი იყო საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსი მინდია სალუქვაძე (2016-2018).

ამჟამად, ჟურნალის მთავარი რედაქტორია საქართველოს საინჟინრო აკადემიის პრეზიდენტი, აკადემიკოსი არჩილ ფრანგიშვილი.

ჟურნალის სარედაქციო კოლეგია: პ. ბიელივი (სლოვაკეთი), ბ. გუსევი (რუსეთი), ნ. ედილბერტო (პერუ), ი. ემრი (სლოვაკეთი), ა. ვასილევი (უკრაინა), ლ. ივანოვი (რუსეთი), ა. კაბულოვი კ. კოჟოგულოვი (ყირგიზეთი), ს. მინასიანი (სომხეთი), ო. ნამიჩიშვილი (საქართველო), პ. ნიკიტენკო (ბელარუსია), დ. ნოვიკოვი (რუსეთი), ა. პაშაევი (აზერბაიჯანი), რ. ჯინევიჩიუსი (ლიტვა), ბ. ჟუმაგულოვი (ყაზახეთი), ლ. საიდმუროდოვი (ტაჯიკეთი), რ. შრაფტი (გერმანია), გ. ჯავახაძე (საქართველო), ა. ჯანანმედოვი (აზერბაიჯანი).

სარედაქციო საბჭო: დ. გორგიძე, ა. დოლიძე, ქ. მახაშვილი, თ. საჩანელი.

28 წლიანი ისტორიის მანძილზე ჟურნალმა ფართო საზოგადოებისა და სპეციალისტების დაინტერესება მოიპოვა. ჟურნალში მრავალი მნიშვნელოვანი ინოვაციური შინაარსის სტატია გამოქვეყნდა.

საქართველოს და საერთაშორისო საინჟინრო აკადემიები ჟურნალის კოლექტივს ულოცავს საიუბილეო მე-100 ნომრის გამოცემას და უსურვებს მომავალ შემოქმედებით წარმატებებს.

Инженерная Академия и Ассоциация Деловой Прессы Грузии

приняли решение о совместном периодическом издании научно-технического компьютерно-печатного Бюллетеня "GEORGIAN ENGINEERING NEWS".

В Бюллетене будут издаваться научные и экспериментально-практические труды, а также краткие сообщения и материалы рекламного характера, охватывающие широкий спектр различных научных и инженерных областей.

Энергетика, механика, транспорт, архитектура и строительство, машиностроение и приборостроение, электротехника и электроника, информатика, химическая и пищевая технология, биотехнология, металлургия, геология и горное дело, агрохимия и агротехника, экономика, экология и другие области науки и техники, которые представлены в Инженерной Академии Грузии, смогут оперативно заявить о своих достижениях, инженерных новостях, издать научные статьи или дать краткую информацию в "GEORGIAN ENGINEERING NEWS".

Бюллетень будет распространяться в странах СНГ, Еврообъединения и США.

Мы убеждены, что в экономическом и социальном развитии страны научно-технический прогресс является мощной силой, основой основ успехов.

Поздравляем научно-инженерную общественность Грузии с началом периодического издания Бюллетеня "GEORGIAN ENGINEERING NEWS".

Надеемся, что "GEORGIAN ENGINEERING NEWS" займет достойное место в ряду других научно-информационных изданий Грузии.

*Президиум Инженерной
Академии Грузии*



სარჩევი

რეგიონული განვითარების სივრცითი თეორიების ფორმირების საფუძვლები და მათი როლი ტერიტორიული სტრატეგიების შემუშავებაში <i>ჩხეიძე ნ.ა., ხუციშვილი თ.თ.</i>	9
ვენის ქალაქგეგმარებითი პრაქტიკა -ოტო ვაგნერის შემოქმედების ზოგადი მიმოხილვა <i>ბეჟაშვილი ე.ვ.</i>	16
ქ. კასპის ჩართვის შესაძლებლობები თბილისის ურბანული აგლომერაციის სისტემაში <i>ხუციშვილი თ.თ.</i>	25
ინოვაციური ბიზნეს მოდელები და მათი ფორმირების ძირითადი მიდგომების ანალიზი <i>ხუციშვილი ს.ა., გასიტაშვილი ზ.ა., გორგიძე დ.ა., ხართიშვილი მ.პ., მუსყერიძე რ.რ.</i>	29
ბეტონის ყალიბთან შეჭიდების შემცირების ღონისძიებები <i>ცინაძე ზ.ო., მსხილაძე ნ.გ., ჩიქოვანი ა.ბ.</i>	37
ანალიტიკური სისტემების დეტექტირების იმპლემენტაციური მეთოდები <i>ორმოცაძე ნ.შ., მესხიშვილი მ.მ., ბიბილეიშვილი დ.ვ.</i>	43
MANAGEMENT OF RADIOLOGICALLY CONTAMINATED UNDERGROUND TANK <i>Nabakahtiani G.N., Giorgadze L.S. and Gigashvili N.R.</i>	47
იზოტოპური გაზომვების მონაცემთა შეგროვების კომპიუტერული სისტემა მასსპექტრომეტრისთვის МИ-1201 <i>ბერეჟიანი მ.გ., ელიაშვილი ლ.ზ., ფარულავა ლ.პ.</i>	53
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕНЕЕ АДГЕЗИОННО СОВМЕСТИМЫХ ПАР МЕТАЛЛОВ (ЖЕЛЕЗО-АЛЮМИНИЙ, ТИТАН-АЛЮМИНИЙ) МЕТОДОМ «БЕЗ СЛИТКОВОЙ ПРОКАТКИ» <i>Кевхишвили Г.Ш., Намичеишвили Т. Г., Лория Д.Б., Харати Р.Г., Парунашвили Г.А., Русадзе М.Т., Рамишвили В.Н.</i>	57
უსხმულო გლინვის მეთოდით კრისტალიზატორში კომპოზიციური ნაშადის ფორმირების პროცესი <i>ქევხიშვილი გ.შ., ნამიჩიშვილი თ.გ., ლორია ჯ.ბ., ხარატი რ.გ., რუსაძე მ.თ., პარუნაშვილი გ.ა., რამიშვილი ვ.ნ.</i>	60
„უსხმულო გლინვის“ პროცესში კრისტალიზატორის კვანძის შემადგენელი ცეცხლგამძლე ფილების დამზადების ტექნოლოგიის დამუშავება <i>ქევხიშვილი გ.შ., ნიქარაძე ნ.ს., ლორია ჯ.ბ., ნამიჩიშვილი თ.გ., რამიშვილი ვ.ნ.</i>	65

ნაწილაკის ზომები პოლიმერების ცვალებადი კონცენტრაციის თხევადი ფაზაში ბიბილეიშვილი გ.ვ., მამულაშვილი მ.ა., ჯავაშვილი ზ.დ., ბუთხუზი თ.გ., გოგიბერიძე ი.ბ.	70
ულტრაფილტრაციული პროცესისათვის ლამინარული ნაკადის სადაწნეო საკნის გეომეტრიის კვლევა ბიბილეიშვილი გ.ვ., ყუფარაძე ლ.პ., კეჟერაშვილი მ.გ., ებანოიძე ლ.ო., ჯავაშვილი ზ.დ.	74
პოლიმერული კონფორმაციის გავლენის კვლევა მიკროფილტრაციული მემბრანების მახასიათებლებზე ბიბილეიშვილი გ.ვ., გოგესაშვილი ნ.ნ., კეჟერაშვილი მ.გ., მამულაშვილი მ.ა., კაკაბაძე ე.გ.	78
ულტრაფილტრაციული პროცესის კვლევა მემბრანულ სისტემაში ლამინარული ნაკადის პირობებში ბიბილეიშვილი გ.ვ., კეჟერაშვილი მ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., გოგესაშვილი ნ.ნ., კაკაბაძე ე.გ.	82
მემბრანის ზედაპირზე დანალექის წარმოქმნის მექანიზმის შესწავლა ულტრაფილტრაციის პროცესის ლამინარული ნაკადის პირობებში ბიბილეიშვილი გ.ვ., ებანოიძე ლ.ო., ყუფარაძე ლ.პ., კეჟერაშვილი მ.გ., ბუთხუზი თ.გ.	85
მდინარე იორის აუზის წყლის მიკრობიოლოგიური კვლევა შუმტაკაშვილი ნ.თ., გვერდწითელი ლ.ვ., სურმავა ა.ა.	92
წყაროს წყლების ანალიზის აუცილებლობის შესახებ (ონის მუნიციპალიტეტის სოფელ სომიწოს წყაროს წყლების მაგალითზე) ფადიურაშვილი ვ.ნ., მახაშვილი ქ.ა., იაშვილი ნ.გ., იაშვილი მ.ნ.	95
მინერალური წყლის ჟანგვა-აღდგენით პოტენციალსა და რკინის კონცენტრაციას შორის კორელაციური კავშირის კვლევა საირმის მინერალური წყლის საბადოს მაგალითზე ნიკოლაიშვილი ი. ზ.	98
რკინის ფხვნილის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების გავლენა მყარფაზა ურთიერთქმედების ხასიათზე Fe - ალმასი გამყოფ ზედაპირთან ცხელი წნეხვისას ხვედელიძე ა.ი., ავალიშვილი ზ.ა., ძიძიშვილი ი.გ., ტაბატაძე მ.გ., წეროძე მ.პ., ლოლაძე ნ.თ.	102
მუდმივი და ცვლადი დენის ელექტრორკალურ დუმელში სილიციუმის ოქსიდის ნახშირბადით აღდგენის თერმოდინამიკა და კინეტიკა ქევხიშვილი გ.შ., ჯულუხიძე ა.გ., ჭუმბაძე მ.თ., აბესაძე რ.კ., სიგუა ლ.რ.	110
წონასწორობის ანალიზი ორგანიზმების ბიომინერალიზაციის პროდუქტში ბერძენიშვილი ი.გ., გოგიჩაშვილი ლ.გ.	112

თეთრი ტიპის ღვინომასალის მიკროფილტრაციული პროცესით დამუშავების ადგილობრივი და საერთაშორისო პატენტების ანალიზი ბიბლიოქვილი გ.ვ., თანანაშვილი ლ.ა., ჯავაშვილი ზ.დ., გოგესაშვილი ნ.ნ., ებანოიძე ლ.ო.	115
ღვინოების დამუშავება ბიოლოგიური და კოლოიდური სიმღვრივების თავიდან აცილების მიზნით შათირიშვილი შ.ი., ჩხარტიშვილი ნ.ნ.	118
ზოგიერთი მაგარი თვითნახადი სასმელების ქრომატოგრაფიული ანალიზი შათირიშვილი შ.ი., კილაძე მ.თ., შათირიშვილი ი.შ.	121
ქართული წარმოების „ქვევრისა“ და ევროპული წესით დაყენებულ ღვინოში ნახშირბადის სტაბილური იზოტოპების (¹³ C/ ¹² C) თანაფარდობის განსაზღვრა „OIV-MA-A312-06“ მეთოდით ელიაშვილი ლ.ზ.	123
ფოსფორიზაციის გავლენა მზეუსუმირას ზეთის ნეიტრალიზაციის პროცესზე ძნელაძე ს.ჯ., სირაძე მ.გ., ზოდელავა გ.გ., სორდია ე.კ.	126
მოცვის გამოყენების პერსპექტივა მოხარშული ძეხვის წარმოებაში ბოკერია ა.შ., სარაჯიშვილი ქ.გ., ძნელაძე ს.ჯ., სორდია ე.კ., პაპავა ლ.შ.	129
ქემომეტრიკა ფარმაცევტური და კოსმეტიკური პროდუქტების ინსტრუმენტულ ანალიზში მახვილაძე მ.გ., კახიძე ნ.ა., სამხარაძე მ.გ., ენდელაძე ნ.ო.	134
მერქნული ნედლეულის კომპლექსური გამოყენება ლიპარტელიანი გ.გ., ხუსკივაძე მ.მ., წიქვაძე ვ.გ.	139
ეკოლოგიური ფაქტორების როლი მცენარეთა დაავადებების გავრცელებასა და განვითარებაში ყანჩაველი მ.ს., კიკორია კ.მ., ჩაჩხიანი-ანასაშვილი ნ.რ.	142
მცენარეთა დაავადებების გავრცელების არეალის, ზონისა და რაიონის დადგენა ეკოლოგიური ფაქტორების საფუძველზე ყანჩაველი მ.ს., კიკორია კ.მ., ჩაჩხიანი-ანასაშვილი ნ.რ.	148
თიხა ფარმაცევტულ პრეპარატებში ცივაძე მ.ა.	154
ლევან იმნაიშვილი – 70	159

რეგიონული განვითარების სივრცითი თეორიების ფორმირების საფუძვლები და მათი როლი ტერიტორიული სტრატეგიების შემუშავებაში

ჩხეიძე ნ.ა., ხუციშვილი თ.თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

საქართველოს მდგრადი და დაბალანსებული სივრცით-ტერიტორიული და სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების პოლიტიკის შემუშავება შეუძლებელია არსებული ეკონომიკური და გეოგრაფიული თეორიებისა და მოდელების ცოდნის გარეშე. ისინი წარმოადგენენ იმ ბაზისს, იმ საფუძველს, რომლითაც უნდა ვიმუშაოთ მომავალში, რათა ავხსნათ და უკეთ გავიგოთ საქართველოსა და მისი რეგიონების სივრცითი განვითარების თანამედროვე ტენდენციები და საერთო კანონზომიერებები, გამოვავლინოთ მათი მოდერნიზაციის ობიექტური და სუბიექტური შეზღუდვები და შესაძლებლობები. ამასთან ერთად, ადაპტაცია მოვახდინოთ არსებული თეორიისა და პრაქტიკის იმ მიმართულებებისა, რომლებიც ხელს შეუწყობენ საქართველოს რეგიონების ეფექტური სივრცითი პოლიტიკის ფორმირებას.

უნდა აღინიშნოს, რომ დასახლებათა განვითარების კონკრეტული გეოგრაფიული და ეკონომიკური მოდელების სივრცით მოდელებად ჩამოყალიბება და მათი გავლენა რეგიონული განვითარების განმსაზღვრელ ფაქტორებზე ეკონომიკური აზროვნების მნიშვნელოვანი ნაწილია. ისევე როგორც ყველა ეკონომიკური თეორია/მოდელი, ისინი წარმოადგენენ ხილული ევოლუციის საგანს, რადგან ეკონომიკური განვითარების წარმატება თუ წარუმატებლობა პირდაპირ კავშირშია სივრცით მოდელზე, ისევე, როგორც სივრცითი მოდელის წარმატება თუ წარუმატებლობა — ეკონომიკურ მოდელზე. შესაბამისად, ჩვენ მივიღეთ გარკვეული პრაქტიკა ეკონომიკური განვითარების სტიმულირებისთვის.

როგორც ცნობილია, დასახლებათა სივრცით-ტერიტორიული განვითარება, უფრო კონკრეტულად კი რეგიონული განვითარება, როგორც ეგზოგენური პროცესი მართული იყო ცენტრალური ხელისუფლების მიერ, რეგიონების განვითარების ხელოვნური ნიველირებით. დღეს ისევ იზრდება ეკონომიკური ზრდის ენდოგენური ტერიტორიული ფაქტორების ძიების მნიშვნელობა, რაც განსაკუთრებით აქტუალურია საქართველოსთვის, რომლის ტერიტორიაც ხასიათდება განსხვავებული პირობებითა და ეკონომიკური დინამიკის განსხვავებული ფაქტორებით. სწორედ ამ კონტექსტში იზრდება რეგიონული განვითარების სივრცითი მოდელების გამოყენებისა და მათი სტიმულირების მნიშვნელობა, რომლებიც ითვალისწინებენ რეგიონული განვითარების ევოლუციას ეგზოგენურიდან ენდოგენურ ცნებებში და ამ საკითხებზე სექტორული ხედვიდან ჰოლისტურ ხედვაზე გადასვლას.

მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ ეკონომიკური განვითარების მოდელები ეფუძნებოდა დაშვებას, რომ ამ პროცესების სტიმულირებაში მთავარ როლს ასრულებენ მსხვილი საწარმოების განთავსება ეკონომიკურად ჩამორჩენილ ტერიტორიებზე, როგორც რეგიონული მოთხოვნისა და ინოვაციების წყარო. მასშტაბის მზარდმა ეკონომიკამ მათ საშუალება მისცა წარმატებით გაეწიათ კონკურენცია საერთაშორისო ბაზრებზე, შესაბამისად, რეგიონული კოოპერატორების დიდმა ქსელმა მიაღწია კონვერგენციის რეგიონალურ და საერთაშორისო მასშტაბებს.

ამავე პერიოდში, მრავალი ქვეყნის ეკონომიკურმა პოლიტიკამ მიმართა ეკონომიკურ მოდელებს — მათ შორის „ზრდის პოლუსების“ თეორიას, „დიფუზიონისტურ“ და „ცენტრისა და პერიფერიების“ თეორიას, რამაც განაპირობა სტაბილური ეკონომიკური ზრდის შედარებით ხანგრძლივი პერიოდი. ეს პოლიტიკა განხორციელდა ცენტრალიზებული ლოკალიზაციის გადაწყვეტილებით და პოტენციური ინვესტორების ეკონომიკური წახალისებით, რათა მათ დაეარსებინათ ახალი კომპანიები ნაკლებად განვითარებულ რეგიონებში.

აღსანიშნავია, რომ სივრცითი პროექციის მქონე თანამედროვე გეოგრაფიული თუ ეკონომიკური თეორიები აღმოცენდნენ გასული საუკუნის 90-იან წლებში ეკონომიკური მეცნიე-

რების წიაღში. ისინი ეხება ახალი ეკონომიკური გეოგრაფიისა და სივრცითი განვითარების პრობლემებს, ასევე, საბაზრო ეკონომიკის განვითარების სივრცით ასპექტებს. შეიძლება ითქვას, რომ საქართველოს სივრცითი განვითარების პოლიტიკისა და პრაქტიკის ეს სფერო პროფესიული აზრით სრულად მოცული ჯერაც არ არის. სწორედ ეკონომიკური და სივრცითი განვითარების რეალობის უკეთ გაგების და პრაქტიკულად მნიშვნელოვანი დასკვნების ფორმულირების მიზნითაა წარმოდგენილი წინამდებარე სტატია.

ძირითადი ნაწილი. განვითარება სივრცეში: თეორიების მიმოხილვა

უნდა აღინიშნოს, რომ სივრცითი განვითარების თეორიების ევოლუციამ გრძელი გზა განვლო, ადრე ინდუსტრიული პერიოდიდან პოსტინდუსტრიულ განვითარებამდე, ანუ ინდუსტრიალიზაციის ეკონომიკური და ტექნოლოგიური მოდერნიზაციის პროცესების კვალდაკვალ. თავდაპირველად, XIX საუკუნის დასაწყისში, განვითარება დაიწყო უწყვეტი სივრცითი განვითარების თეორიულმა კონცეფციებმა. ეს თეორიები ძირითადად ეფუძნებოდნენ ქალაქების ზომებს, გასაღების ბაზრებთან და ნედლეულის მოპოვების ადგილებთან სიახლოვეს, ანუ მანძილის ფაქტორს. ისეთი მეცნიერების ნაშრომებმა, როგორებიცაა ი. ფონ ტიუნენი, ა. მარშალი, ვ. ლაუნჰარდტი, ა. ვებერი (XX საუკუნის დასაწყისი, „მრეწველობის განლაგების“ მოდელები), ვ. კრისტალერი („ცენტრალური ადგილების“ თეორია), გ. ხოტელინგი (XX საუკუნის 30–40 წლები), ფრანსუა პერუ („ზრდის წერტილების“ თეორია, XX საუკუნის 50-იანი წლები) და ა.შ. საფუძველი ჩაუყარეს წარმოების ადგილმდებარეობის შესახებ თეორიებს, უფრო გავრცობილად კი ადგილმდებარეობის ეკონომიკის თეორიებს (economics of location).

ი. ფონ ტიუნენმა 1826 წელს თავის ფუნდამენტურ ნაშრომში "იზოლირებული სახელმწიფო სოფლის მეურნეობასთან და ეროვნულ ეკონომიკასთან მიმართებაში" წარმოადგინა ქალაქების მახლობლად მდებარე სასოფლო-სამეურნეო მიწების ოპტიმალური გამოყენების დეტალური ანალიზი და გამოავლინა სასოფლო-სამეურნეო წარმოების განთავსების კანონზომიერებები. გრაფიკულად ტიუნენის კლასიკურ მოდელს წარმოადგენდა სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის ოთხი კონცენტრირებული რგოლი და მის ცენტრში არსებული მსხვილი წერტილი (ცენტრალური ქალაქი). იმ დროისათვის ეს იყო ერთ-ერთი პირველი მცდელობა კავშირის დადგენისა მიწის გამოყენებას, ტრანსპორტირების ხარჯებსა და ეკონომიკურ აქტივობას შორის. ტიუნენი ამტკიცებდა, რომ სასოფლო-სამეურნეო მიწის ღირებულება განისაზღვრება არა მხოლოდ მისი ნაყოფიერებით, არამედ ბაზრებთან სიახლოვეთ. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ქალაქთან უფრო ახლოს მდებარე მიწა უფრო ღირებული იყო, ვიდრე უფრო შორს არსებულის [1].

ტიუნენმა ასევე შეიმუშავა მოდელი, რომელიც ხსნიდა თუ როგორ იცვლება მიწათსარგებლობის მოდელები ქალაქის ზრდასთან ერთად. მისი რეკომენდაციაა ტრანსპორტირების ხარჯებიდან გამომდინარე, სხვადასხვა ტიპის სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის ქალაქის ცენტრიდან სხვადასხვა მანძილზე განთავსება. ასე მაგალითად, ინტენსიური მებაღეობისა და რძის წარმოების განლაგება ქალაქთან სიახლოვეს, ხოლო მარცვლეულის ექსტენსიური მეურნეობა უფრო მოშორებით. აღსანიშნავია, რომ ტიუნენის იდეებმა დიდი გავლენა მოახდინა თანამედროვე სივრცითი ეკონომიკის განვითარებაზე. მისი ნაშრომები დღესაც ისწავლება უმაღლეს სასწავლებლებში დაცდილი პოპულარობით სარგებლობენ.

გერმანელი მეცნიერი ვ. ლაუნჰარდტი ტიუნენის მოდელს ამატებს დამატებით კანონზომიერებას და თავის წიგნში „ნაციონალური ეკონომიკის დოქტრინის მათემატიკური დასაბუთება“ აყალიბებს „ტიუნენის მოდელის დიაგრამას“, რომელიც დემონსტრირებას უკეთებს რენტის ფუნქციას.

ვ. ლაუნჰარდტის მთავარი აღმოჩენა მდგომარეობს ასევე ინდივიდუალური სამრეწველო საწარმოს ოპტიმალური ადგილმდებარეობის პოვნის მეთოდში, პროდუქტის გასაღების ბაზრისთვის ნედლეულის წყაროებთან მიმართებაში, რომელიც მან 1882 წელს ასახა თავის ნაშრომში „საწარმოს ეფექტური ადგილმდებარეობის პრაქტიკა“. ეს თეორია ასევე

ცნობილია, როგორც „ლაუნჰარდტის ადგილმდებარეობის სამკუთხედი“ ან „ვებერის სამკუთხედი“, რომელშიც ა. ვებერს შემოაქვს ახალი განზომილებები, სამუშაო ძალის ღირებულება და აგლომერაციული ეფექტი (ეკონომიკური სარგებელი წარმოებისა და ეკონომიკური ობიექტების ტერიტორიული კონცენტრაციიდან ქალაქებსა და აგლომერაციებში) [2,3].

წარმოების ადგილმდებარეობის თეორიის ძირითადი არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ის განიხილავს საკითხებს, თუ რომელი ეკონომიკური აქტივობა სად და რატომ არის განლაგებული. ის ეფუძნება პრინციპს, რომ ფირმები ირჩევენ ადგილმდებარეობას, რომელიც მაქსიმალურად გაზრდის მათ მოგებას, ხოლო ინდივიდები ირჩევენ იმ ადგილებს, რომლებიც მათი სარგებლიანობის მაქსიმიზაციას ახდენენ.

ა. მარშალმა აღმოაჩინა, რომ ეკონომიკური დამოუკიდებლობის მქონე ერთგვაროვანი ინდუსტრიები, მიდრეკილნი არიან გეოგრაფიულ კონცენტრაციაზე. 1890 წელს ა. მარშალმა თავის ნაშრომში „ეკონომიკური მეცნიერების პრინციპები“ წარმოადგინა ქალაქებში ერთი და იგივე სექტორის საწარმოთა კონცენტრაციის ფაქტორების ანალიზი. მეცნიერი გამოყოფს ერთი ინდუსტრიის აგლომერაციის ეკონომიკის შემდეგ მიზეზებს:

- შრომის ბაზარზე კვალიფიკაციის მოთხოვნისა და მიწოდების კოორდინაცია;
- ნედლეულისა და მზა პროდუქციის მომწოდებლებს შორის ურთიერთქმედების ხარჯების შემცირება;

- ეკონომიკურ აგენტებს შორის ცოდნისა და ინფორმაციის გაცვლის დაჩქარება [4].

ქალაქების ერთმანეთის მიმართ რეგულარული განთავსების შესახებ ჰიპოთეზის ფუძემდებელია გერმანელი მეცნიერი ვ. კრისტალერი. 1933 წელს მის ნაშრომში „ცენტრალური ადგილები სამხრეთ გერმანიაში“ წარმოდგენილი იყო ცენტრალური ადგილების თეორია. მეცნიერი ავლენს კანონზომიერებებს ქალაქების ადგილმდებარეობის შესახებ სივრცეში: ქალაქების განლაგება ხდება იერარქიული თანმიმდევრობით მათი ზომის (მოსახლეობის რაოდენობის) მიხედვით – პატარა ქალაქები დიდი ქალაქების გარშემო ქმნიან ექვსკუთხედებს. ვ. კრისტალერი ამ თეორიის აპრობაციას ახდენს მიუნხენსა და მის გარშემო არსებულ ქალაქებზე [5].

1950-60-იან წლებში მოხდა ფიზიკური მოდელებიდან უფრო რთულისკენ გადასვლა. გამოჩნდა გუნარ მიურდალის „კუმულატიური ეფექტის“ თეორია – წინააღმდეგობა გათანაბრებასა და ეფექტურობას შორის, რომელიც ხსნიდა სხვადასხვა დარგების კონცენტრაციას ამა თუ იმ ტერიტორიაზე. ანუ ლოგიკა იმაშია, რომ თუ რომელიმე დარგისათვის განთავსება იქნებოდა კომფორტული, უკვე სხვა დარგებისათვისაც წარმოიშობოდა კუმულატიური ეფექტი მიზიდულობის სახით. ასეთი ტერიტორიების კონკურენტული უპირატესობების გამო ბუნებრივად ხდება ზრდის წერტილების ფორმირება.

1950 წლის დასაწყისში ფრანგმა მეცნიერმა ფ. პერუმ შემოგვთავაზა „ზრდის პოლუსების“ თეორია, რომლის მიხედვითაც ქვეყნის ეკონომიკის ზრდა არ ხდება ყველა რეგიონში თანაბრად, ის მიმდინარეობს ზოგიერთ პუნქტში, ან „ზრდის პოლუსებში“, შემდეგ კი ვრცელდება სხვადასხვა არხებით გარკვეული ცვლადი ეფექტით მთელს ეკონომიკაზე. „ზრდის პოლუსებს“ შორის მდებარე ტერიტორიები გადაიქცევა განვითარების ღერძებად, რომლებიც განსაზღვრავენ რეგიონებისა და ქვეყნის ეკონომიკური ზრდის სივრცით კარკასს. „ზრდის პოლუსების“ თეორია კიდევ უფრო განვითარდა ჯ. ბოლვილის ნაშრომებში, რომელმაც შემოგვთავაზა ეკონომიკური სივრცის ჰომოგენური, პოლარიზებული, გეგმიური ტიპები.

აღსანიშნავია, რომ ფ. პერუს თეორია განიხილავდა „ზრდის წერტილების“ ხელოვნურად შექმნას ნაკლებად განვითარებულ ტერიტორიებზე ახალი დარგების საწარმოთა განთავსების გზით, რათა შემდგომ მათკენ მიზიდული ყოფილიყო სხვა საწარმოებიც. წარმოდგენილი თეორია გამოიყენებოდა სხვადასხვა ქვეყნების მთავრობების მიერ დეპრესიული ტერიტორიების სოციალურ-ეკონომიკური მდგომარეობის გაუმჯობესების მიზნით. იმ პერიოდში ევროპის მრავალმა ქვეყანამ რეალობად აქცია „ზრდის წერტილების“ თეორია, მაგრამ კუმულატიური ეფექტი ვერ მიიღო. აღმოჩნდა, რომ ტერიტორიის რეალური კონკურენტული უპირატესობების გარეშე ზრდის წერტილების ხელოვნურად შექმნა ძალზე

ძნელია. მიუხედავად იმისა, რომ სახელმწიფოს დახმარებითა და სტიმულირებით მოხდა მაღალმომგებიანი მრეწველობის დარგის თანამედროვე საწარმოების მშენებლობა, კერძო ბიზნესი იქ არ განვითარდა და კუმულატიური ეფექტიც არ წარმოიშვა [6].

ძალზე მნიშვნელოვანია აღინიშნოს დიფუზიონისტური თეორიები, რომლებიც 1960-იან წლებში წარმოიშვა. შვედმა მეცნიერმა ტორსტენ ჰაგერსტრანდმა თავის ნაშრომში „სივრცითი დიფუზია, როგორც ინოვაციების დანერგვის პროცესი“ აჩვენა, რომ ინოვაციების გავრცელებას მთელ ტერიტორიაზე აქვს თავისი კანონზომიერებები და მისი მოდელირება შესაძლებელია [7]. ისინი ხსნიან თუ როგორ ვრცელდებიან სივრცეში ინოვაციები (იდეები, ახალი ტექნოლოგიები, პროდუქტები). მან გამოიკვლია ტერიტორიულ ერთეულთა სისტემაში ინფორმაციის გავლის გზები: რა სიჩქარით და რა არხებით ვრცელდება დიფუზიური ტალღები. აღმოჩნდა, რომ დიფუზიის ანუ გავრცელების სიჩქარე დამოკიდებულია არა იმდენად მანძილზე, არამედ ცალკეული ქალაქების გადაცემის სიმძლავრეზე, რომლის მეშვეობითაც იგი ხორციელდება, ასევე კონტაქტების ინტენსივობასა და ეფექტურობაზე. ინოვაციების დიფუზიის გავრცელების სიჩქარე ასევე დამოკიდებულია ინოვაციებისადმი გარემოს მზაობაზე, მის ადაპტაციის უნარზე, ხოლო ეს ფაქტორები არაერთგვაროვანია სხვადასხვა დასახლებებისათვის. ანუ, ძნელია ავიღოთ და გადავაადგილოთ ინოვაციები ა პუნქტიდან ბ პუნქტში ხელისუფლების გადაწყვეტილებით.

გამოყოფენ სივრცითი დიფუზიის ორ მოდელს: იერარქიულსა და სამეზობლო (ახლო) დიფუზიას; ზოგიერთი მკვლევარი ასევე ხაზს უსვამს ქსელურ მოდელსაც. პირველი მოდელის მიხედვით დიფუზია ჩვეულებრივ მიდის დასახლებათა იერარქიული სისტემით - უმსხვილესი ქალაქებიდან ნაკლებად მსხვილისკენ და შემდეგ პერიფერიისკენ, ხოლო დიფუზიის მეორე მოდელია აგლომერაციის შიგნით, უმსხვილესი ქალაქი-ცენტრებიდან მათ საგარეუბნო ზონებამდე. ჰაგერსტრანდი აღნიშნავს დიფუზიის ბარიერებსაც (ეთნოკულტურული, პოლიტიკური საზღვრები და ა.შ.), რომლებიც არ აძლევს ინოვაციებს გავლის/გავრცელების საშუალებას.

ჰაგერსტრანდის იდეებმა, XX საუკუნის ბოლოს, საფუძველი ჩაუყარეს მრავალი რეგიონული პოლიტიკის პროგრამებსა და რეგიონული ზრდის მრავალ თეორიას. შემოთავაზებული მეთოდები გამოიყენება მსოფლიოს რეგიონებსა და ქვეყნებში საბაზრო გარემოს განვითარების დასადგენად.

რეგიონალური ეკონომიკა როგორც მეცნიერება გაჩნდა XX საუკუნის 50-იან წლებში. მასზე ძლიერი გავლენა მოახდინა კეინსიანურმა მაკროეკონომიკურმა მოდელებმა. რეგიონულ მეცნიერებაში უკვე XX საუკუნის 70-იანი წლებიდან ჩამოყალიბდა მდგრადი კონსენსუსი სივრცითი განვითარების მთავარ თავისებურებასთან დაკავშირებით - სივრცე არ შეიძლება იყოს თანაბარი. ამ უთანაბრობის ახსნა შესაძლებელი გახდა ორი ძირითადი თეორიული კონცეფციის მეშვეობით:

1. ცენტრო-პერიფერიული თეორია [8,9];
2. ახალი ეკონომიკური გეოგრაფია [10, 11].

ეკონომიკაში „ცენტრო-პერიფერიის“ თეორიის ფუძემდებელია ფონ ფრიდმანი. ამ თეორიის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ყოველთვის არსებობენ ცენტრები, რომლებიც თავისი პერიფერიიდან იზიდავენ რესურსებს (ადამიანურს, ფინანსურს, ბუნებრივ) და ახდენენ მათ კონცენტრაციას, რაც იძლევა საშუალებას თვით ცენტრების ინოვაციური ცვლილებებისა. ამის შემდეგ ხდება უკუპროცესი, ინოვაციების ტრანსლირება/გადაცემისა უკან პერიფერიაზე დროის განსაზღვრულ მონაკვეთში. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ინოვაციების დიფუზია დამოკიდებულია ბარიერებზე, რომელიც ხდება მას ინოვაციების მოძრაობის გზაზე.

ცენტრო-პერიფერიული მოდელი ხაზს უსვამს ქალაქების როლს ქვეყნის განვითარებაში, როგორც მთავარ მამოძრავებელ ძალას მოდერნიზაციის იმპულსების გადაცემისა მის პერიფერიაზე და აღნიშნავს, რომ სუსტად განვითარებული და რესურსულად მეზღუდული ქალაქები გარდაუვალად ხდებიან განვითარების შემაფერხებლები. თუ ქალაქ ცენტრებში ხდება მხოლოდ რესურსების კონცენტრაცია და ინოვაციების დიფუზია პერიფერიაზე შეზღუ-

დულია, ვიღებთ ჰიპერტროფირებულ ცენტრს და განუვითარებელ პერიფერიას, ამ შემთხვევაში პრობლემა გვაქვს ინოვაციების გავრცელების ხელშემწყობ ინსტიტუციებში და ეკონომიკურ არხებში. უნდა ითქვას, რომ ეს მოდელი მუშაობს ყველა დონეზე — მსოფლიო ქალაქებიდან და მსხვილი აგლომერაციებიდან დაწყებული ვიდრე რეგიონულ და ადგილობრივ ცენტრებამდე.

აქედან გამომდინარე შეიძლება ითქვას, რომ საქართველოში ყველა დონეზე ინოვაციების გავრცელების პროცესი ნელია ძლიერი ცენტრისა და პერიფერიის უთანასწორობის გამო, როგორც ნაციონალურ დონეზე, ქალაქებსა და რეგიონებს შორის, ასევე, შიდა რეგიონულ დონეზე (ქალაქებსა და პერიფერიას შორის).

ამრიგად, უკუ კავშირთან დაკავშირებული პრობლემები გავლენას ახდებს ქვეყნის მთლიანობასა და ერთგვაროვნებასთან დაკავშირებულ რისკებზე. ეს მოდელი უნდა მუშაობდეს ორივე მიმართულებით, რაც იმას ნიშნავს, რომ სახელმწიფო უნდა ატარებდეს ინოვაციური პროცესების სიღრმისეული განვითარების პოლიტიკას. ამ შემთხვევაში სისტემა ასე თუ ისე ნორმალურად ფუნქციონირებს.

ეკონომიკის სივრცითი კონცენტრაციის პროცესების კვლევები „ახალი ეკონომიკური გეოგრაფიის“ ფარგლებში გაჩნდა გასული საუკუნის 90-იან წლებში. თეორია შექმნეს ნობელის პრემიის ლაურეატმა პ. კრუგმანმა, მ. ფუჯიტამ და ე. ვენაბლსმა. მათ შეძლეს აეხსნათ ურბანისტიკაში ეკონომიკური სფეროს სივრცითი კონცენტრაცია მათემატიკური მოდელების დახმარებით. მათ ახსნეს, რომ განვითარება დაფუძნებულია კონკურენტულ უპირატესობებზე. ამ უპირატესობებს შორის პ. კრუგმანმა გამოყო განვითარების ფაქტორთა სისტემა, რომელიც დაჰყო ორ ჯგუფად:

1. „პირველადი ბუნების“ ფაქტორები — ეს არის მდიდარი ბუნებრივი რესურსები, გეოგრაფიული მდებარეობა — ხელსაყრელი ან არახელსაყრელი. ეს ფაქტორები არ არის შექმნილი ადამიანის მიერ;

2. „მეორადი ბუნების“ ფაქტორები — აგლომერაციული ეფექტი (კონცენტრაციის უპირატესობა (მასშტაბის ეფექტი) და მრავალფეროვნება), ადამიანური კაპიტალი, ინსტიტუტები (ნორმები და წესები, რომლებთა მიხედვითაც ცხოვრობს საზოგადოება). მათ შეუძლიათ ხელი შეუწყონ ან შეუშალონ განვითარებას. პოსტსაბჭოთა ეკონომისტ-რეგიონალისტები ამ ფაქტორებს უმატებენ მეოთხე კომპონენტსაც, ინფრასტრუქტურას, რომელიც წარმოადგენს საკვანძო ფაქტორს და რომლის გარეშედაც წარმოუდგენელია სივრცის განვითარება/მოდერნიზაცია. „მეორადი ბუნების“ ფაქტორები შექმნილია ადამიანების მიერ.

„პირველადი ბუნების“ ფაქტორები, ძირითადად, დომინირებენ განვითარების ინდუსტრიალურ სტადიაზე, ხოლო „მეორადი ბუნების“ — პოსტინდუსტრიული განვითარების სტადიაზე. ეს უკანასკნელი თამაშობს საკვანძო როლს მოდერნიზაციაში.

ერთ-ერთი თეორია, რომელმაც მნიშვნელოვანი როლი ითამაშა რეგიონული პოლიტიკის მიზნებისა და ინსტრუმენტების ჩამოყალიბებაში არის კლასტერული თეორია. მისი ჩამოყალიბების იდეა ეკუთვნის მაიკლ პორტერს [12,13]. კლასტერები მან განსაზღვრა, როგორც ერთი და იგივე ან ურთიერთდაკავშირებული დარგის საწარმოთა ტერიტორიულად ლოკალიზებული ჯგუფები, რომლებიც სწრაფად ვითარდებიან ინფორმაციის, კვალიფიციური მუშაკების, ტექნოლოგიებისა და გამოცდილების გაცვლის გზით, საერთო ინფრასტრუქტურის გამოყენებით, ანუ კონკურენციისა და ურთიერთქმედების გარკვეული სიმბიოზით. მ. პორტერმა ეს ჯგუფები დააკავშირა სხვადასხვა ინსტიტუტებთან (ბანკები, უნივერსიტეტები, ადგილობრივი ლიდერები და ხელისუფლება), სადაც სხვადასხვა აქტორების (არა მხოლოდ პროდუქტის შემქმნელი) სივრცითი სიახლოვე ქმნის ერთგვარ ერთობას და აუმჯობესებს მათი კონტაქტებისა და ურთიერთობების სიხშირესა და ოპერირების ეფექტურობას.

ზემოთ აღნიშნული ფართომასშტაბიანი ეკონომიკის უფრო სწრაფად და ეფექტურად გამოყენების საშუალებას იძლევა. ის ასევე აუმჯობესებს პროდუქტის განვითარების პროცესს, სადისტრიბუციო ქსელებს, რაც საშუალებას იძლევა გააფართოვოს კლასტერის კონკურენტული უპირატესობა. მთლიანობაში კლასტერის ღირებულება უფრო დიდია, ვიდრე

თითოეული მეწარმის ჯამური ღირებულება, რადგან კომპანიებს შორის შექმნილი კავშირები ქმნიან დამატებით ღირებულებას.

კლასტერების კონცეფციის შექმნისას პორტერის ამოსავალი წერტილი არის ე.წ. ლოკალიზაციის პარადოქსი, რომლის მიხედვით, თანამედროვე ეკონომიკაში საქონელი იწარმოება ადგილობრივად, მაგრამ იყიდება გლობალურად. ამრიგად, თუ მეწარმეობლებს სურთ შეინარჩუნონ თავიანთი კონკურენტული უპირატესობა, აუცილებელია მათი სივრცითი კონცენტრაცია და მათი თანამშრომლობა ინსტიტუტებთან, ეს იწვევს კონკურენციას, აიძულებს კომპანიებს გააუმჯობესონ კონკურენტუნარიანობა, მაგრამ ასევე ქმნის პოტენციალს ახალი ერთობლივი წარმოების დასაწყებად.

დასკვნა

როგორც ცნობილია, ამ ეტაპზე აქტიურად მიმდინარეობს საქართველოს რეგიონებისა და ქალაქების სოციალურ-ეკონომიკური და სივრცითი განვითარების სტრატეგიების შემუშავების პროცესი. აქედან გამომდინარე, მიგვაჩნია, რომ ახალი რეალობები საჭიროებს სახელმწიფოს მხრიდან ქვეყნის სივრცითი პოლიტიკის ვექტორის შეცვლას და სტრატეგიების ფორმირების სხვაგვარი ალგორითმის ფორმირებას, განვითარების ინოვაციურ მეტოდებზე გადასვლას, დაფუძნებულს ცოდნაზე, ინფორმაციაზე, შემოქმედებითობაზე... წინამდებარე ანალიზის ერთ-ერთი ძირითადი მიზანია მდგომარეობის თეორიისა და პრაქტიკის ისეთი მიმართულებების დადგენაში, რომლებიც ხელს შეუწყობენ რეგიონებსა და ქალაქებს იპოვონ თავიანთი ადგილი ახალ ეკონომიკურ და ტექნოლოგიურ რეალობაში და შეძლონ მონაწილეობა მიიღონ ქვეყნის განსახლების მდგრადი კარკასის ფორმირებაში. უდავოა, რომ ზემოთ განხილული სივრცითი, ეკონომიკური და გეოგრაფიული მოდელების თეორიული ბაზა ამის უნიკალურ საშუალებას იძლევა, მითუმეტეს რომ არსებობს მათი პრაქტიკული გამოყენების უცხოური გამოცდილება და დადებითი პრაქტიკა.

ლიტერატურა

1. Тюнен И. Г. Изолированное государство в его отношении к сельскому хозяйству и национальной экономике: пер. с нем. – М.: Экономическая жизнь, Т. 1, 1926, 219 с.
<https://archive.org/details/Tunen/page/n185/mode/2up?view=theater>
2. [Lauhhardt W. Die Bestimmung des zweckmässigsten Standortes einer gewerblichen Anlage](#) Архивная копия от 18 апреля 2018 на [Wayback Machine](#) // [Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure](#). v.26 (Mar), 1882, pp. 106-115.
3. https://studme.org/1275121324450/ekonomika/teoriya_razmescheniya_promyshlennosti_alfreda_vebera_#420
4. Marshall A. Principles of Economics. -London: Macmillan. 1890, 754 p.
5. Cristaller W. The Central Places of Southern Germany. – Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hill, 1966, 119 p.
6. Перру Ф. Экономическое пространство: теория и приложения. // *Пространственная экономика*, 2007, № 2, сс. 77-93.
7. T. Hagerstrand Innovation Diffusion as a Spatial Process. Postscript and translation by Allan Pred. Chicago and London, The University of Chicago Press, 1967, XVI p. 334 p.
8. Friedmann J. Regional development policy. Boston, Mass. Inst. Techn, 1966.
9. გვენცაძე ნ.ა., ჩხეიძე ნ.ა. საქართველოს ქალაქები მოდერნიზაციის მოლოდინში. // საქართველოს საინჟინრო სიახლენი (GEN), 2017, #1, გვ. 52-59.
10. Krugman P. Increasing Returns and Economic Geography. // *Geography/Political Economy*, 1991, V.99, pp. 483-499.
11. ნ. ძიძიკაშვილი, კ.კიკაბიძე, ნ. ნადარეიშვილი. სივრცითი მოწყობა და რეგიონული განვითარება, პოლიტიკის დოკუმენტი N2, რეგიონული განვითარების პროგრამა (GARF-RD), თბილისი 2016, გვ. 72-86, 90-93.
12. Michael Porter. "Clusters and New Economics of Competition," *Harvard Business Review*; November - September 1999, p. 78.

13. ნ. აბუაშვილი, დ. ახვლედიანი, ნ. ფარცხალაძე. რეგიონთაშორისი და მუნიციპალიტეტთაშორისი თანამშრომლობა და კლასტერული განვითარების შესაძლებლობები; პოლიტიკის დოკუმენტი N2, რეგიონული განვითარების პროგრამა (GARF-RD), თბილისი 2016, გვ. 51-53.

SUMMARY

THE ROLE OF SPATIAL THEORIES IN THE DEVELOPMENT OF TERRITORIAL STRATEGIES FOR REGIONAL DEVELOPMENT

Chkheidze N.A. and Khutsishvili T.T.

Georgian Technical University

The article provides a comprehensive analysis of the history and evolution of regional spatial theories. It meticulously examines the contributions of esteemed scientists, including G. Myrdal, W. Cristaller, F. Perroux, T. Hagerstrand, M. Friedmann, P. Krugman, M. Porter, and many others, to the development of these theories. The article confidently highlights the immense potential of these theories and models in explaining modern trends and general patterns of spatial development. Moreover, it asserts the practicality and efficacy of these theories in shaping the spatial-territorial development of settlements.

Keywords: special planning theories and models, regional development, the center-periphery; cluster, New Economic Geography, innovation.

ვენის ქალაქგეგმარებითი პრაქტიკა - ოტო ვაგნერის შემოქმედების ზოგადი მიმოხილვა

ბეჟამვილი ე.ვ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

უკვე რამდენიმე ათეული წელია ვენა მსოფლიოს ყველაზე წარმატებულ ქალაქებს შორისაა, სადაც ცხოვრების ხარისხი, მოქნილი ინფრასტრუქტურა და ინოვაცია ურბანული სისტემების მართვის პროცესებში მუდმივი მსჯელობის საგანია. ავსტრიის დედაქალაქი ბოლო რამდენიმე წლის განმავლობაში რეგულარულად იკავებს მსოფლიო ქალაქებს შორის პირველ ადგილს ცხოვრების ხარისხის შეფასებისას. Economist Intelligence Unit (EIU)-ის წლიური გლობალური ქალაქების სიცოცხლისუნარიანობის ინდექსის მიხედვით (Global Liveability Index), ავსტრიის დედაქალაქმა 2023 წელს კვლავ პირველი ადგილი დაიკავა 173 გაანალიზებულ ქალაქს შორის. ინდექსი ეფუძნება 30 ფაქტორს ხუთ კატეგორიაში: სტაბილურობა, ჯანდაცვა, განათლება, კულტურა, გარემო და ინფრასტრუქტურა. (www.wien.info)

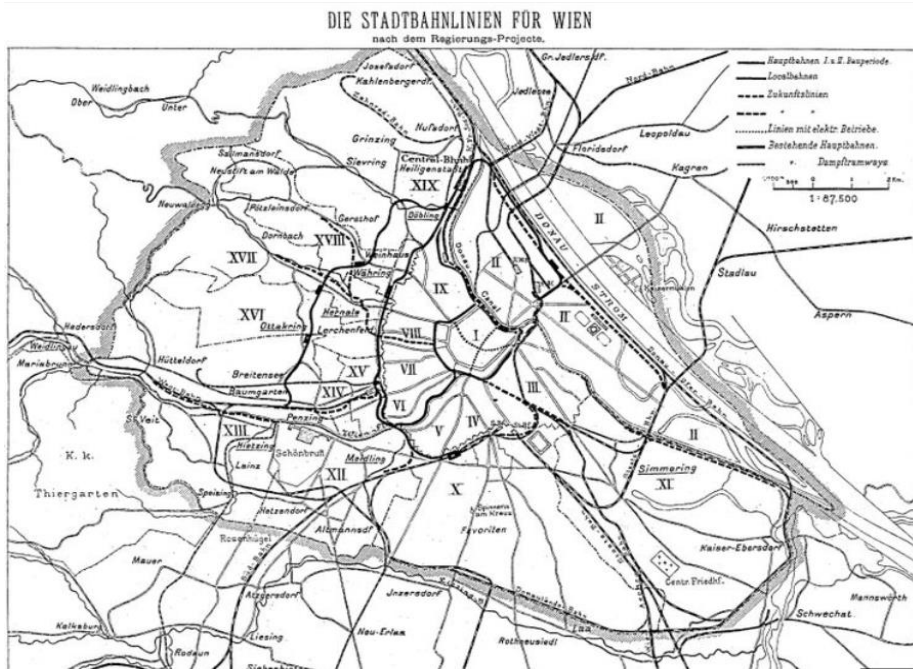
ანგარიშის მიხედვით, ქალაქის წარმატების საფუძველს მისი „სტაბილურობის, ხარისხიანი კულტურისა და გართობის, საიმედო ინფრასტრუქტურის, სანიმუშო განათლებისა და ჯანდაცვის სერვისების მომგებიანი კომბინაცია წარმოადგენს“ [1].

ქალაქი პერმანენტულად ფართოვდება, შესაბამისად იზრდება მოთხოვნა ხელმისაწვდომ და ფუნქციონალურ საცხოვრებელ სახლებზე, ძლიერ და ჭკვიან სატრანსპორტო სისტემებზე, რაც მდგრადი ქალაქის მოთხოვნებზე ორიენტირებულ კონცეფციებს საჭიროებს. ქალაქის ხელმძღვანელობის მიზანია ამ გამოწვევებზე სათანადო და დროული რეაგირება. ვენის მთავრობამ 2013 წელს შეიმუშავა და გამოაცხადა „Smart City Wien“-ის ინიციატივა, რომელიც გადაიზარდა „Smart City Framework“-ის დოკუმენტში. მასში განსაზღვრულია ქალაქის განვითარების გრძელვადიანი სტრატეგია, რომლის მიხედვითაც სამ ძირითად ასპექტებზე - რესურსები, ცხოვრების ხარისხი და ინოვაციები — აღებულია ორიენტირი და გაწერილია შესაბამისი პროგრამები. სტრატეგიის მიზანია 2050 წლისთვის, რესურსების რაციონალური მოხმარებით, ჭკვიანი ტექნოლოგიების და ინოვაციების გამოყენებით, დეტალური ნაბიჯების და განსახორციელებელი გეგმა-პროგრამების საშუალებით, ქალაქში ყველა მაცხოვრებელთათვის ცხოვრების საუკეთესო ხარისხის უზრუნველყოფა (Smart City Wien Framework Strategy (an umbrella strategy for Vienna’s sectoral strategies, plans and programs), 2013–2025. www.smartcity.wien.gv.at)).

უნდა აღინიშნოს, რომ ვენის გონივრულად და მდგრადობის პრინციპებით ნაკარნახევ განვითარებას ჯერ კიდევ მე-19 და მე-20 საუკუნეების მიჯნაზე ჩაეყარა საფუძველი, პროგრესული და წინდახედული არქიტექტორის და ურბანისტის ოტო ვაგნერის წყალობით. მისი უამრავი დაპროექტებული შენობა, ისევე როგორც თეორიული მასალა სივრცით გეგმარებაზე ცხადყოფს ავტორის გონივრულ, მომავალზე ორიენტირებულ ხედვას. მისი პროექტები ხშირად კორექტირდება და ავტორის მიერ ადაპტირებულია შესაბამისი დროის მოთხოვნებთან, შენობების დანიშნულებასთან და მომხმარებელთან. ისტორიზმიდან მოდერნიზმამდე მიმავალ გზაზე ვაგნერი იხრებოდა ფუნქციური არქიტექტურისაკენ, ნოვატორულად და შესანიშნავად იყენებდა ახალ მასალებს და ცდილობდა მორგებულყოფი თანამედროვე ცხოვრების წესს თავის ნამუშევრებში. მის ასეთ მამაც ხედვებს და იდეებს არ იზიარებდა ტრადიციონალისტების და კონსერვატორების იმდროინდელი საზოგადოება, რომელიც ხშირად მტრულად იყო განწყობილი მომავალი პროექტების მიმართ. ეს ასევე განმარტავს იმას, თუ რატომ არ განხორციელდა ოტო ვაგნერის მრავალი პროექტი, განსაკუთრებით ვენის საზოგადოებრივი სივრცეების და შენობების განვითარების მიმართულებით.

მე-19 საუკუნის 90-იან წლებში ვენის მოსახლეობამ მილიონ ნახევარს გადააჭარბა, შესაბამისად იმ დროინდელმა ქალაქის მთავრობამ გადაწყვიტა ურბანული სატრანზიტო სისტემის გაფართოება ახალ უბნებთან კავშირების უზრუნველსაყოფად. 1894 წლის აპრილში

ვაგნერი დასახელდა ახალი სატრანსპორტო სადგურების სისტემის განვითარების პროექტის „Stadtbahn“-ის (სურ.1) მთავარ განმახორციელებლად და მხატვრულ მრჩეველად, რომლის ფარგლებშიც მას უნდა უზრუნა ხიდების, ვიადუკებისა და სადგურების, მათ შორის ლიფტების, მანიშნებლების, განათების და სხვა ურბანული დეკორის დიზაინზე. ვაგნერმა დაიქირავა სამოცდაათი მხატვარი და დიზაინერი თავისი სატრანსპორტო სადგურებისთვის, მათ შორის ორი ახალგაზრდა არქიტექტორ-დიზაინერი (იოზეფ მარია ოლბრიხი და იოზეფ ჰოფმანი) რომლებმაც მოგვიანებით ძალიან დიდი როლი ითამაშეს ქალაქის ახალი, თანამედროვე არქიტექტურის და ამ არქიტექტურასთან დაკავშირებული მოძრაობის ჩამოყალიბებაში.



სურათი N 1. ო.ვაგნერი, ვენის სარკინიგზო ქსელის გეგმა „Stadtbahn“

ვაგნერმა დააკავშირა თანამედროვე ვენა მის ისტორიულ და ბუნებრივ საფუძვლებთან. ვინაიდან ძველი სავაჭრო გზები სამდინარო გზებს მიჰყვებოდა, „Stadtbahn“ სისტემის რადიალებიც მათ პარალელურად გადის. უფრო მეტიც, ვაგნერის სატრანსპორტო ქსელი ინარჩუნებს უძველეს კავშირს მდინარეებსა და ხალხთა მოძრაობას შორის, რაც ეკონომიურადაც და ტექნიკურადაც მომგებიანია. მაგრამ მთავარი ისაა, რომ ვაგნერმა ამ კომბინაციას ესთეტიკური კომპონენტი შეუთავსა, ვინაიდან გეგმის მიხედვით სარკინიგზო ხაზების გაყვანა მდინარის კალაპოტების გასწვრივ მგზავრებს უქადა სწრაფად და სასაიამოვნო პეიზაჟის ხედების ფონზე გადაადგილებას. ამ არქიტექტორის წყალობით, თანამედროვე ვენა უნიკალურ კონტაქტს ინარჩუნებს თავის ხელუხლებელ ლანდშაფტთან. გარდა ამისა, ტექნოლოგიური ინოვაციის წყალობით, „დუნაის“ არხების წყლები, უნიკალური დიზაინის გიგანტური კამხლის დახმარებით, კონტროლდებოდა. ასეთი გადაწყვეტა ამართლებს ვაგნერის სამშენებლო-ტექნიკური მეთოდოლოგიების თანამედროვე ფორმების შექმნის პროცესში ინტეგრაციის მიდგომას, სადაც არქიტექტურას ფუნქცია განაპირობებს.

ვაგნერი სულ უფრო მეტად ხაზს უსვამდა ისტორიული ფორმებისა და რომანტიზმის წარსულში დატოვებას და არქიტექტურული რეალიზმის განვითარების აუცილებლობას, სადაც მოცულობითი არქიტექტურული ფორმა ფუნქციით იყო განპირობებული. მისი წვლილი ძალზედ დიდია, როგორც ვენის თანამედროვე ინფრასტრუქტურასა და ქალაქურ პეიზაჟში, ასევე როგორც თეორეტიკოსის ამპლუაში; თანამედროვე არქიტექტურის შესახებ ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ნაშრომი სახელწოდებით „Moderne Architektur“ (Moderne Architektur),

მან 1896 წელს გამოაქვეყნა, რომელიც ეფუძნებოდა 1894 წელს ხელოვნების აკადემიაში, მის მიერ პირველი ლექციისას წარმოთქმულ საინჟინერო ტექსტს. მისი სტილისტური მიდგომები და ხედვები ითვალისწინებდა ახალი მასალებისა და ახალი ფორმების გამოყენებას, რომელიც ასახავდა ეპოქაში მიმდინარე ცვლილებებს. ვაგნერი აცხადებს, რომ ხელოვნებას და ხელოვანებს აქვთ მოვალეობა და ვალდებულება წარმოაჩინონ თავიანთი პერიოდი და რეალისტურად მიუდგენენ თავიანთ შრომით პროდუქტს ყველა არსებული პირობების და გერემოებების გათვალისწინებით [2].

რას ნიშნავს იყო თანამედროვე? თითქოს მარტივია ამ კითხვაზე პასუხის გაცემა: ყველა ვინც ახლა ცხოვრობს. მაგრამ, რეალურად, „თანამედროვე“ ბევრად უფრო მეტი შინაარსის მატარებელია. მიმდინარეობა და ტერმინი „მოდერნიზმი“ გულისხმობს იდეების ერთობლიობას, რომელიც მე-20 საუკუნის დასაწყისში ჩაისახა, სრულიად შეცვალა ამ პერიოდამდე არსებული წარმოდგენები არქიტექტურაზე და დაარღვია წინა საუკუნეების ტრადიციები. მოდერნისტული იდეები ფოკუსირებული იყო ახალი ტექნოლოგიების და ფილოსოფიური სწავლებების გამოყენებაზე. უნდა აღინიშნოს, რომ ოტო ვაგნერი იყო ერთ-ერთი იმ ადამიანთა შორის ვინც თანამედროვეობის ამ კონცეფციის განსაზღვრას და უფრო სიღრმისეულად ჩაწვდომას შეუწყო ხელი. ვენის მკვიდრი ვაგნერი იყო ადრეული მოდერნისტული არქიტექტურის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ფიგურა. მისი იდეები და მხატვრულ-ესთეტიკური ხედვები ჩაეყარა საფუძვლად „არტ-ნუვოს“ სტილის არქიტექტურულ კონოტაციას, რამაც მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა მე-20 საუკუნის ვენის ფორმირებაში.

ვაგნერმა მომავალში განაგრძო „თანამედროვე არქიტექტურაზე“ მუშაობა და ამავე სახელწოდების წიგნის სამტომეულის ფურცლებზე გამოაქვეყნა თავისი შრომები, სადაც სხვადასხვა საზოგადოებრივი დაიშნულების შენობების საპროექტო-არქიტექტურულ და სივრცით მახასიათებლებზე მსჯელობდა.

ვაგნერი, ისევე როგორც თავის თანამედროვე ბევრი ხელოვნი, ეჭვქვეშ აყენებდა წარსული სტილის გადაჭარბებულ რეპრეზენტაციას და ეძებდა ახალ გამოხატვის საშუალებას, რაც უკეთ ასახავდა მის გარშემო მიმდინარე ცვლილებებს. 1897 წელს, მხატვართა და არქიტექტორთა ჯგუფმა (გუსტავ კლიმტი, კოლომან მოზერი, მაქს კურცვაილი, იოზეფ ჰოფმანი, იოზეფ ოლბრიხი და სხვები) მიატოვა არსებული ტრადიციული „Künstlerhaus“ (ხელოვნების აკადემია) და ჩამოაყალიბა „Vereinigung Bildender Künstler Österreichs“ (ავსტრიელ მხატვართა კავშირი), რომელიც ასევე ცნობილია როგორც „Wiener Secession“ (ვენის სეცესია). თავად ვაგნერიც მალევე შეუერთდა ამ მიმდინარეობას.

ცენტრალური ევროპა მე-20 საუკუნის დასაწყისში ურბანული ბუმის მოწმე გახდა. იმ დროისთვის ამ ტერიტორიის წამყვანი სახელმწიფო ავსტრო-უნგრეთის იმპერიაა, ხოლო მისი დედაქალაქი ვენა მნიშვნელოვანი პოლიტიკურ-ეკონომიკური და ხელოვნების ცენტრია. პირველ მსოფლიო ომამდე ქალაქების კიდევ უფრო გაფართოება პროგნოზირებადი იყო. ოტო ვაგნერმა, როგორც იმპერიის წამყვანმა არქიტექტორმა და ურბანული დაგეგმარებისა და არქიტექტურის თეორიის ექსპერტმა, 1911 წელს გამოაქვეყნა თავისი ხედვა ქალაქების მომავლის და მათი ევოლუციის შესახებ [3], სადაც ის აყალიბებს მკაფიო წესებს იმის შესახებ, თუ როგორ უნდა გაფართოვდეს ქალაქი რაციონალურად, ხარისხიანად, კონტროლირებადი წესით. ვაგნერი ურბანისტი-არქიტექტორია: მისი რეალიზებული ნამუშევრების უმრავლესობა ურბანულ კონტექსტის გათვალისწინებით იყო დაპროექტებული. მომავალზე ორიენტირებულ ნაშრომში "დიდი ქალაქი" ავტორი იხილავდა იმ პერიოდისთვის აქტუალურ ქალაქგეგმარებით პრობლემებს და ხსნიდა, თუ როგორ უნდა მართულიყო დიდი ქალაქების გაფართოების პროცესი. „დიდი ქალაქი“ წარმოადგენდა ვაგნერის პასუხს ვენის ზოგადი რეგულირების გეგმის შედგენის კონკურსზე. ინგლისურ ენაზე დაბეჭდილი წიგნის ვერსია უზრუნველყოფდა მის იდეებზე მსოფლიო მასშტაბით პროფესიონალების წვდომას.

ის განიხილავს ურბანული გეგმარებით პრინციპებს მის მიერ შემუშავებულ რეგულირების გეგმებში პრაქტიკული მაგალითების ფონზე. თეორიული კვლევა-ძიების ბიძგის ერთ-ერთი ასპექტი იყო მისი თანამედროვე ვენის რეგულირების გეგმებით უკმაყოფილება.

„Gründerzeit“-ის სახელით მოხსენიებული ეპოქა ცენტრალურ ევროპაში ურბანული ბუმით ხასიათდებოდა. ეს პერიოდი მე-20 საუკუნის პირველი მეხუთედს მოიცავს, რომლის დროსაც ბევრ ქალაქში მოსახლეობის რაოდენობა საგრძნობლად გაიზარდა. ამ ტენდენციის გათვალისწინებით ვაგნერის თეორიული შრომების მთავარი ამოსავალი წერტილი იყო ქალაქების ზრდის პარალელურად ზრუნვა მზარდი ტერიტორიების სწორად დაგეგმარებაზე, ისე რომ საცხოვრებელი რაიონები, საზოგადოებრივი შენობები, მთავარი ქუჩები, მათი საორგანიზაციო და უზრუნველყოფის სერვისები გონივრულად და სარგებლიანად განთავსებულიყო; ვაგნერი თვლიდა, რომ წინააღმდეგ შემთხვევაში, სასურველი შედეგის ნაცვლად წარმოიქმნებოდა ქაოსი, რომლის წესრიგის აღდგენა მხოლოდ უზარმაზარი ხარჯებით იქნებოდა შესაძლებელი. ის მეთოდოლოგიურად განასხვავებს და ახლისგან აცალკევებს არსებულ უბნების რეგულირებას და ხაზს უსვამს შორსმჭვრეტელობისა და წინასწარ დაგეგმვის აუცილებლობას, რათა შესაძლებელი იყოს ქალაქების სწრაფი გაფართოების პრობლემასთან გამკლავება.

ვაგნერის პრინციპები ფესვს იღებს ვენის ურბანული განვითარების ტრადიციაში. მან ჯერ კიდევ 1892–93 წლებში გამოიყენა რადიალური და წრიული ქუჩების არსებული, თანდათანობით განვითარებადი სისტემა, როგორც ამოსავალი წერტილი დედაქალაქისთვის დამუშავებულ თავის პირველ რეგულირების გეგმაში. ვენაში, თავისუფლად დაკავშირებული ცალკეული გარეუბნების რგოლი (Vorstädte), ღია სარტყელი რგოლის გარეთ (Glacis), უკვე არსებობდა მე-18 საუკუნეში. მათი ქუჩების ბაღე-ქსელი პრაგმატული გათვლებით დაშვებული დარღვევებით იყო ადაპტირებული შესაბამის ლოკალურ სიტუაციასთან და რადიალური ქუჩების გარდაუვალად დახრილ კუთხეებთან. ვენის კიდევ ერთი მახასიათებელი, რომელიც უნდა აღინიშნოს, არის რინგმეტრასეს (Ringstraße) არქიტექტურა. ეს კლასიკური მონუმენტალური სტილის ბულვარი ამენდა ცარიელ ადგილზე, რათა დაეკავშირებინა შუა საუკუნეების ქალაქის ცენტრი ზემოხსენებულ გარეუბნებთან. მაგრამ აღნიშნული გარემოება არ იძლეოდა ქალაქის უცარ ურბანიზაციაზე პასუხს, შესაბამისად არქიტექტორების პირველად ამოცანას წარმოადგენდა ამ მზარდი ტერიტორიების ახალი მუშათა კლასის ადეკვატურ საცხოვრებელზე და მათ სატრანსპორტო მარშრუტების დაგეგმვაზე გათვლა, რათა უზრუნველყოფილი ყოფილიყო მშრომელი მოსახლეობის ყოველდღიური გადაადგილება.

ვაგნერისთვის კარგად ნაცნობი იყო თავის მშობლიური ქალაქის გამოწვევები. ის უკვე 1898 წელს განიხილავს ტრანსპორტის ორგანიზაციის საკითხებს, ეკონომიკური სარგებლის და მზარდი სანიტარული მოთხოვნების პრობლემებს და მათ მნიშვნელობას. მისი გაფართოებული ბაღე-ქსელი წააგავს ილდეფონს სერდას (Ildefons Cerdà) გეგმას, რომელიც წარმოადგენს ბარსელონაში განხორციელებულ მოდულ ბაღეს-დანაწევრებული უბნების ქსელს; გეგმა ეფუძნება შენობებით შემოსაზღვრულ ოთხკუთხა ფორმირების პრინციპს, შიდა საზოგადოებრივი და საერთო სარგებლობის სივრცეებით, რაც სტრუქტურით და ფორმით ვაგნერისეულ მოდელს ჰგავს [4].

ძირითადი მსგავსება ისაა, რომ ორივე გეგმაში მთავარი ელემენტია ურბანული ბლოკი და შესაბამისად შემოდობილი ქუჩები. თუმცა, მსგავსება აქ ქრება. სერდას ბაღე არ ასახავს არსებულ ქალაქის ბირთვს და მისი შემთხვევით წარმოქმნილი დიაგონალური ქუჩები ვაგნერის სისტემაში არ ფიგურირებს. მსგავსი დიაგონალური ქუჩები წარმოდგენილია დანიელ ჰადსონ ბერნჰემის (Daniel Hudson Burnham) 1909 წელს ჩიკაგოსთვის შემუშავებულ გეგმაში; კიდევ ერთი ნამუშევარი, რომელიც ზოგჯერ ვაგნერის ნაშრომის პარალელურად მოიხსენიება [5].

ჩიკაგოს გეგმაში ცნობილი ამერიკელი ურბანისტი და არქიტექტორი წარმოაჩენს პროექტების ინტეგრირებულ სერიას, სადაც ახალი და გაფართოებული ქუჩები, პარკები, ახალი სარკინიგზო და ნავსადგურის ობიექტები, სამოქალაქო შენობებთან ერთად ინტეგრირებულია არსებულ გეგმარებაში და ამყარებს ღია კავშირს ტბა მიჩიგანთან. მიუხედავად იმისა, რომ გეგმის მხოლოდ ნაწილი განხორციელდა, დოკუმენტმა შეცვალა ჩიკაგოს ცენტრალური ტერიტორიის იერსახე და მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინა მსხვილი ამერიკული ქალაქების გეგმარებით ტენდენციებზე [6].

„დიდ ქალაქში“ წარმოდგენილი ვაგნერისეული ურბანული ზრდის კონცეფცია არ აწესებს შეზღუდვებს ქალაქის საზღვრებს, მაგრამ უზრუნველყოფს გაფართოების მოწესრიგებულ მეთოდს — 100,000-დან 150,000 ადამიანზე გათვლილი უბნების თანმიმდევრული დამატების გზით. ისინი ინტეგრირებულნი არიან რგოლებისა და რადიალური ბულვარების დიდ, ობობას ქსელის მსგავს სისტემაში, რომელიც საწყისს იღებს და იშლება ცენტრალური ურბანული ბირთვიდან. ვაგნერი ამ ნარკვევში ემიჯნება კამილო სიტესა და მისი მიმდევრების სივრცით გეგმარებით მეთოდებს, რომელსაც ის აკრიტიკებს ხელოვნურად თვალწარმტაცი ხედების შესაქმნელად გამოყენებულ ქუჩების და მოედნების დაუსაბუთებელ არასწორხაზოვან, ხვეული გეგმარებითი ფორმების გამო. მომავალი იდეალური მეგაპოლისის სივრცითი მოწყობის პროცესის ტექნიკურად გამართვის მიზნით ვაგნერმა შეიმუშავა განხორციელების მექანიზმი, რომელიც გულისხმობდა სახელმწიფოს მიერ ქალაქის განაპირა ურბანულ სარტყელში მიწების წინასწარ შესყიდვას და შემდგომში კერძო პირებზე გასხვისების და ინვესტიციების მოზიდვის მიზნით. აღნიშნული პროცესი უნდა წარმართულიყო სახელმწიფოს მხრიდან მკაცრი რეგულირების ქვეშ, მისი გამოყენების პირობების და გაწერილი სამშენებლო ნორმატივების შესრულების კონტროლით. მას სჯეროდა, რომ სანამ ახლად შექმნილი საჯარო მიწას სამშენებლოდ გამოიყენებდნენ, ქალაქისთვის ბევრად სარფიანი იქნებოდა მისი იჯარით გაცემა შესაბამისი საინვესტიციო ინტერესის გათვალისწინებით. ადგილობრივ მთავრობას უნდა დაერუხერვებინა ტერიტორიები თითოეულ უბანში თავისი საკუთარი მიზნებისთვის და რამდენიმე წლის შემდეგ, როცა ქალაქის გაფართოებისთვის საჭირო გახდებოდა მიწის გამოყენება, მისი ღირებულება ისე გაიზრდებოდა, რომ ბევრად გადააჭარბებდა პირველად საინვესტიციო ფასს და ქალაქს მილიონობით მოგებას მოუტანდა [7].

ვაგნერი მთავარ აქცენტს მომავლის დიდ ქალაქზე აკეთებს, რომელიც ფართოვდება და შესაბამისად საჭიროებს გონივრულ განაშენიანების გეგმებს, რათა თავიდან აცილებულ იქნეს ქაოტური, არარაციონალური ურბანიზაცია. მისი გეგმარებითი პრინციპის ქვაკუთხედი ეფუძნება ანტიკურ რადიალურ-წრიულ ურბანულ-გეგმარებით სისტემას; მსგავსი პრინციპია გამოყენებული ე.ჰოვარდის ქალაქი-ბაღის გეგმარებაშიც, მაგრამ უფრო ფართო მასშტაბით. ვაგნერის სისტემა გულისხმობს ქალაქის ცენტრის ირგვლივ განთავსებულ ცალკეული უბნების ზონებს, რომლებიც გამოყოფილია წრიული „ზონალური“ გამზირებით. ცენტრს გარეუბნებთან აკავშირებს რადიალური ქუჩები; კვეთებით იქმნება ავტონომიური პატარა ქალაქები მწვანე სარეკრეაციო ზონებით: პარკების, ბაღების და სათამაშო მოედნებით. რესტორნებით, მაღაზიებით და სხვა მომსახურების ობიექტებით სავსე ფართე და გრძელი რადიალური ქუჩების გარდა, უბნები მოიცავს პატარა წყნარ და მყუდრო ქუჩებს სეირნობისთვის, კაფეებით, შადრევნებით და სკულპტურებით მოწყობილ მოედნებს და ღია სივრცეებს. ვაგნერი უბნებს შორის მწვანე სარტყლების მოწყობას არასაჭიროდ მიიჩნევს, რადგან რადიალურ ქუჩებთან მათი გადაკვეთის შედეგად გარდაუვალია მომავალში მათი განაშენიანება, რასაც შემდგომში მწვანე სარტყლების სრულიად გაქრობა მოყვება.

იმ პერიოდისთვის არსებული მრავალი უტოპიური პროექტისგან განსხვავებით, „დიდი ქალაქის“ პროექტი გააზრებულია და რეალისტურ გათვლებს ეყრდნობა. გეგმარებით თითოეული უბნის ფართობი 50–100 ჰექტარია, უბნის მოსახლეობა 100-150 ათასი ადამიანი, ზონალური გამზირების სიგანე 70–100 მეტრი, საცხოვრებელი კორპუსების სიმაღლე 6–8 სართული. მომავალი ქალაქის ხელისუფლებისთვის შედგენილია შემოსავლების ფინანსური ხარჯთაღრიცხვა, რაც შესაძლებელს ხდის საზოგადოებრივი შენობების, თეატრების, მუზეუმების, ძეგლების, შადრევნების, და ასევე მოასახლეობისთვის სანატორიუმების, მოხუცებულთა და სოციალურად დაუცველთათვის სპეციალური დაწესებულებების მშენებლობას. ავტორის აზრით, მაგალითად, მომავალში დაგეგმილი ვენის 22-ე რაიონის, რომლის სრული ფართობი 5000000 კვ.მ-ია, დაახლოებით 50% საერთო სარგებლობის საზოგადოებრივ სივრცეებზეა განკუთვნილი; შესაბამისად, დარჩენილი 2500000 კვ.მ სახელ-

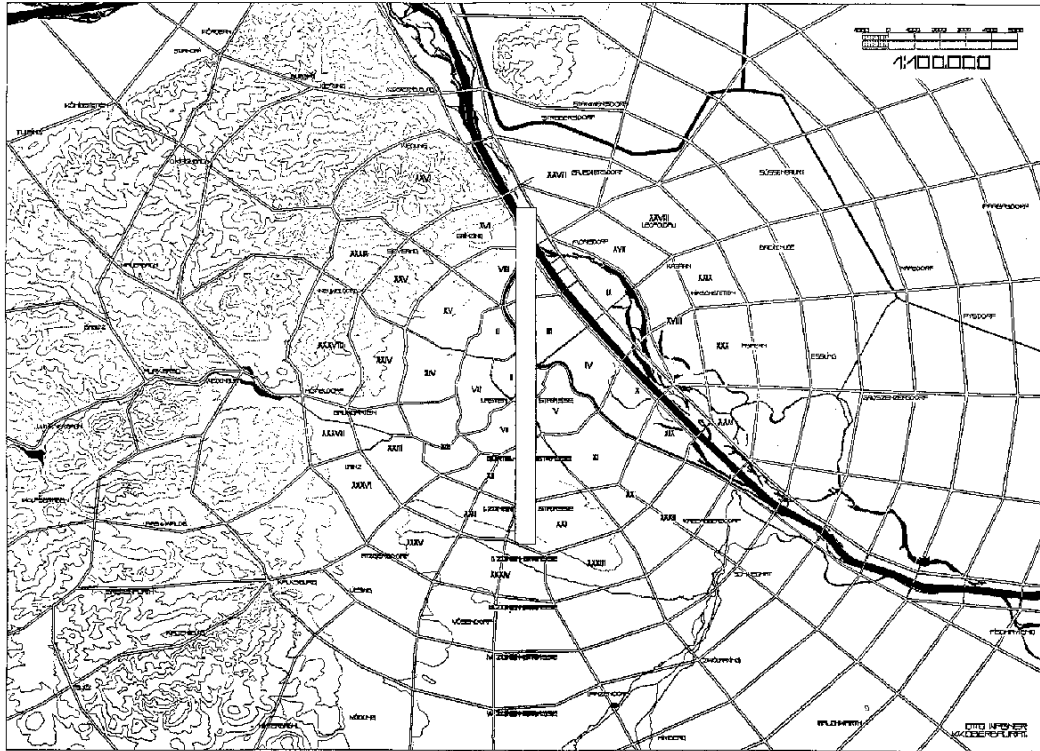
მწიფო ტერიტორიის 1 კვ.მ-ს 20 ავსტრიული კრონით გაზრდის შემთხვევაში, ქალაქი იღებს 50000000 კრონას მოგების სახით [7].

სახელმწიფოს მიერ ტერიტორიის რეგულირების მსგავსი გეგმით შესაძლებელია მუნიციპალური საცხოვრებელი სახლებისა და მომგებიანი მუნიციპალური ორგანიზაციების, როგორებიცაა ქალაქის აგურის ქარხნები, შენარჩუნება, რაც იქნება დამატებითი შემოსავლის წყარო ქალაქისთვის. ასეთი სქემის განსახორციელებლად ქალაქს ორი რამ სჭირდება: მიწის ექსპროპრიაციის კანონი, რომელიც ადვილად მიიღება, რადგან თითოეული ქალაქი მხარს უჭერს საკუთარ განვითარებას და ასეთი კანონი გადასახადების შემცირების საუკეთესო და საიმედო საშუალებაა. ასევე, ზოგადი მუნიციპალური უზრუნველყოფის ფონდის (Stadtwerzuwachs-fonds) შექმნა, რომლითაც ქალაქი დაცული იქნება უძრავ ქონებასთან დაკავშირებული რისკებისა და გაუთვალისწინებელი ხარჯებისაგან. სარგებელი, რომელიც ექსპროპრიაციის კანონმა უნდა უზრუნველყოს საზოგადოებისთვის, ბუნებრივად განკუთვნილია ქალაქის გაფართოების მიზნებისთვის ან არსებული ტერიტორიების გასაუმჯობესებლად. მსგავსი ეკონომიკური გათვლებით არის განმტკიცებული ვაგნერისეული გეგმარებითი სტრატეგიები, რაც მის პროექტს უტოპირისაგან საგრძნობლად ამორებს.

პროექტი დემოკრატიულ პრინციპების მატარებელია — მისი ქალაქის შენობებში ბინები ეკონომიური, კომფორტული და ჯანსაღია. უბნების საცხოვრებელი ბლოკები სანიტარული და ეკოლოგიური ნორმების დაცვით, მიღწევადობის და მომსახურების სისტემების უზრუნველყოფით არის დაგეგმარებული. მაგრამ, რადგან ავტორმა კარგად იცის დიდი ქალაქების მრავალსართულიანი საცხოვრებელი სახლების ერთფეროვნება, ის არქიტექტურას და შემოქმედებას იშველიებს ამ რთული ამოცანის გადაჭრისათვის. ვაგნერის აზრით არქიტექტორმა უნდა განახორციელოს ერთფეროვნულის მონუმენტურ და ესთეტიურად მიმზიდველ ხელოვნების ობიექტში გარდაქმნა. ვაგნერის პროექტი სისტემური დაგეგმარების გზით განსაზღვრავს თითოეული ქვედანაყოფის ან რაიონის ფუნდამენტურ სტრუქტურას მხატვრული, კომერციული და ეკოლოგიური(ავტორი მოიხმარს სიტყვა ჰიგიენას) საკითხების გათვალისწინებით, სანამ ქალაქის ადმინისტრაცია არ გახსნის მას განვითარებისთვის. ამ გზით წარმოიქმნება ლამაზი და ამაყდროულად პრაქტიკული, მინიატურული ქალაქი-უბნების ქსელი. ისინი წარმოაჩენენ და მომავალ თაობებს გადასცემენ ქალაქის სახვითი ხელოვნების პლასტის უწყვეტ ისტორიას და ამით აღმოფხვრიან ყოველგვარ მექანიკურ ერთგვაროვნებას. სასიამოვნო და შემოქმედებითი თვალსაზრისით დატვირთულ მრავალფეროვნებას უზრუნველყოფენ შენობები და სივრცეები, რომლებიც ძირითადად ადამიანის სულიერ განვითარებას ემსახურებიან. ასეთებია, ხელოვნების ცენტრები, სკოლები, საუნივერსიტეტო ტერიტორიები, ეროვნული ბიბლიოთეკები და სხვა.

გარდა სახელმწიფო და ეროვნული დანიშნულების შენობებისა, რომლებიც მდებარეობენ მუნიციპალურ ცენტრთან და შეიძლება მიმდებარე უბნებსაც ემსახურებოდნენ, ყველა ზონაში გათვალისწინებულია ობიექტები, რომელთა მდებარეობაც განისაზღვრება ტოპოგრაფიული პირობებით, მდინარე „დუნაის“ დინებით, ნავსადგურებით და სხვა ადგილობრივი მოთხოვნებით. ანალოგიურად, გეგმა ითვალისწინებს სივრცეებს გარკვეული საქმიანობისთვის და შენობებისთვის, როგორებიცაა საწყობები და ქარხნები, დიდი საამქროები, ბაზრები, ბაზრობები და ის დაწესებულებები, რომლებიც უნდა განთავსდეს ქალაქიდან მოშორებით; მაგალითად, სასაფლაოები, საწყობები, ყაზარმები, აეროპორტი და სხვა. [7]

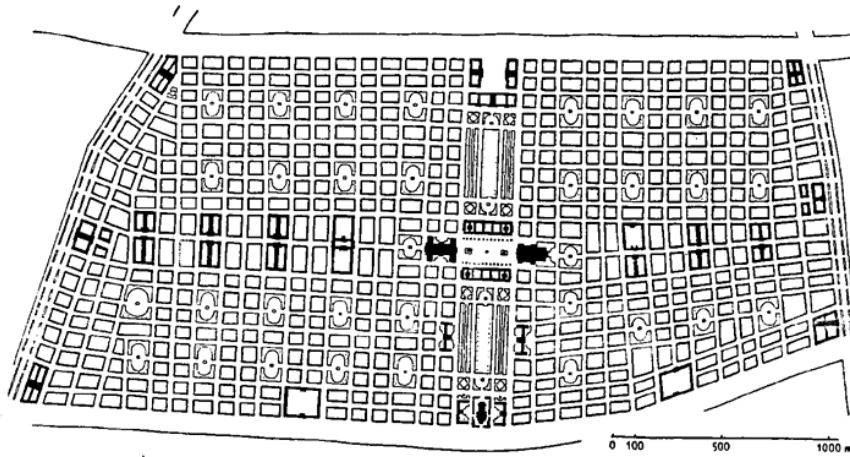
ვაგნერის მიერ შემოთავაზებული ზონირების რუკა 1:100,000 მასშტაბშია წარმოდგენილი, სადაც ნაჩვენებია ძირითადი (ზონალური და რადიალური) გზები 14 კმ-ის რადიუსში (სურ. 2).



სურათი N 2. ო.ვაგნერი „დიდი ქალაქი“, რადიალური ქუჩებით დაქსელილი ვენა

სურ. 2-ზე კარგად ჩანს, როგორ უკავშირდება ახალი უბნები ვენის არსებულ ქუჩებს და როგორ ზემოქმედებს რელიეფი წესრიგზე. ყველაზე მნიშვნელოვან შეზღუდვებს ცენტრიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთით მდინარე „დუნაი“ და „ვინერვალდის“ მთები დასავლეთით. უბნების კომპაქტური სისტემა მდინარის მეორე მხარეს მდებარე ბრტყელ ტერიტორიაზე შეიძლება განვითარდეს თითქმის ყოველგვარი შეფერხების გარეშე. ვინაიდან რგოლები იზრდება ცენტრიდან დაშორების მიხედვით, ზოგიერთი რადიალური გზა განშტოებულია, რათა თავიდან იქნას აცილებული ძალიან დიდი უბნების წარმოქმნა. თუმცა, დასავლეთის მხრიდან მთების გამო, ბაღე უსწორმასწორო ხდება; თითქმის ყველა ზონის გზა იკეტება, შესაბამისად, სისტემა წრიული ხდება. იმ ზონებში, სადაც უბნები ლანდშაფტური მახასიათებლების გამო (მაგალითად მთიანი რაიონები) უფრო დიდია, საკვანძო ფაქტორს წარმოადგენს მოსახლეობის სიმჭიდროვის კონტროლი, რადგან ყველა უბანში მაცხოვრებელთა რაოდენობა ერთნაირი უნდა დარჩეს; შესაბამისად, ასეთი კვარტლებისთვის გათვალისწინებულია შენობების დაბალი სიმჭიდროვე [7].

შემოთავაზებული XXII რაიონის რუკაზე 1:27,500 მასშტაბში (სურ. 3), ჩანს ბლოკების, საზოგადოებრივი შენობების და პარკების განლაგება. აქ მთავარი ღერძს და უბნის ცენტრს წარმოადგენს 280მ სიგანის ღია ტერიტორია, რომელზედაც განთავსებულია საზოგადოებრივი შენობები და Luftzentrum-ი დიდი პარკებით. ძირითადად, ბაღე ქმნის ოთხ ან ექვსნაკვეთიან სექციებს, თუმცა მთავარი ღერძის პერპენდიკულარულ, მეორადი ღერძის ირგვლივ სექციები უფრო დიდია (დაახლოებით რვა ნაკვეთი), სადაც ასევე წარმოდგენილია რამდენიმე საზოგადოებრივი შენობა [7].



სურათი 3. ო.ვაგნერი „დიდი ქალაქი“, 22-ე უბნის გეგმა

თითოეულ რაიონს აქვს დიდი ღია ცენტრი (Luftzentrum- აეროცენტრი) მთავარი მოედნით, გამწვანებით და საზოგადოებრივი შენობებით. საცხოვრებელი კორპუსები განლაგებულია ოთხ-ეკვს ნაწილად დაყოფილ კვარტლებში; თითოეული ბლოკის ფასადი გადაჭყურებს ბაღს, მოედანს ან პარკს. უბნების შიდა ქუჩები მინიმუმ 23 მ სიგანის არის, რაც ასევე წარმოადგენს საცხოვრებელი კორპუსების მაქსიმალურ სიმაღლეს.



სურათი 4. ო.ვაგნერი „დიდი ქალაქი“, 22-ე რაიონის ცენტრის მხატვრულ-პერსპექტიული ვიზუალიზაცია

მხატვრული ვიზუალიზაცია (სურ. 4) აერიული ხედვის პერსპექტივიდან ასახავს 22-ე რაიონის შერწყმას მომავალ 35-ე უბანთან; რუკაზე ცენტრში Luftzentrum-ია მხატვრულ-დეკორატიული რეგულარული ბაღით, რომელიც შედგება დიდი აუზისგან და საზოგადოებრივი შენობებისაგან, რომლის უკან განთავსებულია 35-ე რაიონის მთავარი ღერძი საზოგადოებრივი შენობებით და საცხოვრებელი კვარტლებით [7].

ვაგნერის ქალაქგეგმარებითი სტრატეგია ითვალისწინებს დემოგრაფიული თვალსაზრისით მზარდი და ურბანიზაციის შედეგად გაფართოებული ქალაქის მოთხოვნებს, რომლის მიხედვითაც უნდა დაკმაყოფილდეს მოქალაქეების კომფორტული ყოფა. მისი გეგმა ჰუმანურია და მიზნად ისახავს ქალაქში მაცხოვრებელთა ყველა სოციალური ფენისათვის კომფორტული გარემოს შექმნას, რაც მის თანამედროვეობაში ნოვატორულად შეიძლება ჩაითვალოს.

ყოველივე ზემოთქმულის შეჯამებისას, მნიშვნელოვანია აღვნიშნოთ, რომ ვაგნერი თანამედროვე ქალაქების განვითარების მასშტაბის და ტემპისაგან განსხვავებით, სრულიად სხვა ეპოქის მომსწრეა, როდესაც ურბანიზაციის კუთხით ინდუსტრიული, ტექნიკური და ეკონომიკური პროგრესი ჯერ კიდევ ფესვებს იდგამდა. მიუხედავად ამისა, თვალმისაცემია ვაგნერის შორსმჭვრეტელობა; მისი სტრატეგიები და ხედვები დეტალური ქალაქგეგმარებითი და ეკონომიკური პროგრამებით, გრძელვადიან პერსპექტივაში ურბანიზაციის პროცესების გონივრულ მართვაზეა ორიენტირებული. ვაგნერი საუბრობს ქალაქის შიდა საზოგადოებრივი სივრცეების, პარკების, საუბნო მომსახურების ცენტრების, კულტურულ-სარეკრეაციო სივრცეებზე მოსახლეობის წვდომის, შერეული მრავალფუნქციური უბნების, გამართული საზოგადოებრივი ტრანსპორტის მნიშვნელობაზე, სათანადო სიმჭიდროვის და შენობების სიმაღლის კონტროლზე, ქალაქის კულტურული მემკვიდრეობის შენარჩუნების და არქიტექტურულ-გეგმარებითი იერსახის დაურღვევლობის აუცილებლობაზე. მისი პრინციპები ეხმიანება თანამედროვე ქალაქგეგმარებით ტენდენციებს და დღესაც აქტუალურია ადამიანის მასშტაბზე ორიენტირებული, ჰუმანური ურბანული განვითარების გზებზე მსჯელობისას.

მიუხედავად იმისა, რომ ვაგნერის უბნების ქსელური სისტემა არ იყო რეალიზებული, ვენა დღესაც შედარებით მჭიდროდ დასახლებული ქალაქია, სადაც სუბურბანიზაციის თითქმის არ აქვს ადგილი. ეს ქალაქის ორგანული ზრდის შედეგია, რომელიც ვაგნერის პრინციპებს ეხმიანება. „დიდი ქალაქის“ მსგავსად, რომელშიც ხაზგასმულია ეფექტური სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის და სატრანზიტო ქსელის ფუნდამენტური მნიშვნელობა, ვაგნერის მემკვიდრეები მისდევნენ ქალაქის განვითარების ხაზს, რომელიც გათვლილია მომავალზე და გააჩნია ურბანიზაციის ნეგატიური შედეგების თავიდან აცილების რესურსი.

აქედან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია თანამედროვე ქალაქგეგმარებითი სტრატეგიების განსაზღვრისას, წარმატებული ისტორიული პრაქტიკების და შორსმჭვრეტელი ურბანისტების შრომების სიღრმისეული შესწავლა და შესაბამისი დასკვნების გაკეთება, რათა მომავალ ქალაქებს გაუადვილდეთ თანამედროვე სამყაროს გამოწვევებთან გამკლავება.

ლიტერატურა

1. Economist Intelligence Unit (EIU) Report, Global Liveability Index, 2023, pp. 3-4.
 2. Modern Architecture: A Guidebook for His Students to This Field of Art, Otto Wagner, Introduction and translation by Harry Francis Mallgrave, 1988.
 3. (Die Groszstadt. Eine Studie über diese von Otto Wagner, 1911)
 4. The Handbook of Urban Morphology, Kropf, K., 1st ed.; Wiley: Chichester, UK, 2017.
 5. Plan of Chicago ,by Daniel Hudson Burnham, Edward H. Bennett, Charles Moore, Great Books Foundation, Chicago, Ill,2009.
 6. Otto Wagner, 1st ed.; Nierhaus, A., Orosz, E.M., Eds.; Residenz Verlag: Wien, Austria, 2018.
 7. The Development of a Great City. Together with an appreciation of the Author by A. D. F. Hamlin. In The Architectural Record. The Architectural Record Company: New York, NY, USA, 1912, Volume 31, pp. 485–500.
- სურათები: Die Groszstadt, Otto Wagner, by A. Schroll , Wien, 1911.

SUMMARY

REVIEWING VIENNA'S URBAN PLANNING PRACTICE REFERRING TO OTTO WAGNER'S WORK

Bejashvili E.V.

Georgian Technical University

Vienna is one of the most developed and comfortable cities in the world. The results of various studies and research carried out by international organizations and experts show that the Austrian capital meets all sustainability parameters. Parallel to the ongoing global changes, the city maintains its status from year to year and continues the process of effective and rational organization of urban systems. Vienna's livability stems from its rich urban planning tradition, rooted in the work and projects of many talented and visionary architects. The first who should be mentioned in line is Otto Wagner, whose practical and theoretical works made a significant contribution to the successful development of Vienna.

Keywords: spatial planning, urban Planning, architecture, liveable city.

ქ. კასპის ჩართვის შესაძლებლობები თბილისის ურბანული აგლომერაციის სისტემაში

ხუციშვილი თ.თ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საქართველოს ქალაქ-ცენტრების შესაძლებლობებსა და პერსპექტივებზე დისკუსიის ინიცირება წარმოადგენს ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური და სივრცით-ტერიტორიული განვითარების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს საკითხს. განვითარების ცენტრების როლს ასრულებენ სწორედ ქალაქები, ურბანიზებული ტერიტორიები და განვითარებული საქალაქო აგლომერაციული სისტემები. ამასთან ერთად, მოდერნიზაციის პირობები ფორმირდება გამართული სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის გავლენით, რომელიც ხელს უწყობს „ეკონომიკური დამორების“ შემცირებას და ადამიანური კაპიტალისა და ინსტიტუტების გაუმჯობესებით.

დღეის მდგომარეობით საქართველოს განსახლების სისტემის სტრუქტურა წარმოდგენილია მეჩხერი საქალაქო ქსელით, მოსახლეობის დაბალი სიმჭიდროვით, მოშლილი ეკონომიკური სისტემით, განვითარებული ინფრასტრუქტურითა და ქალაქური კულტურის დაბალი დონით. ხოლო რაც შეეხება აგლომერაციულ პროცესებს, ისინი ყველაზე მკვეთრად ვლინდება თბილისის აგლომერაციის ფარგლებში, სხვა გამოვლენილი აგლომერაცია საქართველოში ჯერ არ არსებობს. ამგვარი მონაცემებით ქვეყანა ვერ ახდენს განსახლების სისტემის სრულყოფასა და მდგრად განვითარებას [1].

მსოფლიოს განვითარებულ ქვეყნებში უკვე დიდი ხანია მიმდინარეობს ტერიტორიული ექსპანსიიდან (სუბურბანიზაციიდან) კომპაქტური ქალაქის ფორმირებისაკენ გადასვლა, არსებული ტერიტორიების კომპლექსური კეთილმოწყობისა და რეკონსტრუქციისაკენ, ქალაქის ცენტრალური რაიონების აქტივიზაციისაკენ. საქართველოში ეკონომიკური სისტემის ტრანსფორმაციის პერიოდში მიმდინარეობდა და დღესაც მიმდინარეობს ქალაქური სივრცითი განვითარება, ჯერ კიდევ არ არის მკაფიოდ ჩამოყალიბებული სივრცითი განვითარების მდგრადი ტენდენციები, არ არის ფორმირებული სივრცითი დაგეგმარების ეფექტური პოლიტიკა, რომელიც შეძლებს ბოლომდე გადალახოს გეგმიური ეკონომიკის მემკვიდრეობა.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია საქართველოს გარკვეული ქალაქებისა და აგლომერაციების გამოვლენა და აღიარება ქალაქ ლიდერებად/ცენტრებად, რომლებიც ასრულებენ ერთგვარ ლოკომოტივების ფუნქციას, რომლებსაც მიჰყვებიან სხვა ტერიტორიებიც. ქალაქ ცენტრების იდენტიფიკაციის მთავარი კრიტერიუმია მათი მდგრადობა, ანუ მუდმივი მოსახლეობის რაოდენობა, ასევე ტრანსპორტის ხელმისაწვდომობა. როგორც წესი, დღეს ამგვარ ურბანიზებულ ტერიტორიებს/ლიდერებს და აგლომერაციებს ერგებიან ჩქაროსნული საავტომობილო გზები და სარკინიგზო სისტემები. შედეგად ვიღებთ მოხერხებულ სატრანსპორტო მისაწვდომლობას, გადაადგილების განსხვავებული კომფორტითა და კომუნიკაციის განსხვავებული ტემპით. ამგვარ პირობებში საქართველოს ქალაქებს შორის მანძილების დაძლევა პრობლემას აღარ უნდა წარმოადგენდეს, რაც გამოიწვევს ეკონომიკური სივრცის შეკუმშვას და ხელს შეუწყობს მოსახლეობის მობილურობას.

თავის მხრივ, აგლომერაცია, კანონმდებლობის თანახმად წარმოადგენს „მონოცენტრული ან პოლიცენტრული კონფიგურაციის ისეთ დასახლებათა სივრცით დაჯგუფებას, რომლებიც დამოკიდებულია ერთმანეთზე ინტენსიური საქმიანი, საწარმოო, კულტურულ-საგანმანათლებლო, სატრანსპორტო და საინჟინრო ინფრასტრუქტურული კავშირებით“ [2]. აღსანიშნავია, რომ თბილისის აგლომერაციის ფუნქციურ-სივრცით მოდელს წარმოადგენს პოლიცენტრული მეტროპოლიის სისტემა დომინანტური ცენტრით ქ. თბილისის სახით; თბილისის ურბანულ აგლომერაციაში აშკარად ვლინდება რამდენიმე მეტად მნიშვნელოვანი, ორგანული თავისებურება. უწინარესად, ეს არის აგლომერაციის ხაზოვანი კონფიგურაციისა. ურბანული დაგეგმარებისა და ფუნქციური ვექტორების თვალსაზრისით ეს ფორმა

ხელს უწყობს ჩქაროსნული სარკინიგზო და საავტომობილო ტრანსპორტის განვითარებას და სარეკრეაციო სივრცეების მისაწვდომობას. ამასთან, აგლომერაციის ხაზოვანი ფორმა საფრთხეების შემცველიც არის – უწინარესად, დასახლებათა უკონტროლო შერწყმის თვალსაზრისით [3]. შესაბამისად მნიშვნელოვანია მაგისტრალური ქალაქების განვითარების დონე, რომელიც სათანადოდ უნდა პასუხობდეს სატრანსპორტო ქსელებში ჩაბმული სატვირთო და სამგზავრო მოთხოვნებს. ეს კი წინაპირობაა ქვეყნის რეგიონებში ეკონომიკის ზრდის და სტაბილურობის.

ამ კონტექსტში, ქ. თბილისთან ახლოს მდებარე მცირე ინდუსტრიული ქალაქებიდან ერთ-ერთი სამომავლო განვითარებაზე ორიენტირებული პერსპექტიული ქალაქია კასპი. ის მდებარეობს საქართველოს ძირითად საკომუნიკაციო აღმოსავლეთ-დასავლეთ ღერძზე და სხვა დასახლებებთან ერთად ქმნის ერთიან უწყვეტ განსახლების სისტემას. ქ. კასპს, რომელსაც ჰქონდა მოდერნიზაციისათვის მინიმალური რესურსები, გარდამავალ პერიოდში აღმოჩნდა მეტნაკლებად ადაპტირებული და ცხოვრებისუნარიანი. ამასთან, ის მდებარეობს ქ. თბილისიდან 63 კმ-ში და თბილისის ურბანული აგლომერაციის ჩამოყალიბების შემთხვევაში აქვს პერსპექტივა გახდეს ამ სისტემის შემადგენელი ნაწილი. თუმცა, ამ იდეის განხორციელებას სწორი აქცენტებისა და პრიორიტეტების დასახვა, სახელმწიფოს მხრიდან მხარდაჭერა, კერძოდ კი ბიუჯეტიდან რეგიონებზე და მუნიციპალიტეტებზე ფინანსური გადანაწილების გადახედვა, მდგრადი და ეკოლოგიურად მგრძობიარე საკითხებზე ყურადღების გამახვილება, ქალაქის ხასიათისა და ლანდშაფტის შენარჩუნებაზე ორიენტირებული მიზანმიმართული სივრცითი განვითარების სტრატეგია ესაჭიროება.

ქ. კასპის გარდაბანი-რუსთავი-თბილისი-მცხეთის აგლომერაციის მოდელში ჩაბმის ინიციატივა განაპირობა თბილისის ურბანული აგლომერაციისა და მეტროპოლური არეალის ჩამოყალიბების იდეამ. თბილისის აგლომერაციის გავლენების ზონის ტერიტორიულ საზღვრებში მოექცა განვითარებადი მრეწველობის ქალაქები - გარდაბანი, მეტ-ნაკლებად მარნეული, საგარეჯო და კასპი. სამუშაო ჰიპოთეზის ფარგლებში, ისინი მოიაზრება 1 საათიანი იზოჰიფსით დაფარულ სივრცედ, შესაბამისი მუნიციპალიტეტების ადმინისტრაციული საზღვრების გათვალისწინებით. თბილისის აქტიური საწარმოო-ეკონომიკური და კულტურული კავშირები აქვს აგლომერაციის დასახლებებთან – მათ შორის ქ. კასპთან თუ გავითვალისწინებთ დღიურად კომიუტერთა რაოდენობას.

ეკონომიკური თვალსაზრისით, ურბანული აგლომერაცია მისი მაფორმირებელი ქალაქების, მათ შორის ქ. კასპისა და მისი მუნიციპალიტეტის, კონკურენტუნარიანობას უწყობს ხელს. ხაზგასასმელია, რომ აგლომერაციის ურბანული ფენომენის ნორმალიზაციისა და ინსტიტუციონალიზაციის სასარგებლოდ ლაპარაკობს “ახალი ეკონომიკური გეოგრაფიის” თეორიაში კარგად ცნობილი და წარმატებით გამოყენებული აგლომერაციული ეფექტი, რაც კონცენტრაციის უპირატესობას, მასშტაბის ეფექტსა და მრავალფეროვნებას გულისხმობს [4].

ამასთან, დაგეგმვის პროცედურის გონივრული ორგანიზებისა და ქმედებების კოორდინაციით, აგლომერაციაში ჩართული მუნიციპალიტეტების ძალისხმევით გაერთიანებით შესაძლებელია ურბანული აგლომერაციისა და მისი მიმდებარე ტერიტორიების სივრცითი განვითარების ერთიანი პრინციპების ჩამოყალიბება, რომლებიც გაეთიანებული იქნება საერთო შრომის ბაზარით და მდგრადი სატრანსპორტო ნაკადებით.

ქ. კასპის ადგილობრივი თვითმართველობის ორგანოები დაინტერესებულნი არიან რათა გაძლიერდეს ქალაქის სოციალურ-ეკონომიკური მდგომარეობა, რასაც ხელს უწყობს ხელმისაწვდომი სატრანსპორტო მდებარეობა დედაქალაქთან – თბილისთან და სამხარეო ცენტრთან - გორთან. მიუხედავად იმისა, რომ კასპი აღმოსავლეთ-დასავლეთის საერთაშორისო მნიშვნელობის საავტომობილო მაგისტრალიდან (E-60) დაცილებულია 9 კმ-ით, ამ სიშორემ ხელი არ უნდა შეუშალოს ქ. კასპს მდგრად სატრანსპორტო კვანძში და გარდაბანი-რუსთავი-თბილისი- მცხეთის აგლომერაციის მოდელში ჩართვაში.

აღსანიშნავია, რომ დიდი ქალაქებისა და აგლომერაციების განვითარების ერთ-ერთი საკვანძო ელემენტია სატრანსპორტო სისტემები. მაგალითად, ისეთი ქალაქებისთვის

როგორცაა ლონდონი, პარიზი და სხვა, ხელმისაწვდომი სატრანსპორტო სისტემის შემუშავება და დანერგვა სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი იყო ქალაქების ნორმალური ფუნქციონირებისათვის. მაგრამ აღნიშნულ ქალაქებს ამის მისაღწევად 15-დან 75 წლამდე დასჭირდათ. თუ განვიხილავთ აზიის ქვეყნებს, მაგალითად სეულს, სინგაპურს, ტოკიოს და სხვებს, რომლებსაც საზოგადოებრივი ტრანსპორტის შექმნა არანაკლები მნიშვნელობის ამოცანას წარმოადგენდა, მათ ამ პროცესს მოანდომეს 20—25 წელიწადი. შეიძლება ითქვას, რომ ამ აზიურმა ქალაქებმა 15 წლის დაგვიანებით დაიწყეს ეს პროცესები, თუმცა მთლიანობაში ვადის ნახევარში გადაწყვიტეს ტრანსპორტირებასთან დაკავშირებული პრობლემები. ამასთან, ხელმისაწვდომი, სწრაფი, ეფექტური და საიმედო საზოგადოებრივი ტრანსპორტის სისტემის დანერგვა სხვა მიზნების მიღწევის საშუალებასაც იძლევა. კერძოდ, ქალაქის საძილე რაიონებსა და საქმიან ზონებს შორის ხალხის დიდი მასების სწრაფი და შეუფერხებელი გადაადგილების პრობლემის გადაჭრას. გარდა ამისა, ასეთი სისტემა ამცირებს გზებზე მანქანების რაოდენობას და შედეგად საცობებს. იცვლება სივრცითი ურთიერთობები: იქ, სადაც საზოგადოებრივი ტრანსპორტი კარგად მუშაობს, შესაძლებელია მოსახლეობის ბევრად უფრო მჭიდროდ დასახლება. ასევე, შესაძლებელია ცენტრში მდებარე საზოგადოებრივი ზონების დივერსიფიცირება და ერთის ნაცვლად რამდენიმე საზოგადოებრივი ან ბიზნეს „ცხელი წერტილის“ შექმნა. მაგალითად, ისეთების როგორცაა ფინანსური უბანი, კრეატიული სექტორი, IT ცენტრი, ლოგისტიკური პლატფორმა, ინდუსტრიული ზონა და ა.შ. მაღალი ხარისხის საზოგადოებრივი ტრანსპორტის განვითარების სტრატეგიის განხორციელება შესაძლებელს ხდის ტერიტორიების ოპტიმალურად გამოყენების საშუალებას და აქედან გამომდინარე, გავლენას ახდენს ქალაქების მდგრადობის მიღწევაზე — საზოგადოებრივი სიკეთის, ეკონომიკისა თუ ეკოლოგიის თვალსაზრისით [5].

გარკვეულ ისტორიულ მომენტში ყველა ქალაქმა განიცადა დაჩქარებული ურბანიზაციის პროცესი და, შედეგად, უკონტროლო მშენებლობები. მათში გაჩნდა აგლომერაციის ფორმირებისა და პოლიცენტრული სტრუქტურების ფორმირების პირობები. საქართველო, ობიექტური მიზეზების გამო, ამ გასავლელი გზის მხოლოდ დასაწყისშია. თბილისის მიწათსარგებლობის გეგმაში უკვე იკვეთება პოლიცენტრული განვითარების აუცილებლობა. რა თქმა უნდა, წარმოუდგენელია მილიონიანი ქალაქებს ჰქონდეთ მხოლოდ ერთი საქალაქო ცენტრი. ყველა მილიონიანი ქალაქი გადის ამ გზას. ძალზე მნიშვნელოვანია, პროფესიონალურად და ფინანსურად რამდენად მზად არის ქვეყანა ცვლილებებისთვის და სწორად აღიქვას მრავალფეროვანი ინოვაციები, რათა განაგრძოს შემდგომი ფუნქციურ-სივრცითი და ტერიტორიული განვითარება.

დღეს ქ. თბილისის აგლომერაცია დიდი გამოწვევების წინაშე დგას. მას მდგრადი ზრდისათვის, წარმატებებისა და კონკურენტუნარიანობის მისაღწევად, პირველ რიგში, ესაჭიროება მასშტაბური ინვესტიციები, მათ შორის საგზაო და სარკინიგზო ინფრასტრუქტურაში. ამასთან, საჭიროა ნორმალური პირობების შექმნა ბიზნესის განვითარებისთვის. ისინი თავად აითვისებენ და დააკავშირებს სივრცეს, რადგან აგლომერაციული ეფექტი ამცირებს ეკონომიკურ ხარჯებს. უნდა ითქვას, რომ ინვესტიციების მოსაზიდათ, საჭიროა ქალაქს ჰქონდეს გამართული და ყველასათვის მისაწვდომი, კომფორტული სატრანსპორტო სისტემა, რომელიც გამოდის როგორც სტაბილურობის გარანტი. ჩქაროსნული სარკინიგზო სატრანსპორტო ხაზის განვითარება თბილისის აგლომერაციის ფარგლებში და მისი დაკავშირება საქართველოს განსახლების სისტემის სხვა დასახლებებთან წარმოადგენს საქართველოს სივრცითი ინტეგრაციის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ამოცანას.

მეორე მომენტი ის, რომ ინტეგრაციის პროცესს აფერხებს ადმინისტრაციული ბარიერები. მსოფლიო ქვეყანების გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ ეს პრობლემა არ არის აუცილებელი გადაწყვეთს დიდი ქალაქების მიმდებარე ტერიტორიების ადმინისტრაციული გაერთიანებით და, პირიქით, გვიჩვენებს, რომ გაერთიანების იდეები არაპროდუქტიულია. ტერიტორიას აერთიანებს კომიუტერები, შრომითი მიგრანტები და მჭიდრო ეკონომიკური ურთიერთობები. რა თქმა უნდა, აუცილებელია აგლომერაციების განვითარების პროცესის

დარეგულირება, დაგეგმარების სტრუქტურისა და სხვადასხვა სტატუსის მქონე ზონების განსაზღვრა (საცხოვრებელი, სამრეწველო, რეკრეაციული), განაშენიანებისთვის სარეზერვო ტერიტორიების გამოყოფა. საჭიროა ჰორიზონტალური კავშირების განვითარება ყველა დონის ხელისუფლებასთან, რომლის საშუალებითაც ფაქტიურად ერთ მთლიანად „იკვრება“ სივრცე. აქედან გამომდინარე, აგლომერაციების განვითარების მნიშვნელოვანი ამოცანაა ჰორიზონტალური კავშირების სტიმულირება ტერიტორიის განაშენიანების შესახებ კოორდინირებული გადაწყვეტილებების მისაღებად [6].

ამრიგად, უნდა ითქვას, რომ ურბანული აგლომერაციების ფორმირება წარმოადგენს ბუნებრივ პროცესს და მისი შეჩერება შეუძლებელია. უდავოა, რომ ეს პროცესი საქართველოში ძალზე ნელა მიმდინარეობს. მიგვაჩნია, რომ თუ ქვეყანას გააზრებული აქვს ურბანული აგლომერაციების შესაძლებლობები და მათი საჭიროებები ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიკური და სივრცითი განვითარების კონტექსტში, ეს პროცესი უნდა დაჩქარდეს. ამისათვის საჭიროა მეტი ქმედითი ნაბიჯების გადადგმა თუნდაც, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, აგლომერაციულ სივრცეში ახალი ქალაქ ცენტრების (მაგ. ქ. კასპი) შეყვანის, აგლომერაციის დასახლებების მაინტეგრირებელი საავტომობილო-სარკინიგზო ინფრასტრუქტურის ფორმირებისა და მუნიციპალიტეტებს შორის ჰორიზონტალური კავშირების სტიმულირების გზით.

ლიტერატურა

1. გვენცაძე ნ.ა., ჩხეიძე ნ.ა. საქართველოს ქალაქები მოდერნიზაციის მოლოდინში. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი (GEN). 2017, #1., გვ. 52-59.
2. საქართველოს სივრცის დაგეგმარების, არქიტექტურული და სამშენებლო საქმიანობის კოდექსი; 20/07/2018.
3. თბილისის ურბანული აგლომერაცია თბილისის მიწათსარგებლობის მიზნებისთვის. ტომი 3. თბილისის ურბანული აგლომერაციისა და დედაქალაქის მეტროპოლური არეალის ჩამოყალიბება.
4. Fujita M., Krugman P., Venables F.J. The Spatial Economy: Cities, Regions and International Trade. Cambridge (MA): MIT Press, 2000.
5. Стратегический мастер-план: инструмент управления будущим. Московский урбанистический форум. -Москва, Типография «А Принт», декабрь 2014, сс. 132-133. ISBN 978-5-906264-38-1.
6. Наталья Зубаревич. Агломерационный эффект или административный угар? /Российское Экспертное Обозрение, №4–5 (22) 2007, сс. 11-13.

SUMMARY

POSSIBILITIES OF INCLUDING THE CITY OF KASPI IN THE URBAN AGGLOMERATION SYSTEM OF TBILISI

Khutsishvili T.T.

Georgian Technical University

The article highlights the crucial role of cities and urban agglomerations in developing the settlement system of a country. However, in Georgia, the structure of the settlement system is characterized by a weak urban network, low population density, and a disrupted economic system. This makes it difficult to form urban agglomerations. The article analyzes Kaspi in-depth and discusses the possibilities of its inclusion in the Tbilisi agglomeration. We believe that the country needs to accelerate the process of forming city centers and urban agglomerations. To achieve this, more effective steps need to be taken in the agglomeration space, such as creating new city centers like Kaspi, building road and railway infrastructure that integrates the agglomeration settlements, and promoting horizontal connections between municipalities.

Keywords: urban agglomeration, the urban settlement system, the center, periphery; Transport infrastructure.

ინოვაციური ბიზნეს მოდელები და მათი ფორმირების ძირითადი მიდგომების ანალიზი

ხუციშვილი ს.ა., გასიტაშვილი ზ.ა., გორგიძე დ.ა., ხართიშვილი მ.პ., მუსერიძე რ.რ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დღევანდელ პირობებში, მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების მიღწევები უზრუნველყოფს, როგორც საბოლოო მოხმარების პროდუქციის და მომსახურების, ასევე წარმოების საშუალებების საჭირო ხარისხს. სწრაფად ცვალებადი ბიზნეს გარემო, კომპანიის სტრატეგიული განვითარების მიმართულებების, პროდუქტებისა და სერვისების სასიცოცხლო ციკლის შემცირების საჭიროება, განსაზღვრავს ბიზნეს მოდელების შექმნის აუცილებლობას.

ბიზნეს-მოდელები წარმოდგენილია კომპანიის პოტენციალი, მისი კომერციული პარტნიორები, მომხმარებლებთან ურთიერთობის ფორმები და ფულადი დაბანდები მაღალი შემოსავლების ნაკადების ფორმირებისთვის. ის არის მოგების გაზრდის მნიშვნელოვანი საშუალება. რეალურად განასხვავებენ მარტივ და რთულ სისტემებს და შესაბამისად მათ ბიზნეს მოდელებს. ბიზნეს მოდელი მისიაზე, სტრატეგიებზე და ფულადი ნაკადების პროგნოზირებაზე უფრო მნიშვნელოვანია. მაგალითად, ბიზნეს მოდელი ეხმარება სტარტაპებს შეაფასონ ნიშა, დაინახონ პერსპექტივები და ფარული რისკები და შეამოწმონ იდეები. არსებულმა ბიზნესმა უნდა მოძებნოს სისუსტეები და ზრდის წერტილები, რათა მოახდინოს თავისი საქმიანობის კორექტირება.

კომპანიის გრძელვადიანი კონკურენტული წარმატება დამოკიდებულია ინოვაციური ბიზნეს მოდელის შექმნის უნარსა და შესაძლებლობებზე, ინოვაციური ბიზნეს-მოდელის დამუშავების პროცესი წარმოადგენს ბიზნესის სტრატეგიის დამუშავების შემადგენელს. ბიზნეს სტრატეგიის არსებობა, ან მისი დროული მოდერნიზაცია, არის არა მარტო წარმატების პირობა, არამედ თანამედროვე კონკურენტულ გარემოში გადარჩენის პირობაც.

სტატიის მიზანს წარმოადგენს განვსაზღვროთ და გავაანალიზოთ არსებული ინოვაციური ბიზნეს მოდელები და მათი შექმნის მეთოდები.

ბიზნეს მოდელის შექმნის თავისებურებები. ბიზნეს მოდელი კომპანიის წარმატებული ფუნქციონირების მნიშვნელოვანი შემადგენელია. ის უზრუნველყოფს, ბიზნეს პროცესის ძირითადი ელემენტების სისტემურ წარმოდგენას და სრულად ახასიათებს მათ შორის კავშირებს. ამ ტერმინის განსაზღვრის მრავალი მიდგომა არსებობს. რეგულარულად მუშავდება, ბიზნეს მოდელების აგების განსხვავებული კონცეფციები, თუმცა ერთიანი განმარტება არ არის ჩამოყალიბებული.

მიდგომების მრავალფეროვნების მიუხედავად, ყველა ავტორი თანხმდება, რომ ყოველი ბიზნეს მოდელი ორიენტირებულია ფინანსური მაჩვენებლების სრულყოფაზე, როგორცაა შემოსავალი და ხარჯების სტრუქტურა. ეს ტერმინი ბოლო დროს ხშირად გამოიყენება კომპანიის მიმდინარე საქმიანობის აღსაწერად ან კარდინალური ცვლილებების სიგნალად. თუმცა ეს ტერმინი ზოგჯერ განსხვავებულად არის განმარტებული თვით კომპანიის ფარგლებშიც კი.

სპეციალიზებულ ლიტერატურაში ფიქსირდება ბიზნეს მოდელის ფორმირების განსხვავებული სისტემები და მეთოდები. ზოგიერთი ექსპერტი უყრდნობა კომპანიაში მიმდინარე პროცესების ანალიზს, სხვები მოდელის შექმნის საფუძვლად მიიჩნევენ მომხმარებლის მოსაზრებებს, ბევრი ყურადღებას ამახვილებს ღია ინოვაციის როლზე [1]. ბიზნეს მოდელის შექმნის ძირითადი იდეები წარმოდგენილია ცხრილში.

მთლიანობაში ბიზნეს მოდელი ლოგიკურად ხსნის, თუ ორგანიზაცია, როგორ ქმნის და აწვდის ფასეულობას, თანაც ზრდის მის ღირებულებას. ის არის ანალიტიკური ინსტრუმენტი, რომელიც გამოიყენება კომპანიის ეკონომიკური საქმიანობის სქემატური აღწერისათვის.

ბიზნეს მოდელის შექმნის ძირითადი მიდგომები

ავტორი	ძირითადი იდეა
გ. ჩესბრო	ბიზნეს მოდელის შექმნა, უნდა დაეფუძნოს, ურთიერთკავშირების შექმნას იდეას (ტექნოლოგია) და ეკონომიკურ შედეგებს შორის. ბიზნეს მოდელი ძირითადად ითვალისწინებს „გარე“ იდეებსა და მიდგომებს.
დ. დებელაკი	ბიზნეს მოდელი არის მთავარი დამაკავშირებელი რგოლი ბიზნეს იდეასა და ბიზნეს გეგმას შორის. ის განსაზღვრავს მოგების მიღების და კომპანიაში ღირებულების შექმნის პირობებს.
ა. ოსტერვალდერი	ბიზნეს მოდელის შექმნა ეფუძნება 9 სტრუქტურულ კომპონენტს (ბიზნეს მოდელის ტილო (თარგი)), რომელთა მოდიფიკაცია შეიძლება ბიზნეს პროცესების სპეციფიკის შესაბამისად.
ჩ.კიმი პ. მობორნა	ბიზნეს მოდელის შექმნა ეფუძნება იმ ფაქტს, რომ „ბიზნესის სამყარო შეიძლება პირობითად დაიყოს ორი სხვადასხვა ტიპის სივრცე-ალისფერი და ლურჯი ოკეანეები“.
ა. სლივოტსკი	მოდელის შექმნისას აუცილებელია დარგში შესაძლო ცვლილებების და კონკურენტი კომპანიების ბიზნეს მოდელების მუდმივი კონტროლის, ასევე ინოვაციური ბიზნეს მოდელების განმსაზღვრელი როლის გათვალისწინება.
გ. ჰამელი	ბიზნეს მოდელის აგებისას გასათვალისწინებელია წარსულში კომპანიების მახასიათებლები და ინოვაციების უნარი.
მ. ჯონსონი კ. კრისტენსენი პ. კაგერმანი	ბიზნეს მოდელი უნდა შედგებოდეს შემდეგი ელემენტებისაგან: ძირითადი რესურსები; მოგების ფორმულები; მომხმარებლებისთვის შეთავაზებული ფასეულობები; ძირითადი პროცესები. აუცილებლად გასათვალისწინებელია ბიზნეს მოდელის შექმნის სტრატეგიული მიზნუბი.
ლ. შვაიცერი	ბიზნეს მოდელის შექმნა უნდა ეფუძნებოდეს რესურსულ მიდგომას. კონფიგურაცია მოიცავს სხვადასხვა ბიზნეს მოდელებს და ა.შ.

ალექსანდრე ოსტერვალდერი და ივ პინე თავიანთ წიგნში „ბიზნეს მოდელის შექმნა“ ნებისმიერი ორგანიზაციის ბიზნეს მოდელს აღწერენ 9 კომპონენტის გამოყენებით, წარმოდგენილი კომპონენტები შესაძლებელია დაჯგუფდეს და გაერთიანდნენ 4 ბლოკში: მომხმარებელი, ფასეული შეთავაზება, ინფრასტრუქტურა და ფინანსური შესაძლებლობები (სქემა 1).

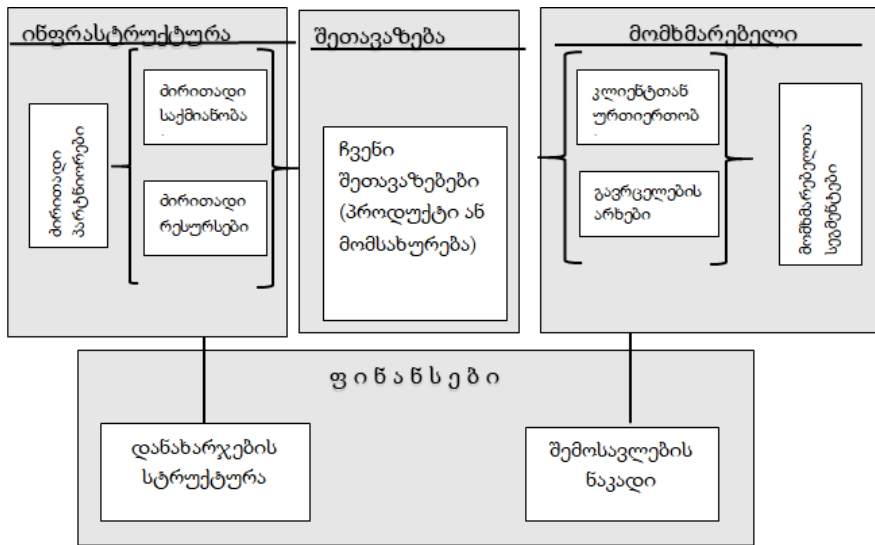
ბიზნეს მოდელის აღნიშნული ბლოკების შინაარსი შეიძლება შემდეგნაირად განვმარტოთ:

1. მომხმარებელი — მიუთითებს ვინ არიან მიზნობრივი კლიენტები? ძალიან მნიშვნელოვანია ზუსტად იქნას გაგებული, რომელ სამომხმარებლო სეგმენტებზე იქნება გათვლილი კომპანიის ძალისხმევა და რომელზე არ იქნება მიმართული ბიზნეს მოდელი. ნებისმიერი ბიზნეს მოდელის ცენტრში იმყოფება მომხმარებელი.

2. ღირებული შეთავაზება — უჩვენებს რა ფასეულობას ან სარგებელს ვთავაზობთ მომხმარებელს? რაში გამოიხატება ის?

3. ინფრასტრუქტურა — ვინ არიან მომწოდებელი(ბი) და პარტნიორები?; როგორ იქმნება პროდუქტები და მომსახურება? რა პროცესები და აქტივობები იგეგმება ფასეული წინადადების განსახორციელებლად.

4. მოგების მიღების მექანიზმი - როგორია დანახარჯების სტრუქტურა?; რატომ დებულობს კომპანია მოგებას? რატომ არის ბიზნეს მოდელი ეფექტიანი კომერციული თვალსაზრისით?



სქემა 1. ა. ოსტერვალდერის ბიზნეს მოდელის კომპონენტები და ბლოკები

ბიზნეს მოდელი საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ, რა და როგორ უნდა გაკეთდეს სასურველი შედეგის მისაღწევად. ბიზნეს მოდელები შეიძლება შეიქმნას:

- კონკრეტული პროდუქტისათვის ან მომსახურებისთვის (მსგავსი პროდუქტების (მომსახურების) ჯგუფი);
- მთლიანად კომპანიისათვის;
- საწარმოთა ჯგუფისათვის ან ჰოლდინგისთვის.

სამყარო იცვლება ძალიან სწრაფად და ბიზნეს მოდელი მუდმივად უნდა ვითარდებოდეს. ის ადაპტირებული უნდა იყოს გარემოს ცვლილებებთან.

ინოვაციური ბიზნეს მოდელები. თანამედროვე ბიზნესმა ყურადღება უნდა გაამახვილოს განვითარების ინოვაციურ მიმართულებებზე. ინოვაციური ბიზნეს მოდელი არის, ინოვაციური პროდუქტის შექმნის პროცესში, საწარმოო ფაქტორების და სამეწარმეო უნარების დაკავშირების საშუალება, მოწინავე ტექნოლოგიების, ახალი მასალების, განსხვავებული რესურსების, მართვის მეთოდების და/ან მეცნიერული ცოდნის გამოყენების გზით [2-4].

დღეს ბიზნეს კომპანიის გრძელვადიანი კონკურენტული წარმატება, დამოკიდებულია ინოვაციური ბიზნეს მოდელის შექმნის უნარსა და შესაძლებლობებზე, მაგრამ, სამწუხაროდ, ეს ცოტას თუ ხელეწიფება. მაშ, როგორ შეიძლება შესაბამისი პროცედურების განხორციელება და დარგში, განვითარების სასურველ ნიშნულზე ორიენტაცია? ეს არის კითხვა, რომელსაც ბევრი კომპანია უსვამს საკუთარ თავს.

ინოვაცია ყოველთვის თამაშობდა მთავარ როლს ბიზნესის განვითარებასა და კონკურენტუნარიანობის ამაღლებაში. მაგრამ ახლა სიტუაცია გარკვეულწილად გართულდა და ახალი ტექნოლოგიური გადაწყვეტა ან უჩვეულო პროდუქტის გამოჩენა საკმარისი აღარ არის. ბაზარი ითხოვს ინოვაციურ ბიზნეს მოდელს, რომელმაც უნდა განაპირობოს თქვენი კონკურენტული უპირატესობა.

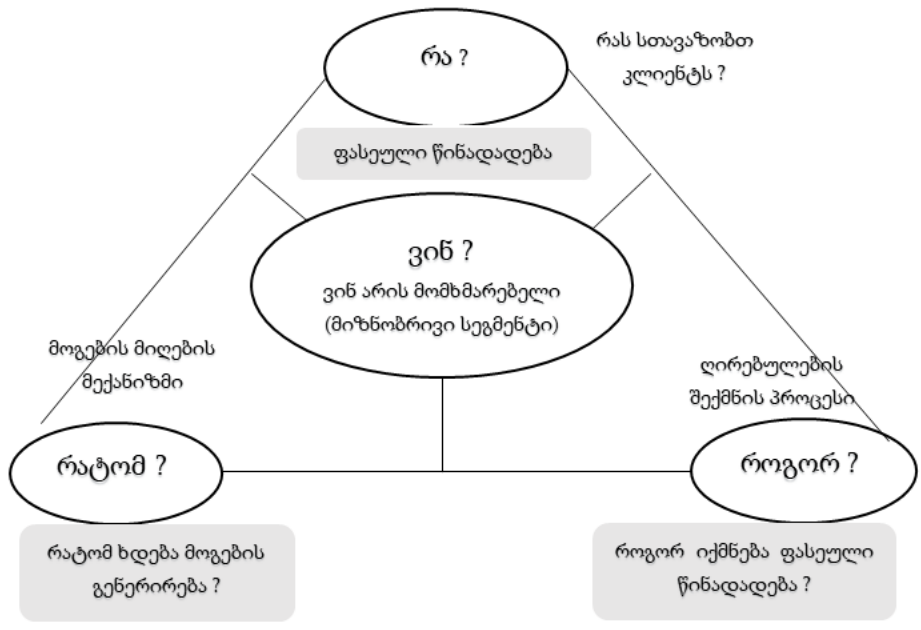
ძირითადი პრობლემები: ხშირად ისმის ასეთი კითხვა: რატომ არ აუმჯობესებს ყველა კომპანია თავის ბიზნეს მოდელს თანამედროვე ტექნოლოგიური შესაძლებლობების პირობებში (მაგალითად „ლურჯი ოკეანის“ კონცეფციას)? ცხადია, ჩვეულებრივი სურვილის არ ქონა, ვერ უნდა ჩაითვალოს ამ კითხვაზე სრულ პასუხად. არსებობს რეალური გამოწვევები, რომლებიც ართულებს ინოვაციური ბიზნეს მოდელის შექმნას:

პირველი პრობლემა არის ის სირთულეები, რომელსაც ვეჯახებით დარგში არსებული, დომინირებული ლოგიკის მიღმა აზროვნების მცდელობისას. მხოლოდ წარსულ წარმატებებზე ორიენტაციამ, შეიძლება შეაფერხოს ახალი იდეების ფორმირების პროცესი.

მენეჯერებს ხშირად არ ესმით, რატომ სჭირდებათ რაღაცის შეცვლა, რადგან არსებულ მოდელს ფული მოაქვს. მაგრამ თუ მოგება დაეცემა, მაშინ ეს არის პირველი სიგნალი იმისა, რომ რაღაც უნდა შეიცვალოს და უმჯობესია არ გადადოთ იგი.

მეორე გამოწვევა არის ბიზნეს მოდელების კატეგორიებით აზროვნების მნიშვნელობა და არა ტექნოლოგიების ან პროდუქტების თვალსაზრისით.

მესამე მნიშვნელოვანი დაბრკოლება არის სისტემური ინსტრუმენტების ნაკლებობა, რომლებიც ხელს უწყობენ შემოქმედებით და (დივერგენტულ) განსხვავებულ აზროვნებას.



სქემა 2. ბიზნეს მოდელის ანალიზის პროცესი

მნიშვნელოვანია არსებული ბიზნეს მოდელის აღწერა და ანალიზი დავიწყოთ სქემა 1-ზე წარმოდგენილი ბიზნეს მოდელის 4 ბლოკიდან. ეს ნიშნავს ზუსტად განვსაზღვროთ ის კითხვები რომელიც მოცემულია სქემაზე 2.:

ვინ (მომხმარებელი):

- რომელ კლიენტებს და რომელ სამომხმარებლო სეგმენტებს ვემსახურებით ძირითადად?
- რა სახის ურთიერთობებს ელის მომხმარებელი და როგორ შევინარჩუნოთ ეს ურთიერთობები?
- ვინ შეიძლება ჩაითვალოს ყველაზე მნიშვნელოვან კლიენტებად?
- დაინტერესებულ მხარეთა სხვა რომელი კატეგორიებია გასათვალისწინებელი ?
- რომელი სადისტრიბუციო არხებით ვემსახურებით მომხმარებელს?
- ვინ ახდენს გავლენას ჩვენს მომხმარებლებზე (ავტორიტეტული პირები, დაინტერესებული ჯგუფები, მომხმარებლები)?
- სხვადასხვა განყოფილებები მომხმარებელთა კონკრეტულ სეგმენტთან იქცევიან განსხვავებულად თუ ერთნაირად და ა.შ.

რა (ფასეული შეთავაზება):

- მომხმარებლის რა პრობლემებს ვაგვარებთ და რა მოთხოვნილებებს ვაკმაყოფილებთ?
- რა პროდუქტებსა და სერვისებს ვიყენებთ ამისთვის?

- რა არის მომხმარებლისათვის სუბიექტურად მისაღები სარგებელი?
- რა ღირებულებას ან სარგებელს ვთავაზობთ მომხმარებელს? რაში გამოიხატება ის?
- რით განსხვავდება ჩვენი შეთავაზებები ჩვენი კონკურენტების შეთავაზებებისაგან? რა ალტერნატივები აქვს მომხმარებელს?
- სრულად აკმაყოფილებს თუ არა, არსებული ბიზნეს მოდელი ჩვენი კლიენტების მოთხოვნილებებს?

როგორ (ღირებულების შექმნის პროცესი):

- რა ძირითადი რესურსები, უმაგრებს მხარს ჩვენს მიერ შეთავაზებულ ფასეულობას (მაგ. ფიზიკური, შრომითი, ფინანსური, ინტელექტუალური საკუთრება და ა.შ.)?
- რა ცოდნა, უნარები და საქმიანობის ძირითადი აქტივობები არის აუცილებელი?
- სრულად არის გამოყენებული ფასეულობის შექმნის პროცესში, ჩვენი კომპეტენციები და უნარები ?
- ვინ არიან ჩვენი მნიშვნელოვანი პარტნიორები? როგორ არიან დაკავშირებული ისინი ჩვენს ბიზნესთან და რა სარგებელი მოაქვთ ჩვენთვის?
- ვინ არაა უფრო მნიშვნელოვანი მომწოდებლები და პარტნიორები, როგორია მათი წვლილი?

რატომ (მოგების მექანიზმი):

- რატომ ყიდულობს კლიენტი ჩვენს პროდუქტს ან მომსახურებას?
- რა არის ჩვენი მოგების ძირითადი წყაროები ?
- როგორ ხდება მოგების გენერირება ? რაში სურთ (არიან მზად) მომხმარებლებს გადაიხადონ?
- როგორია ჩვენი ძირითადი გასავალი და დანახარჯების ყველაზე მნიშვნელოვანი საფუძველი ?
- რა არის ძირითადი ფინანსური რისკები ამჟამინდელი მოგების მოდელისათვის? ინოვაციური ბიზნეს მოდელის შესაქმნელად საჭიროა წარმოდგენილი ბლოკების ადაპტირება W. Chan Kim-ისა და R. Mauborgne-ს „ლურჯი ოკეანის“ კონცეფციასთან, ოთხ-მოქმედებიანი მოდელის გამოყენებით [3,5]. ამისათვის კომპანიის ექსპერტ-სპეციალისტთა ჯგუფმა, უნდა განსაზღვროს სავარაუდო ბიზნეს მოდელის სტრატეგია და დასვას წარმოდგენილი ოთხი კითხვა, ბიზნეს მოდელის თითოეულ ბლოკთან დაკავშირებით, კერძოდ:

 1. რა ფაქტორები უნდა გამოირიცხოს ამ ბლოკში?
 2. რა ფაქტორები უნდა შემცირდეს მნიშვნელოვნად?
 3. რა ფაქტორები უნდა დაემატოს?
 4. რა ახალი ფაქტორებია უნდა დაემატოს, რომლებიც აქამდე არასოდეს ყოფილა გამოყენებული ამ დარგში?

ასეთი მიდგომა საშუალებას იძლევა გადავხედოთ კომპანიის მოძველებულ ბიზნეს მოდელს, ვიპოვოთ ფაქტორები, რომლებიც უნდა გაძლიერდეს ან აღმოიფხვრას, დაემატოს ან გამოირიცხოს.

გარდა ამისა, მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ ეკოსისტემის ყველა მოთამაშე და მათი მახასიათებლები. წარმატებული კომპანიები ძირითადად იყენებენ სქემა 3-ზე წარმოდგენილ ბაზურ ციკლს როგორც ამოსავალ წერტილს საკუთარი ბიზნეს მოდელის ანალიზისა და სრულყოფისათვის.

იდეების გენერირების ეტაპზე ხდება ინოვაციური იდეების ფორმირება, ინტეგრაცია და მათი რანჟირება. ამ ეტაპის შედეგია ერთი ან რამდენიმე დაბალანსებული ინოვაციური იდეა;

პროტოტიპის ფორმირება ძალზე მნიშვნელოვანია, რადგანაც წარმოდგენა იქმნება მოდელის მახასიათებლებზე, გამოიყოფა პრობლემები, უარყოფითი მხარეები, ყალიბდება მათი გადაწყვეტის შესაძლებლობები და ფიქსირდება ნდობის ფაქტორი.



სქემა 3. ინოვაციური ბიზნეს მოდელის შექმნის ბაზური ციკლი.

პროტოტიპის ტესტირების ეტაპზე განსაზღვრება ბიზნეს მოდელის რომელი შემადგენლები მუშაობს გამართულად და რომელი არა. საჭიროების შემთხვევაში შეიძლება მთელი ეს ციკლი რამდენჯერმე გამეორდეს.

ბევრ კომპანიაში წარმატებული საქმიანობის დაწყება განაპირობა ინოვაციური ბიზნეს მოდელის და მისი არსის სწორმა გაგებამ და არა უკეთესმა პროდუქტმა:

მაგალითად, Booking.com-ის ბიზნეს მოდელი გულისხმობს მომხმარებლებთან და მომწოდებლებთან კომუნიკაციის ახალ მიდგომას, მაშინ როცა არანაირი სიახლე ტექნოლოგიებში ან პროდუქტში არ ფიქსირდება.

Amazon გახდა ყველაზე დიდი ონლაინ მაღაზია მსოფლიოში, ერთი ტრადიციული მაღაზიის გარეშე.

Skype არის მსოფლიოში ყველაზე დიდი სატელეკომუნიკაციო პროვაიდერი, თუმცა მას არ აქვს საკუთარი ქსელის ინფრასტრუქტურა;

Apple არის მუსიკის უმსხვილესი გამყიდველი, თუმცა არ ფლობს არცერთ სტუდიას და არ ყიდის დისკებს და ა.შ. ბევრი სხვა წარმარებული კომპანია.

რა თქმა უნდა, ხარისხიანი პროდუქტი და პროცესები დიდ როლს თამაშობს, მაგრამ ისინი არ განსაზღვრავენ კომპანიის მომავალ წარმატებას ან წარუმატებლობას. ჩვენ შევედით ეპოქაში, სადაც კომპანიის ბედი დამოკიდებულია მათ უნარზე, გამოიყენონ შესაბამისი ინოვაციური მოდელი ტექნოლოგიის უფრო ეფექტურად მონეტიზაციისთვის, კვლევებმა აჩვენა, რომ მსოფლიოს ყველაზე ინოვაციური კომპანიებიდან 60%-ზე მეტს აქვს ინოვაციური ბიზნეს მოდელი და ლიდერი კომპანიები ორჯერ უფრო ხშირად ახდენენ თავიანთ ბიზნეს მოდელის სრულყოფას.

კვლევების მიხედვით, კომპანიების ბიზნეს მოდელების გაუმჯობესება 90% შემთხვევაში, არის უკვე არსებული იდეების ხელახალი, შემოქმედებითი რეპროდუქცია და რეკომბინაცია და სხვა დარგებიდან კონცეფციების ადაპტაციის შედეგი. გამოიკვეთა ბიზნეს-მოდელების 55 ნიმუში, რომლებიც თითქმის ყველა კომპანიის საფუძველს ქმნის [4].

ჩვენ განვიხილავთ რამდენიმე ინოვაციური ბიზნეს მოდელის ნიმუშს, რომლებსაც დიდი გავლენა ქონდათ და აქვთ სხვადასხვა დარგობრივ ბაზრებზე.

1. ბიზნეს მოდელი, პასუხი კითხვებზე – ვინ? რა? როგორ? რატომ? განსაზღვრავს, ვინ არის თქვენი მომხმარებელი, რას ყიდით, როგორ სთავაზობთ და რატომ არის თქვენი ბიზნესი მომგებიანი - ვინ? რა? როგორ? რატომ?

2. ბიზნეს მოდელი ჯვარედინი გაყიდვები – გულისხმობს, რომ კომპანია თავისი ძირითადი პროდუქტის/მომსახურების გარდა, მომხმარებელს (საკუთარ ან სხვა კომპანიის) დამატებით პროდუქტებსა და მომსახურებებს სთავაზობს.

3. ბიზნეს მოდელი გაციფრულება რაიმე პროდუქტის ან მომსახურების ციფრული ვერსიის შექმნას გულისხმობს.

4. ბიზნეს მოდელი მომხმარებლის ლოიალურობის შენარჩუნება პროდუქტის/სერვისის მიწოდების გარდა, დამატებითი ღირებულების, მაგალითად, წამახალისებელი პროგრამების შეთავაზებით მიიღწევა. მიზანი ემოციური კავშირების შექმნით ან უბრალოდ, სპეციალური შეთავაზებებით მომხმარებლის ერთგულების გამყარებაა.

5. **ბიზნეს მოდელი ქრაუდფანდინგი** — პროექტის დაფინანსების ვალდებულების ფართო საზოგადოებისთვის გადაცემას გულისხმობს.

6. **ბიზნეს მოდელი გრძელკუდა** — ფართო ასორტიმენტის პროდუქციის მცირე რაოდენობით გაყიდვაზე კონცენტრირდება. მიუხედავად იმისა, რომ კონკრეტული პროდუქტი მცირე ოდენობით იყიდება, ჯამში ყველა ნიშური პროდუქტი ერთად საკმაოდ დიდ შემოსავალს აგენერირებს და ამასთან კონკურენტებისგან გამორჩეულობის საშუალებასაც იძლევა.

7. **ბიზნეს მოდელი აუქციონი/ ტენდერი** — აუქციონი მეტნაკლებად ყველასათვის ცნობილი და გასაგები ბიზნესმოდელია. სტანდარტული აუქციონის გარდა არსებობს მის პრინციპზე აგებული ინოვაციური ბიზნესმოდელი — ე.წ. უკუაუქციონი, იგივე ტენდერი.

8. **ბიზნეს მოდელი დამატებითი შეთავაზება** — ამ მოდელით სარგებლობის შემთხვევაში კომპანიის პროდუქტის/ მომსახურების ფასი კონკურენტული და ხელმისაწვდომია, თუმცა ჯამურ ღირებულებას სხვა დამატებითი პირობები ზრდის, რომელთა არჩევაც მომხმარებლის სურვილზეა დამოკიდებული.

9. **ბიზნეს მოდელი გადაწყვეტილებების მიმწოდებელი** — ამ ბიზნესმოდელის მქონე კომპანია რომელიმე კონკრეტული მიმართულებით პროდუქტის ან მომსახურების სრულ პაკეტს სთავაზობს თავის მომხმარებლებს, რომლებიც კმაყოფილები არიან ყოვლის-მომცველი პაკეტით სარგებლობით.

10. **ბიზნეს მოდელი თეთრი ეტიკეტი** — განმარტება: თეთრი ეტიკეტით მოსარგებლე კომპანიები სხვა კომპანიებს უფლებას აძლევენ, მათი წარმოებული პროდუქტები საკუთარი ბრენდით გაყიდონ. ასეთი მიდგომა ქმნის შთაბეჭდილებას, რომ პროდუქტი ამ უკანასკნელმა კომპანიებმა დაამზადეს. ერთსა და იმავე პროდუქტს სხვადასხვა ბრენდი და მეწარმე ყიდის, შედეგად, შესაძლებელია ერთმა პროდუქტმა მომხმარებელთა სხვადასხვა სეგმენტი დააკმაყოფილოს.

11. **ბიზნესმოდელი „სამართებლის პირი“** — გულისხმობს ძირითადი პროდუქტის უფასოდ ან იაფად გაცემას, დამატებითი პროდუქტების კი ძვირად გაყიდვას. ამ შემთხვევაში, ძირითადი პროდუქტებია Nespresso-ს ყავის აპარატი და Gillette-ს სამართებელი, დამატებითი პროდუქტები კი - კაფსულები და სამართებლის პირები.

12. **ბიზნესმოდელის „ინტეგრატორი“** მქონე კომპანია მიწოდების ჯაჭვის უმეტეს ან ყველა ნაწილს თავად აკონტროლებს, მაგ. ნედლეულის შემოტანას, წარმოებასა თუ დისტრიბუციას და ა.შ. არსებობს ბიზნეს მოდელის სხვა ვარიანტებიც. უფრო მეტიც შესაძლებელია აღწერილი ბიზნეს მოდელების მიზანმიმართული კომბინაციებიც, მაგალითად: ბიზნეს მოდელი **გრძელკუდა, გაციფრულება და გამოწერა** ერთ ბიზნეს კომპანიაში, ან ბიზნეს მოდელი — **ორმხრივი ბაზარი, მომხმარებლის მონაცემებით სარგებლობა, გაციფრულება** სადაც: „ორმხრივი ბაზრის“ ბიზნესმოდელი გულისხმობს პლატფორმას, მომხმარებელთა რამდენიმე სეგმენტის ერთმანეთთან დასაკავშირებლად.

ამრიგად, ჩატარებული კვლევის საფუძველზე შესწავლილი იქნა „ბიზნეს მოდელის“ ცნების ძირითადი განმარტებები. გაკეთდა დასკვნა, რომ ავტორთა უმეტესობა მოდელირების პროცესს მომხმარებლისთვის ღირებულების შექმნის თვალსაზრისით განიხილავს. ბიზნეს მოდელის შექმნის მიდგომების მრავალფეროვნება არ იძლევა მხოლოდ ერთ მეთოდზე ფოკუსირების საშუალებას. თუმცა, ანალიზმა აჩვენა, რომ კომპანიის ინოვაციური ბიზნეს მოდელის შექმნისათვის, საბაზო მოდელად რეკომენდებულია. ოსტერვალდერის ბიზნეს მოდელის ტილოს გამოყენება. იმისათვის, რომ მოდელი მოერგოს ბიზნესის სპეციფიკურ საოპერაციო პირობებს, საჭიროა W. Chan Kim-ისა და R. Mauborgne-ის მიდგომის გამოყენება, თითოეული ბლოკის ყველაზე მნიშვნელოვანი ფაქტორების იდენტიფიცირების საფუძველზე. განხილული ქმედებები საშუალებას მოგცემთ შექმნათ უახლესი ინოვაციური ბიზნეს მოდელი, კომპანიის გარე და შიდა გარემოს ცვალებად პირობებში.

ლიტერატურა

1. ხუციშვილი ს.ა., ხართიშვილი მ.პ., ხუციშვილი გ.ს., ხუციშვილი ლ.ს. ბიზნეს მოდელის თანამედროვე ხედვა და შემადგენლების სისტემური ანალიზი. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი (GEN), 2018, №2(86), გვ. 14-23.
2. Остервальдер А., Пинье Ив. Построение бизнес-моделей: Настольная книга стратега и новатора. -М .: Альпина Паблишер, 2017, 288 с.
3. Moreva E. L. Business model and its role in the development of innovation policy (analysis of foreign concepts). // Finance: theory and practice, 2017, V. 21, Issue. 4. pp. 126-137.
4. O. Gassmann, K. Frankenberger, M. Csik The business model navigator : 55 models that will revolutionise your business, Pearson Education Limited, Harlow, England, 2016. Web: www.pearson.com/uk
5. D. Tapscott. The Digital Economy. Dontapscott. [Электронный ресурс]. URL: <http://dontapscott.com/books/the-digital-economy>

SUMMARY

ANALYSIS OF INNOVATIVE BUSINESS MODELS AND THE MAIN APPROACHES TO THEIR FORMATION

Khutsishvili S.A., Gasitashvili Z.A., Gorgidze D.A., Khartishvili M.P. and Museridze R.R.

Georgian Technical University

Nowadays it is particularly important to create a business model that determines the company's work. There are different approaches to creating a business model, among which the management of a company should choose the most acceptable one for them and form the development strategy of a company. Each approach to creating business models, that are discussed in the article, illustrates principal idea of a model formation and suggests a method through which it becomes possible to create a real business model for further development of the company. There are discussed examples of innovative business models, main areas of application, and comparative analysis of their features.

Keywords: business model, valuable proposal, customer segment, dissemination channels, innovative development, strategy, innovative business model.

ბეტონის ყალიბთან შეჭიდების შემცირების ღონისძიებები

ცინაძე ზ.ო., მსხილაძე ნ.გ., ჩიქოვანი ა.ბ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ბეტონის ყალიბთან შეჭიდების სიდიდე აღწევს რამდენიმე კტძ/სმ², ეს აძნელებს განყალიბების სამუშაოებს, აუარესებს ბეტონის ზედაპირის ხარისხს და ადრე ცვეთს ყალიბს.

ბეტონის ყალიბთან შეჭიდებაზე გავლენას ახდენს ბეტონის ადჰეზია და კოჰეზია, მისი შეკლება, ყალიბის ფორმირებადი ზედაპირის ხორკლიანობა და ფორიანობა.

ადჰეზია (მიწებება) წარმოადგენს მოლეკულური ძალებით განპირობებულს, ორ სხვადასხვა ზედაპირს ან სითხეს შორის შემხები სხეულის კავშირს. ბეტონის ყალიბთან კონტაქტის პერიოდში კარგი პირობები იქმნება ადჰეზიის გამოსავლენად. მწებავი ნივთიერება (ადჰეზივი), რომელიც ამ შემთხვევაში არის ბეტონი, ჩაწყობის დროს იმყოფება პლასტიკურ მდგომარეობაში. გარდა ამისა, ვიბრირების პროცესში მისი პლასტიკურობა უფრო იზრდება, რის გამოც ბეტონი უახლოვდება ყალიბის ზედაპირს და კონტაქტი მათ შორის ძლიერდება. მერქნის და ფოლადის ყალიბს ბეტონი ეკვრის უფრო მეტად, ვიდრე პლასტმასის ზედაპირს, ამ უკანასკნელის სუსტი დასველებადობის გამო. ცხრ. 1-ში მოტანილია ბეტონების ნორმალური შეჭიდების მნიშვნელობები ყალიბის სხვადასხვა მასალასთან.

ყალიბის მოხსნის ძალა კგძ, განისაზღვრება ფორმულით:

$$P_{მთხ} = K_b \cdot \sigma_b \cdot F_{ფ}, \tag{1}$$

სადაც σ_b არის ნორმალური შეჭიდება, კგძ/სმ²; $F_{ფ}$ – მოსახსნელი ფარის (პანელის) ფართობი; K_b – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ფარის (პანელის) სიხისტეს.

K_b მნიშვნელობა სხვადასხვა სახის ყალიბისათვის ტოლია:

წვრილფარიანს – 0,15; მერქნის – 0,35; ფოლადის – 0,4;

მსხვილპანელოვანის (პანელი მცირე ფარებისაგან) – 0,25; მსხვილფარიანის – 0,30;

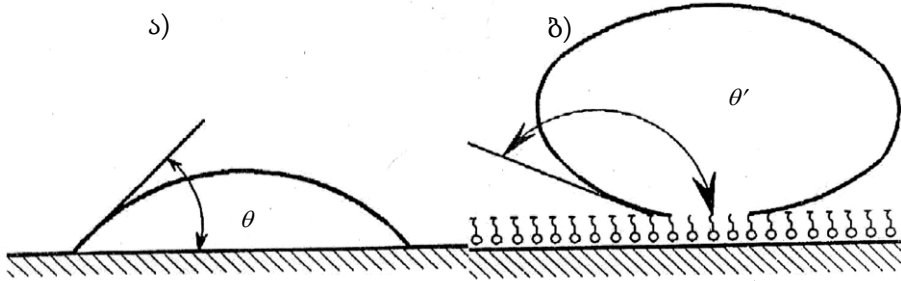
მოცულობითი-გადასაადგილებლის – 0,45; ბლოკ-ფორმის – 0,55.

ცხრილი 1. ბეტონის შეჭიდება ყალიბის სხვადასხვა მასალასთან

მასალა	ბეტონის ნორმალური შეჭიდება 1 დღე-ღამის ასაკში, მგპა			
	მძიმე ბეტონი		კერამზიტაბეტონი	
	B7,5	B12,5	B12,5	B15
ფოლადი დაუმუშავებელი საცხის გარეშე	1,31	1,85	1,81	2,41
ფოლადი საცხით	1,35	0,47	0,39	0,45
გასალამინებელი ნაძვი	1,12	1,25	1,17	1,32
წყალმდეგი ფანერა	1,08	1,15	1,11	1,22
მერქანბურბუშლოვანი ფილა	1,16	1,20	1,18	1,20
ტექსტოლიტი	0,20	1,29	0,24	1,26
გეტინაქსი	0,42	0,57	0,52	0,56
ფტოროპლასტი	0,13	0,19	0,14	0,15
პოლიეთერული მინაპლასტიკა	0,23	0,31	0,24	0,26

მერქანი, ფანერა, დაუმუშავებელი ფოლადი და მინაპლასტიკი კარგად სველდება და მათი ბეტონთან შეჭიდულობა საკმაოდ დიდია, ცუდად დასველებად (ჰიდროფობურ) გეტინაქსსა და ტექსტოლიტთან ბეტონის შეჭიდება უმნიშვნელოა.

დასველების კიდური კუთხე (ნახ. 1) გახეხილ ფოლადთან მეტია, ვიდრე დაუმუშავებულთან. თუმცა ბეტონის შეჭიდება გახეხილ ფოლადთან უმნიშვნელოდ მცირდება. ეს აიხსნება იმით, რომ ბეტონსა და კარგად დამუშავებულ ზედაპირს შორის კონტაქტი მთლიანობაში უფრო მაღალია.



ნახ. 1. სხვადასხვა ზედაპირის დასველების კიდური კუთხე:
 ა – ჰიდროფილურის; ბ – ჰიდროფობურის (საცხით)

ზედაპირზე საცხის აფსკის დატანით ის ჰიდროფობური ხდება და მკვეთრად ამცირებს ადჰეზიას.

შეკლება უარყოფითად მოქმედებს ადჰეზიაზე, შესაბამისად შეჭიდებაზე. რაც მეტია შეკლება ბეტონის შეხების ფენებში, მით მეტია კონტაქტის ზონაში შეკლებითი ბზარების ალბათობა, რომელიც ამცირებს შეჭიდებას.

კონტაქტურ წყვილში ყალიბი-ბეტონი, კოჰეზია უნდა გავიგოთ, როგორც გაჭიმვის სიმტკიცე ბეტონის შეხების ფენაში.

ყალიბის ზედაპირის ხორკლიანობა ზრდის მის შეჭიდებას ბეტონთან. ეს ხდება იმის გამო, რომ ხორკლიან ზედაპირს აქვს კონტაქტის მეტი ფაქტიური ზედაპირი, გლუვთან შედარებით.

ყალიბის მათალფორიანი მასალაც ზრდის შეჭიდებას, რადგან ცემენტის დუღაბი, აღწევს რა ფორებში, შემკვრივების დროს ქმნის საიმედო შეერთების წერტილებს.

ყალიბის მოხსნის დროს შეიძლება იყოს აწყვეტი სამი ვარიანტი.

პირველ ვარიანტში ადჰეზია ძალიან მცირეა, კოჰეზია საკმაოდ დიდი. ამ შემთხვევაში ყალიბი მოიხსნება ზუსტად კონტაქტის ზონაში.

მეორე ვარიანტი – ადჰეზია მეტია ვიდრე კოჰეზია. ამასთან ყალიბი მოიხსნება შეწებებულ მასალაზე.

მესამე ვარიანტი – ადჰეზია და კოჰეზია დაახლოებით ერთნაირია. ყალიბი მოიხსნება ნაწილობრივ ბეტონის კონტაქტის სიბრტყეზე, ნაწილობრივ თვითონ ბეტონზე (შერეული ან კომბინირებული აძრობა).

ადჰეზიური კონტაქტის დროს ყალიბი იხსნება ადვილად, ზედაპირი სუფთაა, ბეტონის ზედაპირის კი აქვს კარგი ხარისხი. ამის გამო უნდა ვეცადოთ ვუზრუნველყოთ ადჰეზიური მოხსნა. ამისათვის ყალიბის მაფორმირებადი ზედაპირი უნდა გავაკეთოთ გლუვი, ცუდად დასველებადი მასალისაგან ან მასზე დავიტანოთ საცხი და სპეციალური ანტიადჰეზიური საფარი.

ყალიბზე საცხი დაიტანება ბეტონთან მისი შეჭიდების შესამცირებლად, რის შედეგადაც როგორც ბეტონის, ისე ყალიბის ზედაპირი ნაკლებად ზიანდება. ის შეიძლება შეიცავდეს აქტიურ ნივთიერებას ყალიბის მასალის კოროზიისა ან დაღობისაგან დასაცავად. ყალიბის საცხი შემადგენლობაზე მოქმედებისა და ექსპლუატაციური თვისებების მიხედვით შეიძლება დავყოთ ოთხ ჯგუფად (ნახ. 2).

ბეტონისადმი ინერტული, ფხვნილისებრი ნივთიერების წყლიანი სუსპენზია, წარმოადგენს მარტივს და იაფს, მაგრამ არა ყოველთვის, საშუალებას ბეტონის ყალიბთან

მიკვრის ასაცილებლად. მოქმედების პრინციპი დაფუძნებულია მასზე, რომ სუსპენზიიდან წყლის აორთქლების შედეგად ყალიბის ფორმირებად ზედაპირზე წარმოიქმნება თხელი დამცავი აფსკი, რომელიც ეწინააღმდეგება ბეტონთან მიკვრას.



ნახ. 2. ყალიბის საცხის კლასიფიკაცია

ყალიბის შესაზეთად ჯერ კიდევ გამოიყენება კირ-თაბაშირის სუსპენზია, რომელიც მზადდება ნახევარწყლიანი თაბაშირისაგან (0,6...0,9 მასითი წილი), კირის ცომისაგან (0,4...0,6 მ.წ), სულფიდ-სპირტის დურდოსაგან (0,8...1,2 მ.წ.) და წყლისაგან (4...6 მ.წ).

სუსპენზიური საცხი ვიბროშემკვრავების დროს ირეცხება ბეტონის ნარევიტ და სვრის ბეტონის ზედაპირს. ამის გამო მას იშვიათად იყენებენ.

ყველაზე გავრცელებული ჰიდროფობური მინერალური მარილების საფუძველზე მიღებული ემულსოლი ან ცხიმოვანი მჟავის საპნის მარილებია.

ყალიბის ზედაპირზე მათი დატანის შემდეგ წარმოიქმნება ჰიდროფობური აფსკი, ორიენტირებული მოლეკულებისაგან (ნახ. 1), რომელიც ამცირებს ყალიბის მასალის შეჭიდებას ბეტონთან. ასეთი საცხის ნაკლია ბეტონის ზედაპირის დასვრა, მაღალი ღირებულება და ხანძარსაშიშროება. ოპტიმალური საცხის მაგალითია ACOKA-CO/5005 (არ შეიცავს გამხსნელს, არ სვრის ბეტონის ზედაპირს, „მუშაობს“ უარყოფით ტემპერატურაზე). მისი გამოყენება შეიძლება ნებისმიერი სახეობის ყალიბში [1-6].

საცხის მესამე ჯგუფში გამოიყენება ბეტონის თვისება ნელა შეიკვრას თხელ პირაპირულ ფენაში. შეკვრის შენელებისათვის საცხში შეჰყავთ მელასა, ტანინი და სხვ. ასეთი საცხის უარყოფითია ბეტონის იმ სისქის რეგულირების სირთულე, რომელშიდაც ყოვნდება შეკვრა.

ცხრილი 2. ЭКО Г15I ტიპის კომბინირებული საცხის შემადგენლობა

საცხის ტიპი	კომპონენტების რაოდენობა, მასითი ნაწილი							გამოყენება
	დამზავებული ზეთი	კირის რძე	წყალი	აზოტმჟავა თუ-თიის 10%-იანი ხსნარი	ემულსია „ოქსოლენ-30“	სთო 3%	საპონნავთის 3%-იანი ხსნარი	
ЭСО-24	2,5	1,2	–	4,0	–	–	–	ფიცრის და ფანერის ყალიბისათვის
ЭСО-25	2,5	1,25	–	1,25	–	0,5	–	მერქნის და ლითონის ყალიბისათვის
ЭСО-27	2,5	1,2	–	1,0	0,5	1,0	–	–
ЭСО-27A	2,5	1,2	0,5	1,0	0,25	–	1,0	–
ЭСО-29	2,5	1,2	–	1,0	0,15	–	0,5	–

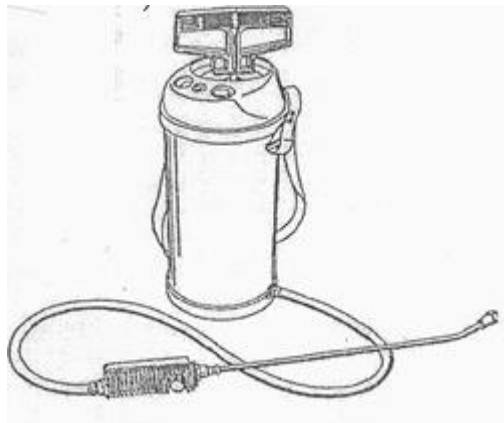
ყველაზე მეტად ეფექტურია კომბინირებული საცხი, რომელშიც გამოყენებულია ფორმირებადი ზედაპირის შერწყმა ბეტონის შეკვრის შემანელებელთან, თხელ ზედაპირულ ფენებში. ასეთი საცხი მზადდება ეგრეთწოდებული შექცეული ემულსიისაგან. ზოგიერთ მათგანში ჰიდროფობიზატორისა და შეკვრის შემაყოვნებლის გარდა შეაქვთ მაპლასტიფიცირებადი დანამატი; სულფიდ-საფუარის ღურღო ან საპონნავთი. ეს ნივთიერებები ვიბროშემკვრივების დროს ათხევადებენ ბეტონის ნარევს და ამცირებენ მის ზედაპირულ ფორიანობას.

ზოგიერთი კომბინირებული შექცეული ემულსიის ტიპის საცხის შემადგენლობა და მისი გამოყენება მოცემულია ცხრ. 2-ში.

ЭСО საცხი მზადდება ულტრაბგერით ჰიდროდინამიკურ საკმაოდ რთულ ამრევში.

ემულსიურ საცხს ახასიათებს სტაბილურობა, ის არ განშრევდება 7...10 დღე-ღამის განმავლობაში. მისი გამოყენებისას სრულად გამორიცხულია ბეტონის ყალიბთნ მიკვრა; ის კარგად ეჭიდება მაფორმირებელ ზედაპირს და არ სვრის ბეტონს.

საცხის რაციონალური შერჩევის გარდა მნიშვნელოვანია მისი სწორად დატანა. დატანის მეთოდი დამოკიდებულია სიბლანტეზე, ზედაპირის მდგომარეობაზე და ამინდის პირობებზე. თხევადი საცხი შეიძლება დავიტანოთ ჩვეულებრივი მფრქვევანით, რომელიც უზრუნველყოფს თანაბარ ფენას მცირე ხარჯით, ყალიბის ნებისმიერ ზედაპირზე (ნახ. 3). ასევე შეიძლება ფუნჯის, ჯაგრისის და ლილვაკის გამოყენება. ჰორიზონტალური და მცირე დახრის ყალიბი მიზანშეწონილია დავამუშაოთ მექანიკური ჯაგრისით, რომელიც ამცირებს შრომით დანახარჯებს და აუმჯობესებს განაწილებას, განსაკუთრებით სქელი კონსისტენციის საცხისათვის.



ნახ. 3. PERI-ის ფორმის გამფრქვევი

წვიმის დროს ემულსიის დატანა არ შეიძლება, რადგან ძალიან ყოვნდება დამლის პროცესი და ემულსია ყალიბიდან ჩამოდინდება და იქმნება მისი გათხელების საშიშროება. ის უნდა დავიცვათ ყინვისაგან და არ უნდა დავიტანოთ დაბალ ტემპერატურაზე. ზოგიერთ ადგილზე წარმოქმნილი საცხის ზედმეტობა უნდა მოვაცილოთ ღრუბლით ან რეზინის ჯაგრისით და ამ ადგილზე ყალიბი უნდა დამატებით დავამუშაოთ.

ეფექტური საცხის გამოყენება ამცირებს ზოგიერთ მავნე ფაქტორის ზემოქმედებას ყალიბზე. რიგ შემთხვევაში საცხის გამოყენება არ შეიძლება. ასე, მაგალითად, მცოცავ ყალიბში დაბეტონებისას ან ასაწევ-გადასაადგილებელ ყალიბში ასეთი საცხის გამოყენება აკრძალულია, ბეტონში მოხვედრისა და მისი ხარისხის შემცირების გამო.

კარგ ეფექტს გვაძლევს ანტიადჰეზიური დამცავი საფარი პოლიმერების საფუძველზე. მისი დატანა ხდება ფარის ზედაპირზე დამზადების დროს და ის იტანს 20...35 ციკლს,

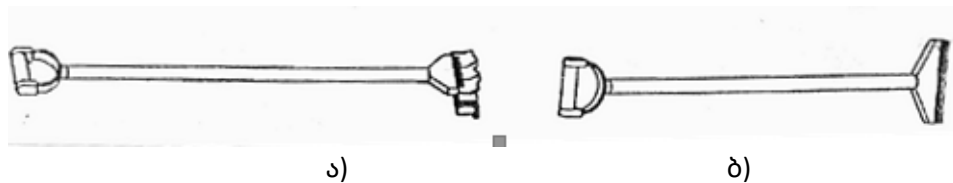
რემონტის და ხელახალი დატანის გარეშე. ასეთი საფარი სრულიად აცილებს ბეტონის მიკვრას ყალიბზე, აუმჯობესებს მისი ზედაპირის ხარისხს, ასევე იცავს მერქნის ყალიბს გაჟღენთისა და დაბრეცისაგან, ხოლო ლითონისას – კოროზიისაგან. ლითონის ფარების ანტიადჰეზიური საფარისათვის რეკომენდებულია C9-3 ემალი, რომლის შემადგენლობაში შედის ეპოქსიდური ფისი (4...7 მასითი წილი), მეთილპოლისილიქსანური ზეთი (1...2 მ.წ.), ტყვიის მურდასანგი (2...4 მ.წ.) და პოლიეთილენპოლიამინი (0,4...0,7 მ.წ.). ამ კომპონენტების არაჟანის კონსისტენციის პასტას, გულმოდგინედ გასუფთავებულ და გაუცხიმოებულ ზედაპირზე დაიტანენ ფუნჯით ან შტაპელით.

საფარი მაგრდება 80...140°C ტემპერატურაზე, 2,5...3,5 საათში. ასეთი საფარის ბრუნვადობა 50 ციკლს აღწევს.

ფიცრის და ფანერის ყალიბისათვის დამუშავებულია საფარი ფენოლფორმალდეჰიდის საფუძველზე. მას წნეხენ ფარის ზედაპირზე 3 კგძ/სმ²-მდე წნევით, 80°C ტემპერატურაზე. ეს საფარი სრულიად გამოორიცხავს ბეტონის მიკვრას ყალიბზე და ურემონტოდ იტანს 35-მდე ციკლს.

მიუხედავად საკმაოდ მაღალი ღირებულებისა, ანტიადჰეზიური დამცავი საფარი უფრო ხელსაყრელია მისი მრავალჯერადი ბრუნვადობის გამო.

ყალიბის გაწმენდა. განყალიბების შემდეგ ყალიბიდან აძრობენ ლურსმნებს და წმენდენ მიკრული ბეტონისაგან. გასაწმენდად გამოიყენება საფხეკი, ხელის მოწყობილობები და გამწმენდი მანქანა (ნახ. 4).



ნახ. 4. ყალიბის გამწმენდი ხელის მოწყობილობები

ა – უნივერსალური საფხეკი 100×85 მმ;

ბ – უნივერსალური საფხეკი ცვლადი პირით 50×850 მმ-დან 175×1300 მმ-მდე.

მეთოდის გამოყენება დამოკიდებულია ყალიბის ზედაპირის სახეობაზე, ელემენტების ზომაზე, დასვრის ხარისხზე და გაწმენდითი სამუშაოების მოცულობაზე. საფხეკი ძალიან ცვეთს ყალიბის ზედაპირს და გამოიყენება მხოლოდ ხორკლიანი ზედაპირის მქონე ფიცრებისა და ფარებისათვის, მაგრამ მისი გამოყენება არ შეიძლება გაუმჯობესებული ყალიბის ზედაპირისათვის. საფხეკის გამოყენება დაბალი წარმადობისაა და მოითხოვს დიდ შრომით დანახარჯებს, ამიტომ მას იყენებენ მხოლოდ მცირე მოცულობის სამუშაოებისათვის.

გამწმენდი მანქანა არის მოძრავი და სტაციონალური. მოძრავი მანქანის სამუშაო ორგანო შედგება ცვლადი მბრუნავი ჯაგრისებისაგან, რომელიც მზადდება მავთულის, პერლინის ან ბუნებრივი ბოჭკოსაგან, ან მათი შერწყმით, ასევე მხეხი დისკოებისაგან. კომპლექსში ყველა სახეობის ზედაპირისათვის არის ნაკრები. ეს მანქანა შეიძლება დავაყენოთ მხოლოდ პორიზონტალურ ზედაპირზე. მას ასევე იყენებენ საცხის შემდგომი დატანისათვის. სტაციონარულ მანქანაში ყალიბს ათავსებენ მასში, სადაც ის იწმინდება ორი ან ოთხი მხრიდან, ფოლადის პატარა ჩაქუჩებით, ლილვაკებით, სახვეწებით, მბრუნავი ჯაგრისებით ან ამ ელემენტების კომბინაციით. ამის შემდეგ ყალიბს უშვებენ მოწყობილობაში გასაჟღენთად, სადაც ის ხელახალა იფარება საცხით.

ლიტერატურა

1. ა. ჩიქოვანი. ბეტონის ტექნოლოგია. - თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2015, 358 გვ.
2. ლ. კლიმიაშვილი, დ. გურგენიძე, ა. ჩიქოვანი. ბეტონები, ტექნიკური მოთხოვნები, გამოცდის მეთოდები ევროპულ სამშენებლო ნორმებთან შესაბამისად. -თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2017, 192 გვ. ISBN 978-9941-28-447-2.
3. ლ. კლიმიაშვილი, დ. გურგენიძე, ა. ჩიქოვანი. ბეტონმცოდნეობა. -თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2021, 272 გვ. ISBN 978-9941-28-725-1
4. Несветаев Г.И. Бетоны. -Ростов н/Д.: Феникс, 2011, 381 с.
5. Барабанщиков Ю.Г. -М., Строительные материалы, 2021, 443 с.
6. Алимов Л.А., Воронин В.В. строительные материалы. -М., издательский центр «Академия», 2012, 320 с.

SUMMARY

MEASURES TO REDUCE ADHESION OF CONCRETE TO FORMWORK

Tsinadze Z.O., Mskhiladze N.G. and Chikovani A.B.

Georgian Technical University

The article discusses the measures to reduce the adhesion of concrete to the formwork. It is shown how the adhesion and cohesion of concrete, its shrinkage, roughness, and porosity of the forming surface of the mold affect the adhesion of concrete to the mold. The values of the normal strength of concrete with different formwork materials are given. Three possible termination options during mold removal are discussed.

Keywords: concrete, mold, adhesion, cohesion, formable surface.

ანალიტიკური სისტემების დეტექტირების იმპედანსური მეთოდები

ორმოცაძე ნ.შ., მესხიშვილი მ.მ., ბიბილიაშვილი დ.ვ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მინიატურული ანალიტიკური სისტემები ან ჩიპზე მომუშავე ლაბორატორიები არის ინტენსიურად განვითარებადი მულტიდისციპლინარული სამეცნიერო და ტექნიკური მიმართულება, რომელიც უკავშირდება ნანოტექნოლოგიის, მიკრო- და ნანოს გამოყენებას, ინსტრუმენტული ანალიტიკური ქიმიის, დიაგნოსტიკური მიკროსისტემების მინიატურიზაციასა და ინტეგრაციას. – ელექტრონიკა და მიკროსისტემის ტექნოლოგია. LNP-ის უპირატესობებია ის, რომ მინიატურიზაციის წყალობით შესაძლებელია ანალიზური და დიაგნოსტიკური პროცედურების ჩატარების ფინანსური ხარჯების შემცირება, აგრეთვე ანალიზის შედეგებისა და სიჩქარის გაზრდა.

ბოლო წლებში პოპულარობას იძენს იმპედანსურ დეტექტირებაზე დაფუძნებული სენსორული სისტემები. ანალიზის დაბალი ღირებულება, სიჩქარე და მოხერხებულობა, საკვლევ ნიმუშზე გარეშე ნივთიერებების გავლენის გამორიცხვა და ამგვარი სენსორების მინიატურიზაციის სიმარტივე მათ ინტეგრაციას ლაბორატორია ჩიპზე-ში პერსპექტიულს ხდის.

წინააღმდეგობის დადგენაზე დაფუძნებული სენსორული სისტემები შეიძლება დაიყოს ორ ტიპად, რაც დამოკიდებულია მათში ბიომეცნობადი ელემენტის არსებობაზე ან არარსებობაზე. პირველი ტიპის სისტემები, სახელწოდებით იმპედიმეტრიული ბიოსენსორები (ID ბიოსენსორები), აფიქსირებენ წინააღმდეგობის ცვლილებას, რომელიც გამოწვეულია ელექტროდის ზედაპირზე სამიზნისა და ბიოლიგანდის (ანტისხეული, ანტიმიკრობული პეპტიდი ან აპტამერი) შეკავშირებით. მეორე ტიპის დეტექტორები, რომლებსაც impedimetric სენსორები ეწოდება (ID სენსორები), აღრიცხავს ელექტროლი წინააღმდეგობის ცვლილებას ქიმიური და მეტაბოლური პროცესების შედეგად, რომლებიც ხდება ნიმუშის მოცულობაში და უშუალოდ ელექტროდების ზედაპირზე.

განხილულია სენსორების სფეროში განვითარებული მოვლენები, რომლებიც ემყარება წინააღმდეგობის აღმოჩენასა და LSP- ში მათი ინტეგრაციის შესაძლებლობას.

იმპედიმეტრიული ბიოსენსორების წარმოება ხდება ელექტროდების ზედაპირზე ბიოლიგანდის იმობილიზაციით, რაც უზრუნველყოფს მაღალი მგრძობელობის სენსორის შერჩევას. ანტისხეულები, ანტიმიკრობული პეპტიდები, აფთამერები, ბაქტერიოფაგები და ელექტონები გამოიყენება როგორც ბიო-ამომცნობი ელემენტები. სამიზნის დიელექტრიკული თვისებების გამო, მისი ბიოლიგანდთან კავშირი იწვევს ან წინააღმდეგობის ან ტევადობის ანუ გამტარობის ცვლილებას.

ცვლილებას ელექტროდების ზედაპირზე. ბაქტერიული უჯრედების მემბრანები წარმოადგენს ბილიპიდურ ფენას და აქვთ სისქე 5–10 ნმ, ელექტროლი სიმძლავრე 0,5–1,3 მკფ / სმ² და წინააღმდეგობა 102–105 ომ [2].

ელექტროდების ზედაპირზე ბიო-ამომცნობ ელემენტთან კონტაქტით, უჯრედები ქმნიან დიელექტრიკულ ბარიერს ელექტროდებით ღენის გასატარებლად, რაც ზრდის ზედაპირის წინააღმდეგობას. შესამჩნევი სამიზნეების ფართო სპექტრი, რომელთა მაგალითები მოცემულია ცხრილში, ქმნის დიდ შესაძლებლობებს ამ ტიპის სენსორების ლ.ჩ.-ში ინტეგრირებისთვის.

ნაშრომში [7] მოცემულია ID ბიოსენსორი, რომელიც შეიცავს ოქროსაგან დამზადებულ სამუშაო ელექტროდებს, რომელზედაც იმობილიზებულია სპეციფიური *Salmonella typhimurium*-ისთვის დამახასიათებელი მონოკლონალური ანტისხეულები, Ag/AgCl-ისგან

დამზადებულია შესადარებელი ელექტროდები (შე) და ოქროს დამხმარე ელექტროდი (დე). სენსორმა აჩვენა სწრაფი (დაახლოებით 90 წმ) და შერჩევითი ილენტიფიკაციის გამოვლენა წყალში, გამოვლენის ქვედა ზღვრით – 10 CFU 100 მლ.

სენსორი პერსპექტიულია კვებისა და სოფლის მეურნეობის მრეწველობაში ბაქტერიების მონიტორინგისთვის.

ცხრილი 1. იმპედიმეტრიული ბიოსენსორების გამოყენების მაგალითები

სამიზნე	ბიოაღმომჩენი ელემენტი	მგრძნობელობის ზღვარი	წყარო
<i>Staphylococcus aureus</i>	ანტისხეულები იმობილიზებული ნა-ნოფორული ალუმინის მემბრანაზე, რომელიც ფარავს პლატინის ელექტროდებს	102 ერთეული/ მლ	[3]
<i>Streptococcus mutans</i>	ანტიმიკრობული პეპტიდები, რომლებიც იმობილიზებულია ოქროს ელექტროდებზე	105 ერთეული / მლ	[4]
<i>E. coli O157: H7</i>	ანტისხეულები, იმობილიზებული ოქროს ელექტროდებზე	2 ერთეული / მლ	[5]
<i>E. coli K-12</i>	ბაქტერიოფაგები იმობილიზებული ოქროს ელექტროდებზე	104ერთეული / მლ	[6]
<i>Salmonella typhimurium</i>	მონოკლონური ანტისხეულები, იმობილიზებული ოქროს ელექტროდებზე	10 ერთეული 100 მლ-ში	[7]
ადენოვირუსის	ანტისხეულები, რომლებიც იმობილიზებულია ოქროს ელექტროდებზე	30 ppm	[8]
ინტერლეიკინები -1,-6,-10 მონოკლონალური	ანტისხეულები, იმობილიზებული ოქროს ელექტროდებზე	0,001 გვ / ლ	[9]
ტესტოსტერონი	ანტისხეულები, იმობილიზებული ნახშირბადის ელექტროდებზე	0,045 ნგ / ლ	[10]
პროქესტერონი	აპტამერები იმობილიზებულები არიან ოქროს ელექტროდებზე	0,9 გვ / ლ	[11]
აფლატოქსინი	აფტამერები იმობილიზებული ნახშირბადის ელექტროდებზე	1,15 ნგ / ლ	[12]
ნანონაწილაკები	გრაფენის ოქსიდის მატრიცაში, იმობილიზებული ნახშირბადის ელექტროდებზე.	2 10 ⁻⁸ მოლი / ლ	[13]

[14]-ში განიხილულია ID ბიოსენსორი *Escherichia coli O157: H7*-ის დასადგენად. სენსორი შეიცავს ორი წყვილი ოქროს სავარცხლის ელექტროდს, რომლებიც განლაგებულია თანმიმდევრულად ფოტორეზისტისა პოლიდიმეთილსილოქსანისგან წარმოქმნილ მიკროფლუიდური ჩიპის არხში, ელექტროდების პირველი წყვილი განკუთვნილია ნიმუშის დიელექტროფორეზული კონცენტრაციისთვის და მისი ცენტრალური არხის უბანში გადასადგილებლად. ელექტროდების მეორე წყვილი შეიცავს იმობილიზებულ პოლიკლონალურ ანტისხეულებს, რომლებიც გამოიყენება 300 ერთეული / მლ (გამოვლენის ქვედა ზღვრით) ბაქტერიების შერჩევითი გამოვლენისათვის. ელექტროდი მზადდება ნიმუშზე მანიპულირებისთვის და ელექტროდები მისი ილენტიფიკაციისთვის დამზადებულია ერთიანი ტექნოლოგიური პროცესის ჩარჩოში.

ამრიგად, იმპედიმეტრიული ბიოსენსორები წარმოადგენს პათოგენური მიკროორგანიზმების, ვირუსების, ჰორმონების, ტოქსინების და ა.შ. შერჩევითი გამოვლენის საშუალებას. უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ტიპის სენსორების მთავარი მინუსი არის ბიოაღმომჩენი ელემენტის იმობილიზაციის შედარებით რთული პროცესი ელექტროდების ზედაპირზე.

იმპედიმეტრიისა და დიელექტროფორეზის კომბინაცია საშუალებას იძლევა შეიქმნას სისტემები სენსორული აქტივატორული ელემენტებით ერთიანი ჯგუფის ტექნოლოგიის გამოყენებით, რაც შესაძლებელს ხდის ამ სისტემების ინტეგრირებას ლაბ/ჩიპ-ებში.

ID-ბიოსენსორებისგან განსხვავებით, საკუთრივ იმპედიმეტრიულ სენსორებში ბიოაღმომჩენის სპეციალური ელემენტები არ გამოიყენება. მათში წინაღობის საპასუხო რეაქცია წარმოიქმნება ფიზიკურ-ქიმიური და მეტაბოლური პროცესების შედეგად ელექტროდებზე და სინჯის მოცულობაში. მეტაბოლიზმი, ანუ ნივთიერებათა ცვლა არის სხვადასხვა ქიმიური რეაქციები, რომლებიც ხდება ცოცხალ ორგანიზმში სიცოცხლის შესანარჩუნებლად. ეს რეაქციები, კერძოდ, საშუალებას აძლევს ბაქტერიებს დაანგრინონ მაკრომოლეკულები (პოლისაქარიდები, ლიპიდები, ნუკლეინის მჟავები და ცილები) უფრო მცირე ზომის ერთეულებად (შესაბამისად მონოსაქარიდები, ცხიმოვანი მჟავები, ნუკლეოტიდები და ამინომჟავები) ენერჯის მისაღებად. დიდი მოლეკულების ამ მცირე ზომის, უფრო მობილურ და დამუნტულ მეტაბოლიტებად გადაქცევა იწვევს ბაქტერიული ზრდის არეში იონური შემადგენლობის ცვლილებებს. ეს ცვლილებები შეიძლება შეფასდეს და ასოცირდეს ბაქტერიების კონცენტრაციასთან, რაც შესაძლებელს ხდის მათი ზრდისა და განვითარების პროცესების შესწავლას.

[16] ავტორებმა დაადგინეს რაოდენობრივი თანაფარდობა მიკრობული ზრდის ცვლილებებსა და საკვებ გარემოში წინაღობას შორის. *Escherichia coli*, რომელიც გვხვდება საკვებში, გამოიყენებოდა როგორც პათოგენური ბაქტერიების მოდელი. წინაღობა იზომება 10 კპც ფიქსირებულ სინშირეზე პლატინის ქინძისთავური მიკროელექტროდების გამოყენებით ინკუბაციური პერიოდის (6 საათის) განმავლობაში. წარმოდგენილი სენსორი საშუალებას აძლევს დაადგინოს *E. coli*-ს კონცენტრაცია 100 ერთეული/ მლ გამოვლენის ლიმიტით 5–12% ცდომილების ფარგლებში.

ლიტერატურა

1. Зими́на Т. М., Соловьёв А. В., Ситков Н. О. и др. Разработки СПбГЭТУ в области технологии лабораторий начипе. // Биотехносфера, 2015, № 5 (41), сс. 3-19.
2. Wang Y., Ye Z., Ying Y. New Trends in Impedimetric Biosensors for the Detection of Foodborne Pathogenic Bacteria // Sensors, 2012, Vol. 12, pp. 3449-3471.
3. Tana F., Leung P., Liu Z. et al. A PDMS microfluidic impedance immunosensor for *E. coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus* detection via antibody-immobilized nanoporous Membrane. // Sensors and Actuators B. 2011, Vol. 159, pp. 328-335.
4. Lillehoj P., Kaplan C., He J. et al. Rapid, Electrical Impedance Detection of Bacterial Pathogens Using Immobilized Antimicrobial Peptides // Journ. of Laboratory Automation, 2014, Vol. 19 (1), pp. 42-49.
5. Barreiros dos Santos M., Aguil J. P., Prieto-Simon B. [et al.]. Highly sensitive detection of pathogen *Escherichia coli* O157:H7 by electrochemical impedance spectroscopy // Biosensors and Bioelectronics, 2013, Vol. 45, pp. 174-180.
6. Mejri M. B., Baccar H., Baldrich E. et al. Impedance biosensing using phages for bacteria detection: Generation of dual signals as the clue for in-chip assay confirmation. // Biosensors and Bioelectronics, 2010, Vol. 26, pp. 1261-1267.
7. La Belle J., Shah M., Reed J. et al. Rapid, Electrical Impedance Detection of Bacterial Pathogens Using Immobilized Antimicrobial Peptides. // Electroanalysis, 2009, Vol. 21, pp. 2267-2271.
8. Lin D., Tang T., Harrison D. et al. A regenerating ultrasensitive electrochemical impedance immunosensor for the detection of adenovirus. // Biosensors and Bioelectronics, 2015, Vol. 68, pp. 129-134.
9. Baraket A., Lee M., Zine N. [et al.]. A Fully Integrated Electrochemical BioMEMS Fabrication Process for Cytokine Detection: Application for Heart Failure. // Procedia Engineering, 2014, Vol. 87, pp. 377-379.
10. Li G., Zhu M., Ma L. et al. Generation of Small Single Domain Nanobody Binders for Sensitive Detection of Testosterone by Electrochemical Impedance Spectroscopy. // ACS Appl. Mater. Interfaces, 2016, Vol. 8 (22), pp. 13830-13839.
11. Jiménez G., Eissa S., Alhadrami H. et al. Aptamer-Based Label-Free Impedimetric Biosensor for the detection of Progesterone. // Analytical Chemistry, 2014, Vol. 87 (2), pp. 1075-1082.

12. Istamboulié G., Paniel N., Zara L. et al. Development of an impedimetric aptasensor for the determination of aflatoxin M1 in milk. // *Talanta*. 2016, Vol. 146, pp. 464-469.
13. Tan X., Hu Q., Wu J. et al. Electrochemical sensor based on molecularly imprinted polymer reduced graphene oxide and gold nanoparticles modified electrode for detection of carbofuran. // *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2015, Vol. 220, pp. 216-221.
14. Dastider S. G., Barizuddin S., Dwei M. et al. A micro-machined impedance biosensor for accurate and rapid detection of *E. coli* O157:H7. // *RSC Advances*, 2013, Vol. 3, pp. 26297-26306.
15. Abdolahad M., Taghinejad M., Taghinejad H. et al. A 26. vertically aligned carbon nanotube-based impedance sensing biosensor for rapid and high sensitive detection of cancer cells. // *Lab Chip*. 2012, Vol. 12, pp. 1183-1190. 27.
16. Uria N., Moral-Vicoa J., Abramova N. et al. Fast determination of viable bacterial cells in milk samples using impedimetric sensor and a novel calibration method. // *28. Electrochimica Acta*. 2016, Vol. 198, pp. 249-258.
17. Settu K., Chen C., Liu J. et al. Impedimetric method for measuring ultra-low *E. coli* concentrations in human urine. // *Biosensors and Bioelectronics*, 2015, Vol. 66, pp. 244-250. 29.
18. Guo X., Zhu R., Zong X. A microchip integrating cell array positioning with in-situ single-cell impedance measurement. // *Analyst*, 2015, Vol. 140, pp. 6571-6578. 30.
19. Bürgel S., Escobedo C., Haandba'k N. et al. On-chip electroporation and impedance spectroscopy of single-cells. // *Sensors and Actuators B*. 2015, Vol. 210, pp. 82-90.

SUMMARY

IMPEDANCE DETECTION METHODS OF ANALYTICAL SYSTEMS

Ormotsadze N.Sh., Meskhishvili M.M. and Bibileishvili D.V.

Akaki Tsereteli State University

Georgian Technical University

The analytical review examines recent developments in the field of sensor technology based on the principle of electrical impedance. The classification of the sensors is proposed based on two main groups, differing by presence or absence of biorecognition element.

Keywords: analytical systems, impedance methods, sensors.

MANAGEMENT OF RADIOLOGICALLY CONTAMINATED UNDERGROUND TANK

Nabakahtiani G.N., Giorgadze I.S. and Gigashvili N.R.

Georgian Technical University

Abstract. Georgia has one closed radioactive “Radon” type waste repository situated near the village Saakadze (s.c. Saakadze disposal). The repository was closed in 1989. Unfortunately, all information for the repository was lost during the civil war in Georgia. The first great scale investigation of the repository was conducted within the EU project when the condition of the solid waste disposal was characterized. Three underground tanks also were investigated and the liquid in the first tank was assigned as radiologically contaminated. (The water in other tanks was identified as radiologically cleaned). The contaminated water was cleaned within the International Atomic Energy Agency (IAEA) project GEO/9/013. Investigation of the remaining sludge and tank wall contamination was conducted within IAEA project GEO/9/017. A high concentration of Radium was identified in the sludge from the first tank. Comparably higher concentration of Radium was also fixed in the sludge from the second tank. Considering the small amount of sludge, it was decided not to remove sludge from the tanks, but to use it for future storage.

Keywords: radioactive waste, clearance level, contamination, sludge

1. Introduction

The Radioactive waste repository situated near v. Saakadze site has been in operation since 1960. The repository consists of a “Radon” type facility for storing solid radioactive waste. The facility has the dimensions of 20 meters by 10 with a maximum depth of 5 meters (see Fig.1). The operation of the facility was terminated in 1989.

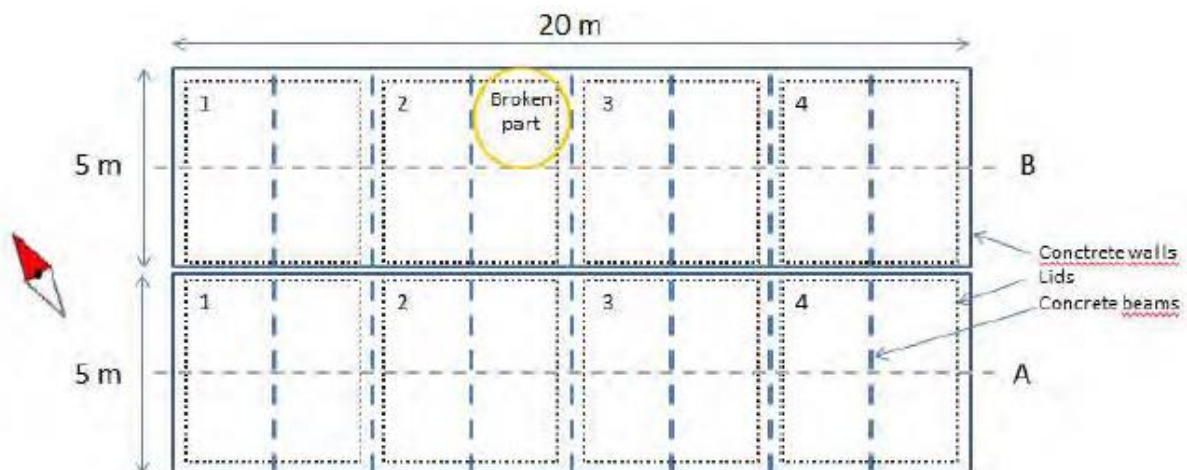
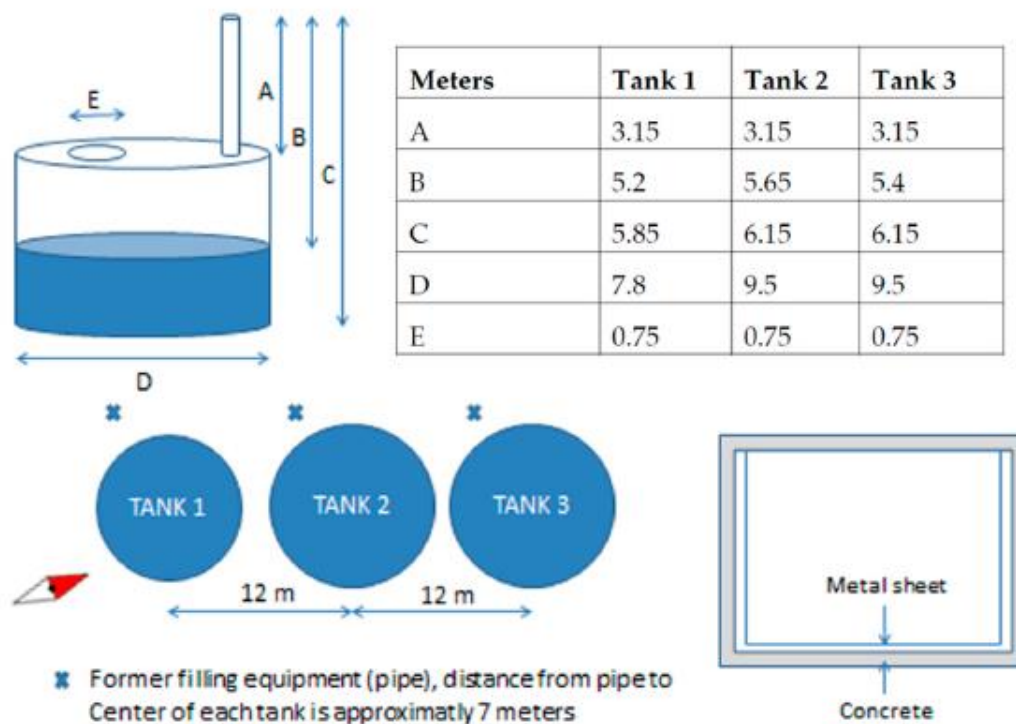


Fig.1 Schema of “Radon” type facility

Unfortunately, during civil unrest, all documents pertaining to the facility were lost. The site since then has not been supervised properly (simply surrounded by a fence and guarded by one person). The first large-scale investigation of the facility was conducted within the bounds of EU project G.01/08 [1]. The investigation showed that only solid radioactive waste had been buried in the “Radon” facility. Approximately 60 % of its storage capacity is occupied. No leakage of radioactivity has been identified. At the same time, long-lived nuclides were detected, which can be

argued to need to be improperly stored if buried at such depth. Geological investigations demonstrated that the facility is surrounded by layers of clay up to a depth of 7 or 8 meters, which are followed by conglomerates. No aquifer layers were found. Special attention was paid to the three underground tanks situated close to the solid waste disposal facility. (Fig. 2) [2]. The thick concrete walls of the tanks are covered by stainless steel on the inside. Each tank is fitted with air ventilation and due to these open tubes, rainwater has accumulated in each of the tanks. Unfortunately, we have little data as pertains to liquid radioactive waste in the facility. Radiological investigation of the water revealed a presence of ^{226}Ra in the first small tank with a concentration of 1/240 Bq/kg. Radiological content for the other two tanks was under clearance level (according to the clearance concept adapted by Georgia for liquid radioactive waste in 2015) [3].



2. Handling contaminated water

As mentioned above, the water situated into the first tank contained ^{226}Ra with a comparably low concentration, according to the existing regulations the water is to be considered radiologically contaminated. There were discussed three ways to handle contaminated water:

Discharge to the environment

It is permitted if the annual dose for a population from discharge does not exceed 0.1mSv. according to Georgian National BSS [3] sets requirements and norms for discharge. Specific acceptable activities for different nuclides in a dischargeable liquid are mostly defined for medical waste. In other words, a model should be formed, and the possible annual dose of the discharge assessed. The model and assessment methods should be approved by the Regulatory Authority (RA) – Agency of Nuclear and Radiation Safety (ANRS). In the case of a dose less than 0.1 mSv., it is possible to discharge the liquid. It must be mentioned that such a method often begets public

discontent, as the populace is opposed to any presence of radiation. If it is to be implemented, herculean efforts must be made to educate the locals. As such it was decided not to pursue this course of action.

Solidification of the liquid

Solidification of the liquid could be conducted by mixing it with cement and sand. Considering the volume of the liquid (41m³ according to preliminary assessment, final assessment showed 51 m³ due to the concave shape of the tank bottom) large concrete blocks will need to be produced. The concentration of the Radium in the blocks should be approximately less than 1Bq/g, which allows the blocks to be cleared from radiological regulation, but the disposal of these blocks would be problematic once again because of the aversion of public to any radioactive materials (finding a construction company willing to handle these blocks is nigh impossible), therefore it was decided not to conduct solidification of the liquid waste.

Water purification

Georgian national legislation considers the clearance of liquid radioactive waste. The specific concentration of ²²⁶Ra for clearance is identified as 1Bq/g, which is very close to the existing concentration of Radium in the liquid, therefore it was decided to purify the water using filters. The activity was performed within the framework of the International Atomic Energy Agency (IAEA) Technical Cooperation project GEO/9013 in cooperation with the Russian FSU “Radon” [4]. Cleaned water was added to the second tank. All contaminated objects were collected and placed into three 200-litre drums filled with concrete.

3. Sediment investigation



Fig.1. The bottom of the first tank

Tanks no. 2 and 3 contain water, which can be declared as radiologically clean. While the water has been kept for a prolonged period, the sediment may contain a higher concentration of radionuclides. The same can be said for the sediment remaining in tank no.1 after contaminated water has been removed. Additional investigation of the tanks was conducted as a part of IAEA

TC project GEO/9017 together with specialists from Hungarian „Izotop“. The thickness of the sediment in the first tank was assessed as appr. 1 cm. The first tank is for all intent and purposes empty, but a minute amount of water might remain (Fig.1). The thickness of the sediment in the second tank is appr. 0.5cm and the third one is 0.2 cm.

The amount of water in each tank is given in Tab.1.

Tab.1 Tank Characteristics

Tank name	*Water level (cm)	* Level of the bottom of the tank (cm)	** Height of the water in the tank (cm)	*** Diameter of the tank (cm)	The volume of the water in the tank (m ³)
Tank no.1	≈595	≈595	0	857	0.00
Tank no.2	≈490	≈620	130	858	75.16
Tank no.3	≈547	≈618	71	865	41.72

*) The reference point for measurement is the top of the ventilation pipe

**) The difference between bottom and water levels is the height of the water

***) The dimers were measured using laser measurements

The concentrations of different nuclides in the water of each tank as identified (Tab.2)

Tab.2 Radionuclide concentrations in the waters

Isotope	Tank 1		Tank 2		Tank 3	
	Activity (Bq/Kg)	Unc. (Bq/Kg)	Activity (Bq/Kg)	Unc. (Bq/Kg)	Activity (Bq/Kg)	Unc. (Bq/Kg)
Ra-226	1640	86	7.48	1.18	4.59	LOD
Pb-210	1450	85	2.84	LOD	3.27	LOD
Bi-214	1569	200	2.49	0.22	1.25	0.22
Pb-214	1603	121	2.34	0.12	1.07	0.32
Ac-228	41	LOD	0.98	LOD	1.45	LOD
H-3	165	5	159	5	199	6
C-14	41	LOD	7	LOD	7	LOD
Sr-90	0.03	LOD	0.01	LOD	0.01	LOD
K-40	1050	LOD	2.97	LOD	4.02	LOD
Co-60	9.5	LOD	0.27	LOD	0.41	LOD
Cs-137	12	LOD	0.28	LOD	0.36	LOD
U-238	1.52	0.18	0.35	0.02	0.65	0.02
U-235	0.32	LOD	0.03	0.00	0.02	0.00
U-234	1.28	0.17	0.44	0.03	0.78	0.02
Pu-239/240	1.81	LOD	0.00	LOD	0.00	LOD
Pu-238	0.32	LOD	0.00	LOD	0.00	LOD
Am-241	0,13	LOD	0.25	LOD	0.34	LOD
Cm-244	0.17	LOD	0.32	LOD	0.60	LOD

The measurements were conducted using gamma spectrometry and radiochemistry. As Tab.1 shows, only a relatively small amount of water in the first tank can be considered contaminated.

Additionally, Radon concentrations were measured in the air of the tanks. The first tank contains a high concentration of Radon $322\,000 \pm 19\,000$ Bq/m³. The concentration of Radon in the second tank is considerably less 227 ± 56 Bq/m³. The lowest concentration is measured in the third tank 35 ± 19 Bq/m³.

The radionuclide concentrations in the sediments also were examined using the same methods (Tab.3)

Tab. 3. Radionuclide concentrations in sediments

Isotope	Tank 1		Tank 2		Tank 3	
	Activity (Bq/Kg)	Unc. (Bq/Kg)	Activity (Bq/Kg)	Unc. (Bq/Kg)	Activity (Bq/Kg)	Unc. (Bq/Kg)
Ra-226	3 839 256	40 707	94	1.18	13	1
Po-210	3 723 575	55 903	13 856	213	76	LOD
Pb-210	3 027 986	93 583	13 463	1 093	63	5
Bi-214	2 152 069	9 754	1 589	9	3	0
Pb-214	2 276 126	9 498	1 548	19	4	0
Ac-228	11 300	LOD	15	1	2	0
Sr-90	1	LOD	0	LOD	0	LOD
K-40	27 900	LOD	245	6	53	2
Co-60	2 710	LOD	1	LOD	2	0
Cs-137	3 080	LOD	18	0	1	0
U-238	27	2	25	1	52	2
U-235	4	1	1	LOD	3	0
U-234	90	4	29	2	58	2
Pu-239/240	5	LOD	2	LOD	1	LOD
Pu-238	9	LOD	5	LOD	4	LOD
Am-241	7	LOD	1	LOD	1	LOD
Cm-244	1	LOD	0	LOD	1	LOD

As Tab.3 demonstrates, the concentration of Radium in the sediment of the first tank is far from negligible, the sediment in the second tank is contaminated as well albeit to a lesser extent.

4. Conclusion

The investigation conducted revealed that sediments in some tanks still contain Radium. The contamination is especially unsatisfactory in tank no.1. The sediment of tank no.2 is narrowly contaminated. The radon level is only high in the first tank, it is acceptable in others. Two further possibilities should be discussed for the tanks – dismantlement or usage for storing high volume contaminated materials like soil.

REFERENCES

1. Survey and Strategic Assessment of Georgian Radwaste Disposal and Interim Storage Sites// EU project G.4.01/08. Report No. 3. 2013.
2. Results from the Environmental and Radiological Site Survey// EU project G.4.01/08. Report No. 2.2. 2013.

3. Radiation Safety Norms and Basic Requirements Related to Handling of Ionizing Radiation Sources// Resolution No.450 of the Georgian Government, August 27, 2015, Tbilisi
4. G. Nabakhtiani, I. Giorgadze, M. Ojovan. IAEA-assisted Treatment of Liquid Radioactive Waste on Saakadze Site in Georgia. //MDPI, Processes 2021, v.9, issue 9, pp. 1679-1691.

რეზიუმე

მიწისქვეშა კონტამინირებულ ავზებთან მოპყრობა

ნაზახტიანი გ.ნ., გიორგაძე ი.ს., გიგაშვილი ნ.რ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საქართველოს აქვს „რადონის“ ტიპის რადიოაქტიური ნარჩენების სამარხი, რომელიც განთავსებულია სოფ. სააკაძესთან (ე.წ. სააკაძის სამარხი). სამარხი დაიკეტა 1989 წელს. სამწუხაროდ, სამარხის დამახასიათებელი ყველა საბუთი დაიკარგა სამოქალაქო ომის დროს. სამარხის სრულმასშტაბიანი პირველი კვლევა ჩატარდა ევროპული პროექტის ფარგლებში. შესწავლილი იქნა მყარი ნარჩენების სამარხი და შეფასდა ადგილზე მყოფი სამი მიწისქვეშა ავზის მდგომარეობა. პირველ ავზში მყოფი წყალი შეფასდა, როგორც რადიოლოგიურად დაბინძურებული, ხოლო დანარჩენ ორ ავზში მყოფი წყალი რადიოლოგიურად სუფთად იყო მიჩნეული. დაბინძურებული წყლის გაწმენდა განხორციელდა ატომური ენერჯის საერთაშორისო სააგენტოს (აესს) პროექტის GEO/9/013-ის ფარგლებში. დარჩენილი ლექის გამოკვლევა მოხდა აესს-ის პროექტ GEO/9017-ის ფარგლებში, როდესაც დადგინდა რადიუმის მაღალი კონცენტრაცია პირველი ავზის ლექში და მისი მცირედ მომატებული რაოდენობა მეორე ავზის ლექში. ლექის მცირე ოდენობების გათვალისწინებით შეუძლებლად იქნა მიჩნეული მათი ამოღება ავზებიდან. გადაწყდა ავზების გამოყენება რადიოაქტიური ნარჩენების მომავალი შენახვისთვის.

საკვანძო სიტყვები: რადიოაქტიური ნარჩენები, სისუფთავის დონე, დაბინძურება, ლექი.

**იზოტოპური გაზომვების მონაცემთა შეგროვების კომპიუტერული სისტემა
მასსპექტრომეტრისთვის MI-1201**

ბერეჟიანი მ.გ., ელიაშვილი ლ.ზ., ფარულავა ლ.პ.

**საქართველოს მაღალი ტექნოლოგიების ეროვნული ცენტრი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი**

საქართველოში, ყოფილი სტაბილური იზოტოპების სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის (იგივე საშუალო მანქანათმშენებლობის სამინისტროს წამყვანი საწარმო П/Я А3521) ბაზაზე შექმნილი კომპანიების მიერ იწარმოება მაღალტექნოლოგიური პროდუქცია – აზოტის, ჟანგბადის, ბორის სტაბილური იზოტოპების ნაერთები, რომლებიც გამოიყენება მედიცინაში, ბიოქიმიურ კვლევებში, ნახევარგამტარულ და ბირთვულ ტექნოლოგიებში [1,2]. წარმოებათა არსებული ტექნოლოგიები დაიხვეწა, გაფართოვდა და პროდუქციას უკავია საგრძნობი წილი მსოფლიო ბაზარზე. დამუშავებულია და დანერგილია ტექნოლოგიური პროცესების მართვისა და მონაცემთა შეგროვების თანამედროვე კომპიუტერული სისტემები (SCADA, DCS) წამყვანი კომპანიების GE Automation, Emerson, Siemens პროგრამირებადი ლოგიკური კონტროლერების გამოყენებით [3,4].

კომპანიის „მაღალი ტექნოლოგიების ეროვნული ცენტრი“ ანალიტიკურ სამსახურში იზოტოპური გაზომვებისთვის დღემდე ეფექტურად გამოიყენება არსებული მასსპექტრომეტრები MI-1201. ისინი შექმნილი იყო ძირითადად მძიმე – ურანისა და ტრანსურანული ელემენტების იზოტოპების ანალიზისთვის, მაგრამ ატომური მასების გაზომვის ფართო დიაპაზონი იძლევა მსუბუქი (დაწყებული ლითიუმის ატომიდან) ელემენტების იზოტოპური ანალიზის შესაძლებლობას მაღალი სიზუსტით. თუმცა ხსენებული მოდელები რამდენადმე ფიზიკურად და მორალურად მოძველებულია, კვალიფიციური ტექნიკური მომსახურებისა და კომპეტენტური სპეციალისტების წყალობით აკმაყოფილებენ და აღემატებიან კიდევ გაზომვების სიზუსტისა და სტაბილურობის მიმართ თანამედროვე მოთხოვნებს.

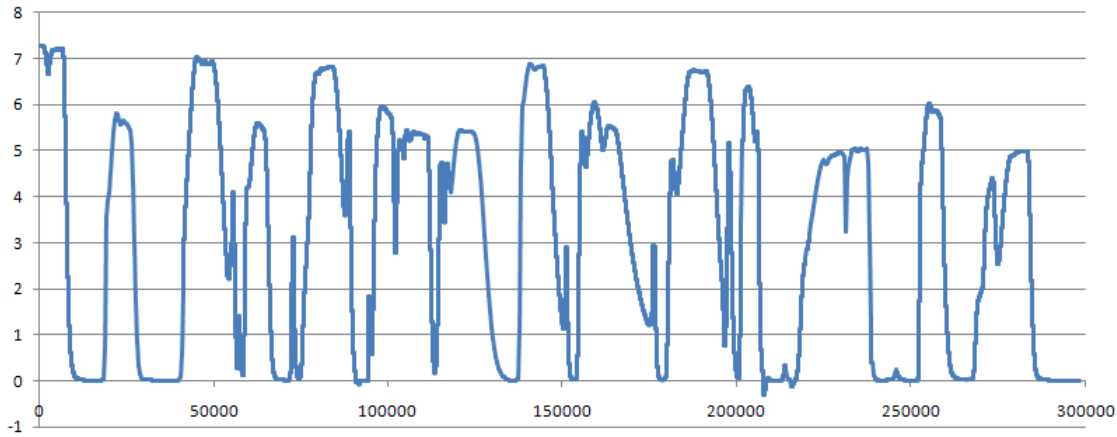
ხსენებული მასსპექტრომეტრების გაზომვის შედეგების (კონკრეტული მასების იონური კონების დენების) ჩვენება და რეგისტრაცია ხდება თვითჩამწერი ხელსაწყოების – КСН ტიპის მილივოლტმეტრების გამოყენებით. MI-1201 მოდერნიზებული მოდელების კომპლექტში უკვე შედის კომპიუტერი გაზომვის კონტროლისა და მონაცემთა შეგროვების ფუნქციით [5].

უმნიშვნელოვანესი ფუნქციის – მონაცემთა კომპიუტერული შეგროვების და შენახვის განხორციელებისთვის გამართლებულია შესაბამისი კომპაქტური და მრავალფუნქციური მოდელების გამოყენება [6], კერძოდ, შერჩეული იქნა და წარმატებით გამოიყენება კომპანიის Omega Engineering 8 არხიანი USB მოდული TC-08 [7]. იგი განკუთვნილია თერმორწყვილის სტანდარტული სიგნალების გაზომვისა და მონაცემთა შეგროვებისთვის, მაგრამ შესაძლებელია უშუალოდ მილივოლტების დონის სიგნალების გაზომვაც, შეერთება ხდება ტიპობრივი ასიმეტრიული/არაკომპენსირებული ჩანგლით. გაზომვის დისკრეტულობაა 1 მიკროვოლტი, ხელსაწყოს მაღალი შემავალი იმპედანსი საშუალებას იძლევა ჩაერთოს სხვა (თვითჩამწერი) ხელსაწყოსთან პარალელურად სიგნალის დასუსტების გარეშე. შეერთებისთვის გამოიყენება ეკრანირებული კაბელი სადენების ხვეული წყვილით, შესაბამისად სიგნალის გადაცემისას რამდენიმე ათეულ მეტრზე არ შეინიშნება სიგნალებზე ელექტრომაგნიტური შეშფოთების გავლენა.

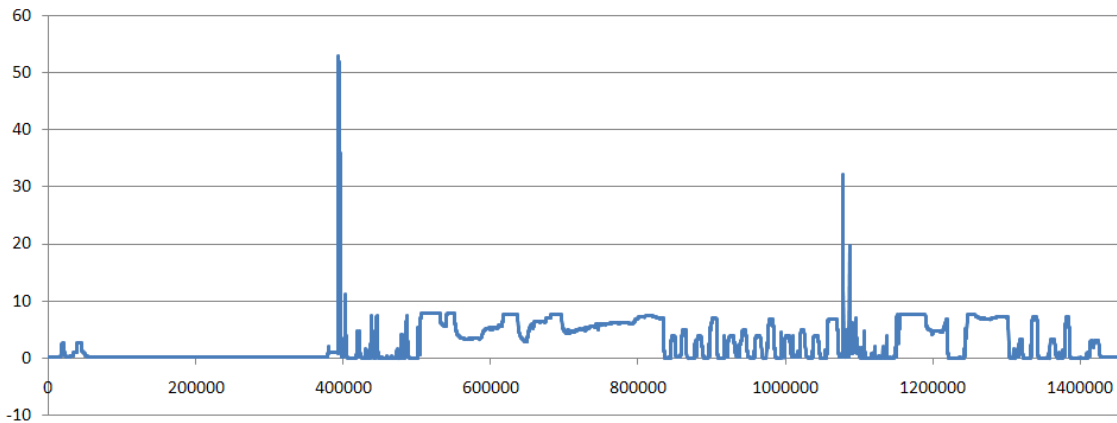
ხელსაწყოსთან TC-08 ერთად მოეწოდება შესაბამისი პროგრამული დრაივერი და Logging Software, რომლის საშუალებით ხდება გაზომვის ჩვენებათა მიმდინარე მნიშვნელობებისა და ცვლილების დინამიკის წარმოდგენა, აგრეთვე საკონფიგურაციო ფაილის და გაზომვის სერიათა ფაილების შენახვა საფირმო ფორმატით, რაც აკმაყოფილებს გაზომვათა სტანდარტების უმკაცრეს მოთხოვნებს პროცესების დოკუმენტირებისა და შეუმჩნეველი

რედაქტირების გამორიცხვის მიმართ. მონაცემთა შემდგომი დამუშავების გამარტივებისთვის კი შესაძლებელია როგორც ახალი გაზომვათა სერიის, ასევე ძველი ჩანაწერის კონვერტირება ტექსტური ან ელექტრონული ცხრილის ფორმატში.

ნახ. 1 და 2-ზე მაგალითის სახით მოყვანილია ჩანაწერის EXCEL ელექტრონული ცხრილში გაზომვის მონაცემთა გრაფიკული წარმოდგენა აზოტის იზოტოპური ანალიზისთვის – შესაბამისად ფონური და ანალიზის გაზომვის შედეგებისთვის.



ნახ. 1. მასსპექტრომეტრის ფონური მნიშვნელობების ჩანაწერის გრაფიკი



ნახ. 2. მასსპექტრომეტრის გაზომვის სიგნალების ჩანაწერის გრაფიკი

გრაფიკული გამოსახულება განკუთვნილია არა შედეგების დამუშავებისთვის გეომეტრიული ხერხით (განსხვავებით თვითჩამწერ ხელსაწყოს დიაგრამაზე ასახულ გრაფიკისგან), არამედ წარმოადგენს თვისებრივ ილუსტრაციას და მისი საშუალებით მოსახერხებელია ელექტრონულ ცხრილში შესაბამისი რიცხვითი მნიშვნელობათა მიზნობრივი არეების განსაზღვრა და შერჩევა. ცხრილში წარმოდგენილია ფრაგმენტები შესაბამისი ელექტრონული ცხრილების ციფრულ მონაცემთა მასივებიდან.

კომპიუტერულ ელექტრონულ ცხრილებში არ წარმოადგენს სირთულეს სხვადასხვა გამოთვლების განხორციელება, როგორცაა მონაცემთა გაფილტვრა, პიკური მნიშვნელობების და მათი ლოკალიზაციის დადგენა, ბაზისური ხაზების კორექცია, პიკური სიგნალების თანაფარდობისა და სხვა ფუნქციების გამოთვლა.

ფრაგმენტები გაზომვების ციფრულ მონაცემთა მასივებიდან

„ფონი“		„გაზომვა“	
mS	mV	mS	mV
6209	7,213	1077209	24,3
6309	7,213	1077309	32,18
6409	7,213	1077409	32,18
6509	7,213	1077509	32,18
6609	7,038	1077609	32,18
6709	7,038	1077709	11,671
6800	7,038	1077809	11,671
6900	7,038	1077900	11,671
7000	5,741	1078000	11,671
7100	5,741	1078100	3,628
7200	5,741	1086001	5,309
7300	5,741	1086101	19,763
7400	3,842	1086202	19,763
7501	3,842	1086302	19,763
7601	3,842	1086402	1 9,763
7701	3,842	1086502	9,521
7801	2,25	1086602	9,521
7901	2,25	1086702	9,521
8001	2,25	1086802	9,521
8101	2,20	1086903	3,684

მოცემული ნაშრომის მიზანი არ გახლავთ იზოტოპური ანალიზისთვის დამუშავებული შესაბამისი პროფესიონალური მეთოდებისა და მათემატიკური ალგორითმების წარმოდგენა, როგორც მოყვანილია მაგალითად [8] წყაროში. ასეთი დამუშავების მეთოდები შეიძლება წარმოადგენდეს კონკრეტული საწარმოს ინტელექტუალურ საკუთრებასაც გარკვეულ კონკურენტულ გარემოში, ზოგჯერ მისაწვდომია ბიზნეს პარტნიორების უფლებამოსილი აუდიტისთვის. წარმოდგენილია გაზომვების პირველადი (“ნედლი”) მონაცემების შეგროვებისა და შენახვის ფუნქციის რეალიზაცია კომპაქტური და მაღალი სიზუსტის მქონე ხელსაწყო საშუალებით, რაც აკმაყოფილებს პროცესების პარამეტრების დოკუმენტირების სტანდარტებს და შესაძლებელია გამოყენებული იქნას აგრეთვე სხვა გამზომი ხელსაწყოების (ქრომატოგრაფები, სპექტრომეტრები) მოდერნიზაციისთვისაც.

ლიტერატურა

1. მ. ბერეჟიანი, ს. შალამბერიძე. სტაბილური იზოტოპების გამოყენება მედიცინაში. // სამეცნიერო კონფერენციის "ბუნებრივი და სინთეზური ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები" მოხსენებები, თბილისი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, 25-26 ნოემბერი, 2013, გვ. 49-51.
2. მ. ბერეჟიანი, ვ. უგრეხელიძე, ვ. ფირიაშვილი. 170 იზოტოპის წარმოება საქართველოში და გამოყენების პერსპექტივები ბიოლოგიურ-ფარმაკოლოგიურ კვლევებსა და სამედიცინო დიაგნოსტიკაში. /მეოთხე სამეცნიერო კონფერენცია „ბუნებრივი და სინთეზური ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები“. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია, 2018 წლის 22-23 ოქტომბერი, გვ. 155-157.
3. ბერეჟიანი მალხაზი, თურმანიძე ალექსი. მართვის სისტემების დამუშავება იზოტოპების განცალკევების ტექნოლოგიური პროცესებისთვის. /საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის „21-ე საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები“. /შრომები II, თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2012 წლის 19-21 სექტემბერი. გვ. 150-154.
4. M. Berejiani, T. Gergedava. CONTROL SYSTEMS ENGINEERING FOR ISOTOPE SEPARATION PROCESSES. /Proceedings of International Scientific Conference "Modern Researches and Their Use in Chemistry, Chemical Engineering and Related Fields". September 21-23 2016, Ureki, Georgia, p. 134.

5. А.В. Саприкин, В.А. Калашников, Ю.Н. Залесов, А.Ю. Ковалев, Н.И. Утев, А.Б. Малеев. Д.В. Новиков, С.И. Швецов. Модернизация Масс-спектрометров типа МИ-1201 Выпуска до 1988 г. //Аналитика и Контрол, 2003, Т. 7, № 4, с. 348-354.
6. ბერეჟიანი მ.გ., თურმანიძე ა.გ. მონაცემთა კომპიუტერული შეგროვების მოდულები - თვითჩამწერ ხელსაწყოთა თანამედროვე ალტერნატივა. /საერთაშორისო სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენციის „ახალი ტექნოლოგიები და თანამედროვე მასალები“ შრომები, ქუთაისი, ა.წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, 2010 წლის 17-18 ივნისი, გვ. 451-453.
7. <https://assets.omega.com/manuals/communication-and-connectivity/data-acquisition-modules/M4525.pdf>
8. M.N. Kerner, K.G. Ordzhonikidze, L.P. Parulava, G.A. Tevzadze. Method of Mass-spectrometric Isotopic Analysis of Nitrogen and Oxigen in Double Labelled Nitric Oxide. "Stable Isotopes", Proc. 4th Int. Conf. Julich, march 23-26 1981, Amsterdam, 1982.

SUMMARY

ISOTOPIC MEASUREMENTS DATA ACQUISITION COMPUTER SYSTEM FOR MASS SPECTROMETER MI-1201

Berezhiani M.G., Eliashvili L.Z. and Parulava L.P.

National High Technology Center of Georgia

Georgian Technical University

Presented realization of the primary (raw) data acquisition and storage function for the Mass Spectrometer MI-1201 by using of portable and high accuracy USB module TC-08, which meets the process parameter documentation standards. It can be used for modernization of other measuring tools (chromatographers, spectrometers).

Keywords: isotopic measurements, computer system, Mass Spectrometer.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕНЕЕ АДГЕЗИОННО СОВМЕСТИМЫХ ПАР МЕТАЛЛОВ (ЖЕЛЕЗО-АЛЮМИНИЙ, ТИТАН-АЛЮМИНИЙ) МЕТОДОМ «БЕЗ СЛИТКОВОЙ ПРОКАТКИ»

Кевхишвили Г.Ш., Намичеишвили Т. Г., Лория Д.Б., Харати Р.Г, Парунашвили Г.А.,
Русадзе М.Т., Рамишвили В.Н.

Институт металлургии и материаловедения им. Фердинанда Тавадзе

Композиционные (слоистые) материалы изготавливаются как из однородных материалов, (алюминий-алюминий, малоуглеродистая сталь-нержавеющая сталь), материалов, так и разного класса (сталь-медь, сталь-алюминий, титан-алюминий). Существуют адгезивно хорошо совместимые и менее совместимые пары [1–3]. К последней группе относятся пары сталь–алюминий и титан–алюминий, которые представляет собой область нашего интереса.

При производстве композиционных материалов низкая адгезия в менее совместимых парах обусловлена образованием в переходной зоне между слоями интерметаллидов ($FeAl$, $FeAl_2$, $FeAl_3$, Fe_2Al_5 , $TiAl$, $TiAl_2$, $TiAl_3$, Ti_2Al_5), которые характеризуются высокой хрупкостью и в условиях импульсных ударов могут являться очагом разрушения слоистого материала.

Для решения указанной проблемы в Институте металлургии и материаловедения им. Ф. Тавадзе был разработан довольно оригинальный метод установления дополнительной механической связи между слоями композита за счет применения в качестве внутреннего слоя композита перфорированного (с отверстиями) стального листа. В процессе литья жидкий металл заполняет отверстия, а после застывания и обжатия работает как заклёпка. Количество и диаметр отверстий определяются с учетом предполагаемых нагрузок [4]. При использовании заклепного соединения главным условием является то, чтобы материал заклепки не был прочнее материала соединяемых листов. Таким образом, данное требование полностью выполняется как для стал алюминевых, так и для титан алюминевых слоистых композиционных материалов.

Рис. 1. (Заявка № АР 2023 16173 получено положительное решение)

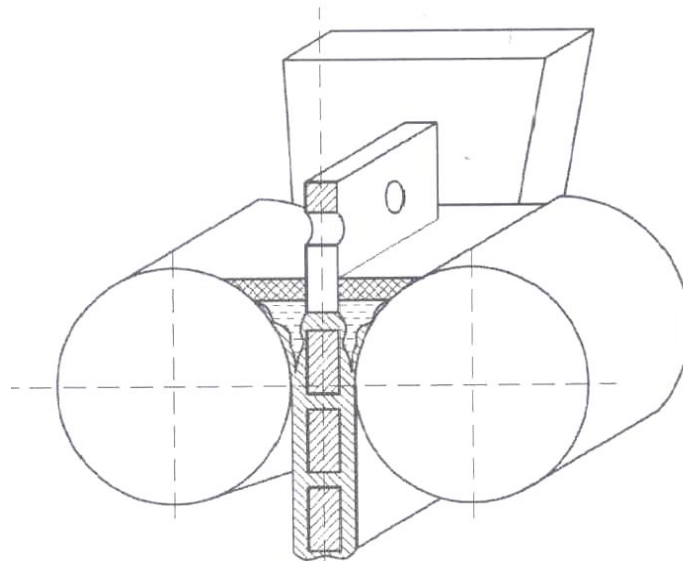


Рис. 1. Использование перфорированного листа в качестве среднего слоя в композите

В случае применения заклепочного соединения справедливо было бы предположить, как при динамическом так и при импульсивных ударах нагружении, поперечном направлении действует только одна сила – поперечная сила Q ;

1. Касательные силы равномерно распределяются по сечению материала;

2. В случае, когда несколько листов соединены вместе, возникшее усилия в них распределены равномерно.

Условие прочности на срез при заклепочном соединений следующее:

$$\tau_{рез} = \frac{Q}{F_{рез}} \leq |\tau_{рез}|$$

где Q – поперечная сила при нагрузке и равно $Q = \frac{P}{Z_i}$

где P – общая нагрузка; Z – количество заклепок; i – количество листов минус -1;

$F = \frac{\pi d^2}{4}$ – площадь сечения одной заклепки.

$[\tau_{срез}]$ – максимальное допустимое усилия на срез материала заклепки которое определяется по формуле $\sigma_{срез} = (0,25 - 0,35) \sigma_{текучесть}$

где $\sigma_{текучесть}$ - предел текучести материала заклепки

Условие прочности заклепки на разрезе примет следующий вид:

$$\sigma_{cut} = \frac{4Q}{\pi d^2 Z_i} \leq (0,25 \div 0,35) \sigma_{yield}$$

В случае нескольких заклепок:

$$\sigma_{cut} = \frac{4Q}{\pi d^2 Z_i} \leq (0,25 \div 0,35) \sigma_{yield}$$

Рассмотрим на конкретном примере использования заклепочного соединения слоистого материала на базе алюминиевого сплава и стального листа предназначенного в качестве броневое материала [8–10].

При попадании пули в броню кинетическая энергия пули составляет

$$W_{кин} = \frac{mv^2}{2}$$

где m – масса свинца; v – скорость пули.

Оно создает усилие – $\frac{mv^2}{2} = Fs$; F – усилия сопротивления брони; S – толщина,

следовательно, $F = \frac{mv^2}{2} S$;

Суммарная нагрузка – $F = P$

В свое стороны $Q = \frac{P}{iz}$ и получаем $\tau_3 = \frac{mv^2}{2Szi} \leq (0,25 \div 0,35) \tau_{тек}$

Во время теоретического расчетов вместо механических свойств броневых алюминиевых сплавов использовали показатели дуральевого сплава Д16. Таблица 1.

Показатели дуралиевого сплава (Д16)

№	алюминиевый сплав	предел прочности, σ кг/м ²	предел текучести, $\sigma_{0.2}$ кг/мм ²	относительное удлинение, %	Прочность, Нв
1	Д1	42,1	28,3	12,8	120,0
2	Д16	48,5	34,5	16,0	70,0
3	Д18	29,5	16,5	11,0	63,0
4	АК 4-1	41,4	28,5	9,5	130,0
5	АК2	38,0	33,5	6,4	120,0

Также при подсчете кинетической энергии пули мы использовали данные CBD-снайперской винтовки как крупнейшую кинетическую энергию среди всех других легких вооружений. И все это создаст дополнительный запас при эксплуатации композиционного броневое материала. После ввода числовых значений мы получили, что количество отверстий на 1 м² должно быть не менее двадцати четырех, если диаметр отверстий не превышает 4 мм, что меньше калибра любого легкого огнестрельного оружия, и не превышать 0,03 % от общей площади материала брони, что вполне приемлемо.

Работа выполнена при поддержке Национального научного фонда Грузии имени Шота Руставели -SRNSFG (номер гранта AR-22-1411).

ЛИТЕРАТУРА

1. A.I. Kovtunov. Study of liquid-phase processes of formation of layered composite materials of the Iron-influence system. // Publishing house Non-ferrous metals, 2010, No. 7. pp.65-66.
2. A.I. Kovtunov, S.V. Myamin. The influence of copper on the formation of layered steel-aluminum composite materials. /Questions of materials science, 2011, No. 2 (66), pp.30-36.
3. A.I. Kovtunov. Study of the influence of silicon on the properties of SCM steel-aluminum. //Metal Technology, 2010, No.12, pp.35-40.
4. А.Г. Тахтамышев. Металлические конструкций. -М., Высшая школа, 1963, 322 с.
5. G.A. Shestak. Steel structures. Prentice-Hall, 1968, pp. 11-12.
6. W. Hofmann, W. W. Krysko, W. Herrnikind Beitrag zur des problems der Verbindungsmöglichkeit Blei-Aluminum und Beei-Stahl. //Metall, 1966, #8, Bd.20, pp.820- 822.
7. Weld. J., Tylecote R.F. Investigation on pressure welding . //Welding, 1954, V 1, - #3, pp.74-80.
8. Gumm P. I. Ruge. Kaltpreschweinen von Stall Kupfer und Nickel Stahl verbundkorpen durch File pressen. – Werstattstechnik, 1968, Bd. 58, pp.313-317.
9. Хансен М. Андерко К. Структура двойных сплавов - М. : Металлургия, 1962, 210 с.
10. Синельников В.С.Поддергин В.А., Речкин В.Н., Аллюминиды. -Киев: Наукова думка, 1965, 65 с.

SUMMARY

RESEARCH OF PRODUCTION OF LAYERED COMPOSITE MATERIALS BASED ON LESS ADHESIVELY COMPATIBLE PAIRS OF METALS (IRON-ALUMINUM, TITANIUM-ALUMINUM) BY THE METHOD “WITHOUT INGOT ROLLING”

Kevkhashvili G.Sh., Namicheishvili T.G., Loria J.B., Kharati R.G., Parunashvili G.A., Rusadze M.T. and Ramishvili V.N.

LEPL - Ferdinand Tavadze Metallurgy and Materials Science Institute

The article examines issues related to the production of composite (layered) liquid-phase materials using the liquid-phase method (without ingot rolling) from poorly compatible non-metallic pairs (steel-aluminum, titanium-aluminum). A rather simple and original method of additional mechanical rivet connection between the layers of the composite is proposed through the use of perforated sheets as the inner layer of the composite. A methodology has been developed for calculating the optimal number and diameter of holes depending on the operating conditions of the materials being created.

Keywords: Aluminum plate, steel plate, composite material, non-ingot rolled.

უსხმულო გლინვის მეთოდით კრისტალიზატორში კომპოზიციური ნამზადის ფორმირების პროცესი

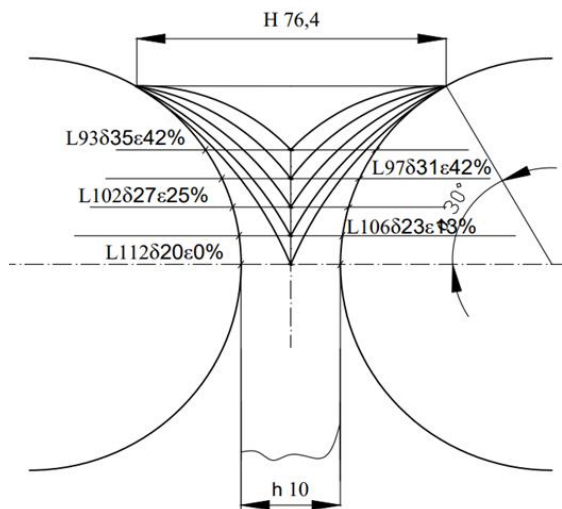
**ქევხიშვილი გ.მ., ნამიჩიშვილი თ.გ., ლორია ჯ.ბ., ხარატი რ.გ.,
რუსაძე მ.თ., პარუნაშვილი გ.ა., რამიშვილი ვ.ნ.**

სსიპ ფერდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი

დღეისათვის არსებული მეტალურგიული და მასალათმცოდნეობის კლასიკური მეთოდები არ იძლევა საშუალებას, მივიღოთ ჰომოგენური ალუმინის შენადნობები ერთდროულად მაღალი სისალითა და პლასტიკურობით, თერმული დამუშავების უნარითა და ანტიკოროზიულობით და შედუღების მიმართ მდგრადობით. აღნიშნულიდან გამომდინარე დადგა საკითხი ალუმინის შენადნობების ბაზაზე შექმნილიყო ფენოვანი კომპოზიციური მასალები ზემოთ ჩამოთვლილი მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად. ცნობილია კომპოზიციური მასალების მიღების რამდენიმე მეთოდი. კერძოდ, აფეთქებით დაწნეხვით, გლინვით და ჩამოსხმით.

მაღალი ხარისხის კომპოზიციური (ფენოვანი) მასალის მიღებისას შედეგს განაპირობებს სამი ძირითადი პარამეტრი წნევა, ტემპერატურა და დრო. მართალია ზემოთ ჩამოთვლილი მეთოდები დღეისათვის ათვისებულია, იძლევა ხარისხიანი ფენოვანი მასალის მიღების საშუალებას, მაგრამ გააჩნიათ საერთო ნაკლიც. პირველი რომ მოითხოვენ საკმაოდ რთულ და ძვირადღირებულ მოწყობილობებს და მეორე ნამზადის ზომების გაზრდასთან ერთად ბევრად რთულდება ხარისხიანი ფენოვანი მასალის მიღება.

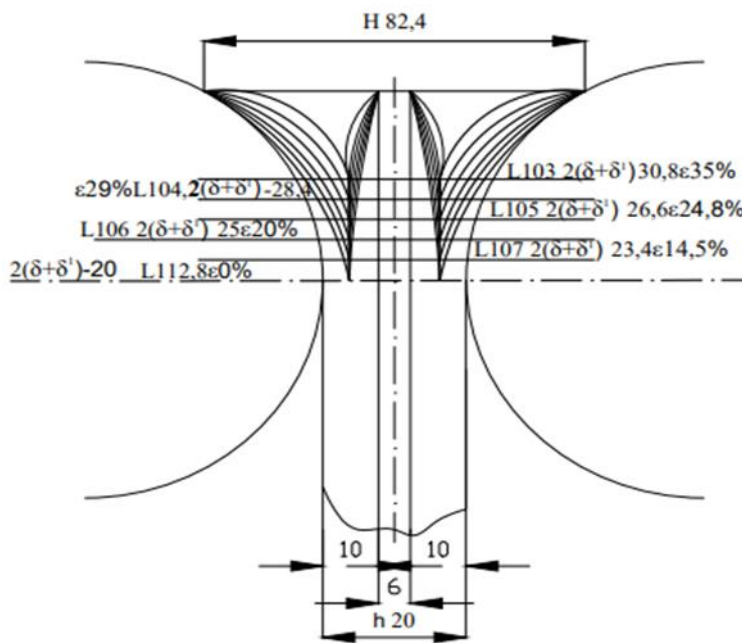
ამ ფონზე საკმაოდ გამართლებულად მიგვაჩნია „უსხმულო გლინვის“ მეთოდის გამოყენებით ფენოვანი (კომპოზიციური) მასალების მიღება ფორმირება. ნამზადის ფორმირების პროცესი ჰორიზონტალურ სიბრტყეში განლაგებული წყლის გაციებით აღჭურვილ გლინებსა და მასზე ორივე მხრიდან მჭიდროდ მიდგმულ ცეცხლგამძლე მასალისაგან დამზადებულ ფილებს შორის სივრცეში მიმდინარეობს (სურ.1) გლინვის პროცესი ნამზადის მთელ კვეთის გამყარების შემდეგ იწყება და რაც უფრო ზევითაა გამყარების წერტილი გლინების ცენტრების შემაერთებელ ხაზის მიმართ მით მეტია პროცენტული მოჭიმვა. მოჭიმვის მნიშვნელობა პროცესის დროს რეგულირდება გლინების ბრუნვის სიჩქარის საშუალებით.



სურ.1 „უსხმულო გლინვის პროცესში გლინ კრისტალიზატორებში δ-10მმ-ის ფურცლის ფორმირების სქემატური გამოსახულება

ცხრილი1. ალუმინის შენადნობიდან „უსხმულო გლინვის“ მეთოდით 10მმ-ის სისქის ფურცლის მიღების ტექნოლოგიური პარამეტრები

#	Lმმ	δ მმ	$\epsilon\%$	τ წმ	Vმ/წთ
1	112	10,0	0	2,63	2,55
2	107	11,7	14	3,07	2,09
3	106	12,5	20	3,28	1,94
4	105	13,3	24	3,5	1,80
5	104	14,2	29	3,73	1,67
6	103	15,4	35	4,0	1,54



სურ 2. „უსხმულო გლინვის“ მეთოდის გამოყენებით δ –26მმ-ის (10+6-10) სისქის ფილის გლინკრისტალიზატორებში ფორმირების გამოსახულება

ცხრილი 2. „უსხმულო გლინვის“ მეთოდით ფენოვანი კომპოზიციური ფილის ჩამოსხმის ძირითადი ტექნოლოგიური პარამეტრების ურთიერთ დამოკიდებულება

#	L მმ	$2(\delta+\delta')$ მმ	$\epsilon\%$	H მმ	h მმ	δ მმ	δ' მმ	τ წმ	V მ/წთ
1	112,8	20,0	0	82,4	26,0	2,4	7,6	2,0	3,38
2	107,0	23,4	14,5	–	–	3,3	8,4	2,3	2,75
3	106,0	25,0	20,0	–	–	3,53	8,93	2,5	2,55
4	105,6	26,6	24,8	–	–	3,75	9,55	2,7	2,38
5	104,7	28,4	29,5	–	–	4,0	10,2	2,8	2,21
6	103,3	30,9	35,0	–	–	4,35	11,05	3,0	2,07

სურ.1. და ცხრ. 1-ში მოყვანილია 10 მმ სისქის ფურცლის ჩამოსხმის, ტექნოლოგიური პარამეტრების ურთიერთდამოკიდებულება. წარმოდგენილი ეპიურებზე კარგად ჩანს, რომ ნამზადის კრისტალიზაციის პროცესი სიმეტრიულად ვითარდება გლინების ზედაპირზე. განსხვავებული სურათია კომპოზიციური (ფენოვანი) ფილის ფორმირების შემთხვევაში, ვინაიდან ალუმინის შენადნობების კრისტალიზაცია მიმდინარეობს ერთი მხრიდან წყლით გამაცივებადი გლინკრისტალიზატორის ზედაპირიდან, ხოლო მეორე მხრიდან შუა ფენად გამოყენებული ფოლადის ან ტიტანის ფურცლიდან, რომლის სითბოს წართმევის უნარი შეზღუდულია. ცხადია ამ ორი გამყრების ფრონტის შეხვედრა მოხდება არა შუა წერტილში არამედ დაიძვრება შუა ფენად გამოყენებული ფოლადის ან ტიტანის მხარეს (სურ.2 ცხრ. 2).

წინა წლებში დამუშავებული მეთოდის თანახმად [1] ექსპერიმენტული ჩამოსხმების დაწყებამდე ვახდენთ ოპტიმალური ტექნოლოგიური პარამეტრების განსაზღვრას თეორიული გათვლებით, რომელიც უსუსტდება უშუალოდ ჩამოსხმების პროცესში. კომპოზიციური (ფენოვანი) მასალების ჩამოსხმის შემთხვევაში „უსხმულო გლინვის“ პროცესის ტექნოლოგიური პარამეტრები (ჩამოსხმის სიჩქარე, ნამზადის პროცენტული მოჭიმვა, გლინებზე წარმოქმნილი ძალები) საკმაოდ განსხვავდება იგივე მეთოდით ერთგვაროვანი მასალის ფურცლების ჩამოსხმის პარამეტრებისაგან. ცვლილებას განაპირობებს სწორედ ზემოთ აღწერილი კომპოზიტის ჩამოსხმის პროცესში არსებული არასიმეტრიული გაციება. აქედან გამომდინარე, მიუხედავად იმისა რომ ფენოვანი მასალის ჩამოსხმის შემთხვევაში მისი განაპირა ფენების სისქეები იგივეა რაც მონოლითური (ერთგვაროვანი) ფურცლების სისქეები მათი ჩამოსხმის ტექნოლოგიური პარამეტრები განსხვავებულია. აღნიშნულის უკეთესი ლუსტრაციისათვის სურ.2-ზე წარმოდგენილია 26 მმ-ის სისქის კომპოზიციური ფილის კრისტალიზატორებში ფორმირებისას მისი ძირითადი ტექნოლოგიური პარამეტრების ურთიერთდამოკიდებულება ჩამოსხმის სხვადასხვა რეჟიმების დროს (ცხრ.2).

როგორც წარმოდგენილი ცხრილებიდან ჩანს მიუხედავად იმისა რომ ფენოვანი ფილების ჩამოსხმისას გარე ფენის სისქე (10 მმ) იგივეა რაც „უსხმულო გლინვის“ მეთოდით 10 მმ-ის სისქის ფურცლის ჩამოსხმა ჩამოსხმისას სიჩქარე (შესაბამისად წარმადობაც) ნაკლებია, რაც სავსებით ლოგიკურია, სხმულის გაციების ინტენსივობა ფოლადის ფურცლის მხრიდან ბევრად ნაკლებია ვიდრე წყლის გაციებით აღჭურვილი გლინკრისტალიზატორისა. მაგრამ თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ კომპოზიციური ფენოვანი ფილის ჩამოსხმისას ჯამში ერთროულად ორი ფენა ფორმირდება, შესაბამისად წარმადობაც პროცესის 25-30 %-ით იზრდება.

განვიხილოთ „უსხმულო გლინვის“ მეთოდით კომპოზიციური (ფენოვანი) მასალის ჩამოსხმისას ნამზადის ფორმირების პროცესი კრისტალიზატორში. ალუმინის შენადნობის ნაღობში, ფოლადის ან ტიტანის ფურცლის შეყვანისას თანახმად [2] მას შეუძლია (ერთეულ სიგრძეზე) შთანთქოს სითბოს მაქსიმუმ შემდეგი რაოდენობა

$$\theta = C_{ab}\gamma_{ab}\delta^2(t^{11} - t^1) \quad (1)$$

სადაც: C – რკინის თბოტევადობაა; γ – კუთრი წონა; t^{11} – რკინის ღნობის ტემპერატურა; t^1 – რკინის საწყისი ტემპერატურა; δ^2 – რკინის ფურცლის სისქე.

მეორეს მხრივ ალუმინის შენადნობის ნაღობიდან შესაბამისი სითბოს წართმევისას რკინის ფურცელზე დაკრისტალდება გარკვეული სისქის შენადნი

$$\theta^1 = C_{ab}\gamma_{ab}(\delta^{21} - \delta^2)(t - t_0) + \rho\gamma_{ab}(\delta^{21} - \delta^2) \quad (2)$$

სადაც δ – რკინის ფურცლის საწყისი სისქეა; δ^{21} – რკინის ფურცლისა და მასზედ დაკრისტალებული ალუმინის შენადნობის ჯამური სისქე.

გაუტოლოთ ეს სიტბოს რაოდენობები ერთმანეთს და განვსაზღვროთ აქედან რა მაქსიმალურ სისქეს მიაღწევს რკინის ფურცელი ზედ გამყარებულ ალუმინის შენადნობთან ერთად.

$$\delta^1 = \delta \sqrt{1 + \frac{c_j(t^{11} - t^1)}{\rho\gamma_{ab} + c_{ab}\gamma_{ab}(t - t_0)}} \quad (3)$$

სადაც: t – ალუმინის შენადნობის ნაღობის ტემპერატურაა; t_0 – ალუმინის შენადნობის დნობის ტემპერატურა; t^{11} – ფოლადის დნობის ტემპერატურა; t^1 – ფოლადის ფურცლის საწყისი ტემპერატურა; C – ფოლადის თბოტევადობა; γ – ფოლადის კუთრი წონა; ρ – ალუმინის დნობის ტემპერატურა; C_{ab} – ალუმინის თბოტევადობა; γ_{ab} – ალუმინის კუთრი წონა.

განვიხილოთ დროის რა მონაკვეთში მიაღწევს ფოლადის ზედაპირზე გამოკრისტალეზული ალუმინის შენადნი თავის მაქსიმალურ მნიშვნელობას [3]-ის თანახმად

$$\delta^1 = \sqrt{\delta^2 \frac{\mu(t_0 - t^1)}{\rho\gamma_{ab}} \left[1 - \frac{2\mu^1(t - t_0)}{\mu(t_0 - t^1)} \right]} \tau \quad (4)$$

ამრიგად, გამოკრისტალეზული ალუმინის შენადნის სიდიდე (τ -დროში) შეადგენს

$$\sqrt{\frac{\mu(t_0 - t_1)}{\rho\gamma_{ab}} \left[1 - \frac{2(t - t_0)}{\mu(t_0 - t_1)} \right]} \tau$$

[5] -ის თანახმად გამყარების კოეფიციენტი ამ შემთხვევაში შეადგენს

$$K = \sqrt{\frac{\mu(t_0 - t_1)}{\rho\gamma_{ab}} \left[1 - \frac{2(t - t_0)}{\mu(t_0 - t_1)} \right]} \quad (5)$$

ანგარიშის გამარტივების მიზნით μ და μ^1 ჩავთვალოთ ტოლად) და მე-5 გამოსახულებიდან (მყარი ალუმინის და ალუმინის ნაღობის თბოგადაცემის კოეფიციენტი) განვსაზღვროთ τ . მე-5 გამოსახულებიდან განვსაზღვროთ დრო.

$$\tau = \sqrt{\frac{\rho\gamma_{ab}(\delta^1 - \delta^2)}{\mu(t_0 - t_1) \left[1 - \frac{2(t - t_0)}{\mu(t_0 - t_1)} \right]}} \quad (6)$$

განვიხილოთ 26 მმ-ის სისქის (10+6+10) ფენოვანი მასალის ჩამოსხმის კონკრეტული მონაცემებიდან განვსაზღვროთ დრო რომლის განმავლობაშიც მოხდება 10მმ-ის სისქის ალუმინის შენადნობის გამოკრისტალეზება, როგორც გლინ კრისტალიზატორის ასევე შუა ფენად გამოყენებული ფოლადის ფოლადის ფურცლების ზედაპირზე მივიღებთ, რომ კრისტალიზატორის მხრიდან [4] თანახმად $\delta = \sqrt{2K\tau}$ ამ სისქის ქერქის წარმოქმნას დაჭირდება 2,63 წმ, ხოლო

ფოლადის ფურცლის მხრიდან 8,3 წმ. პირველ შემთხვევაში ქერქ წარმოქმნის პროცესის საშუალო სიჩქარე შეადგენს $V_1 = 3,8$ მმ/წმ, ხოლო მეორე შემთხვევაში $V_{11} = 1,89$ მმ/წმ. აქედან გამომდინარე კრისტალიზაციის ეს ორი ფრონტი ერთმანეთს 10: $V_1 + V_{11} = 1,76$ წმ. ამ დროში გლინების მხრიდან 6,68 მმ-ის სისქის ფენა მოასწრებს გამყარებას, ხოლო ფოლადის ფურცლის მხრიდან გამყარება დარჩენილია 3,32 მმ.

სამეცნიერო კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით. გრანტის ნომერი #AR-22-1411 .

ლიტერატურა

1. G.Kevkhishvili, I.Jordania, G.Tavadze, J.loria, V.Ramishvili, T.Namicheishvili. „Perspectives of Free –Rolling“ in Production of Composite Armor Materials. /BULLETIN OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 2018, No.3, vol.12, pp. 76-84.
2. М.Я. Бровман, В.Х. Римен, Ш.Д. Рамишвили. Анализ измененя температуры слитков МНЛЗ под кристаллизатором. /Сборник «Непрерывная разливка металлов». –Тбилиси, Мецниереба, 1976, сс. 76-87.
3. Ш.Д. Рамишвили, Г.Ш. Кевхишвили, М.Я. Бровман. Процессы литья и непрерывной разливки металлов. /Сборник, «Непрерывная разливка металлов», –Тбилиси, Мецниереба, 1979, сс. 96-103.
4. М.Я. Бровман. Непрерывная разливка металлов. –Москва, Экомет, 2007, 484 с.

SUMMARY

THE PROCESS OF FORMING A COMPOSITE PRODUCT IN A CRYSTALLIZER WITHOUT INGOT ROLLING

Kevkhishvili G.Sh., Namicheishvili T.G., Loria J.B., Kharati R.G. Rusadze M.T., Parunashvili G.A. and Ramishvili V.N.

LEPL - Ferdinand Tavadze Metallurgy and Materials Science Institute

The article discusses the process of forming a composite (layered aluminum-steel) product based on aluminum alloys using the „non-ingot rolling“ method. Under conditions of asymmetrical cooling in crystallizers, a technique has been developed for theoretical calculations of the main technological parameters of the process, taking this factor into account. The difference is determined by the same method in comparison with the casting parameters of sheets of the same thickness of the outer layer of the composite.

Keywords: aluminum plate, steel plate, composite material, non-ingot rolled.

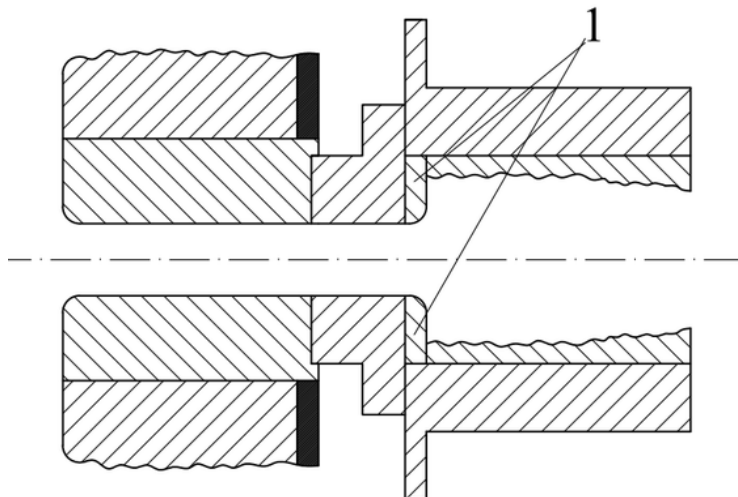
სხმულის ფორმირება იწყება კრისტალიზატორის მთელ შიგნითა პერიმეტრზე დასრულდება უკვე კრისტალიზატორის გარეთ.

უსხმულო გლინვის შემთხვევაში დაუშვებელია ამ სქემის რეალიზაცია ვინაიდან სხმულის სრულ გამყარებამდე გლინვის პროცესი შეძლებელია, ამასთანავე ნამზადის მთლიან გამყარებამდე გვერდითა ჩამკეტი ფილების ზედაპირზე ლითონის კრისტალიზაციისას ნამზადის გადაადგილებასთან ერთად მოხდება ამ ახლადწარმოქმნილი ქერქის ჩაკეცვა, რაც უარყოფითად აისახება მიღებული ფურცლების ხარისხზე, ამიტომ უსხმულო გლინვის პროცესის სტაბილურობის მთავარი პირობაა სხმულის კრისტალიზაცია წარმოებდეს მხოლოდ გლინების მხრიდან. სწორედ ამიტომ, კრისტალიზატორის გვერდითა ჩამკეტი ფილები მზადდება სპეციალური თბოიზოლაციური ცეცხლგამძლე მასალებისაგან.

„უსხმულო გლინვის“ პროცესში გამოიყენება კომბინირებული კრისტალიზატორი ორი მოძრვი (გლინები) და ორი უძრავი (გვერდითა ჩამკეტი ფილები) კედლით. როგორც სურათიდან ჩანს, ჩამოსხმის პროცესში გლინების ზედაპირი სხმულთან ერთად გადაადგილება, ხოლო გვერდითა ფილებსა და ნამზადს შორის ადგილი აქვს სრიალის ხახუნს, რომელიც გამოწვეულია თხიერი ლითონის ფეროსტატიული წნევითა და სხმულის განივი დეფორმაციით აღძრული მბჯენი ძაბვებით. სწორედ ამიტომ, რომ დანადგარის ექსპლუატაციის პროცესში ამ ფილებზე მოდის ექსპლუატაციის მთლიანი დანახარჯების დაახლოებით 21 %, ეს მაშინ, როცა გლინებზე დანახარჯების ხვედრითი წილი არ აღემატება 15 %-ს.

როგორც აღვნიშნეთ, პროცესის სპეციფიკიდან გამომდინარე, აუცილებელია გვერდითა ჩამკეტი ფილების დამზადება თბოიზოლაციური ცეცხლგამძლე მასალებისაგან. მიუხედავად იმისა, რომ ამ მიმართულებით არსებულ ლიტერატურაში ფილების მასალის შემადგენლობაზე თითქმის არაფერია მითითებული, კრისტალიზატორის კვანძში მათი როლის გათვალისწინებით ადვილი ჩამოსაყალიბებელია მათ მიმართ წაყენებული მოთხოვნები: არ უნდა სველდებოდეს თხიერი ლითონით; უნდა გააჩნდეს მინიმალური გაფართოების კოეფიციენტი; ხასიათდებოდეს მაღალი სიმტკიცის ცვეთაზე და ამასთანავე ხასიათდებოდეს დაბალი თბოგამტარობით.

ფოლადების უწყვეტი ჩამოსხმის ჰორიზონტალურ მანქანებში ლითონის მიმდებლსა და კრისტალიზატორს შორის გამოყენებულ ე.წ. „გარდამავალ“ რგოლებს (სურ.2) იგივე ფუნქცია ეკისრება.



სურ. 2. ფოლადის უწყვეტი ჩამოსხმის მანქანაში ლითონის მიმდებლსა და კრისტალიზატორს შორის გამოყენებული ცეცხლგამძლე მასალის რგოლი #1

დაუშვებელია მათ ზედაპირზე ლითონის კრისტალიზაციის პროცესის დაწყება [1]. აღნიშნული რგოლების მასალის შესახებ ინფორმაცია საკმაოა, როგორც წესი, ამ მიზნით

გამოიყენება ბორისა და სილიციუმის ნიტრიდები ან ცირკონიუმის ჟანგი. ეს მასალები ზედმიწევნით აკმაყოფილებენ ზემოთ ჩამოთვლილ მოთხოვნებს. ჩვენი არჩევანი ცირკონიუმის ჟანგზე შევაჩერეთ დაბალი ღირებულების გამო. ფილების ზომების გათვალისწინებით დამზადდა სპეციალური პრესფორმა მიღებული ნაკეთობის თვისებები მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული როგორც კაზმის შედგენილობაზე ასევე დაწნეხვის წნევების სიდიდესა და გამოთვლის ტემპერატურაზე.

დაწნეხვისა და გამოწვის ოპტიმალური რეჟიმების დასადგენად ჩატარდა ექსპერიმენტული სამუშაოები. შედეგად დადგინდა ფილების რეალურ ზომებში დამზადების ოპტიმალური ტექნოლოგიური პარამეტრები.

ნიმუშების დასამზადებლად გამოყენებულ იქნა შემდეგი საწყისი მასალები: ცირკონიუმის სტაბილიზებული დიოქსიდის ჟანგი მონოკლინური ცირკონიუმის დიოქსიდი, კაოლინი, მური, კომპლექსური მოქმედების პლასტიფიკატორი, ხოლო შემკვრელის სახით მაგნიუმის სულფატის 25 %-იანი ხსნარი. გამოყენებული ხსნარის სიმკვრივე შეადგენდა 1,12 გ/სმ³.

ცხრილი 1. კაოლინის ქიმიური შედგენილობა

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	SO ₃	საერთ. დანახ.	ჯამი
44,52	39,58	0,43	0,21	0,51	0,04	0,08	13,88	99,25

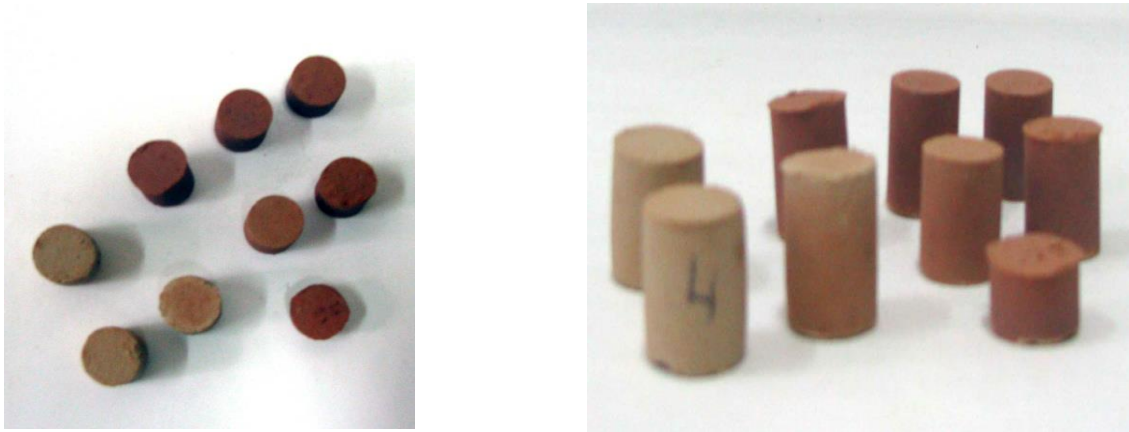
ცირკონიუმის დიოქსიდის დანაწევრება მოხდა ყებებიან მსხვრევანაში 3–5 მმ ზომის ნატეხებად და შემდეგ დაიფქვა ლითონის ბურთულებიან წისქვილში დისპერსიულობით 0,2–0,5 მკმ-მდე. მიღებული ფხვნილი გაიცრა 0,5 კლასის საცერში მონოკლინური ცირკონიუმის დიოქსიდი, მური და კაოლინი გამოყენებულ იქნა დამუშავების გარეშე წვრილისპერსიული ფხვნილების სახით. ნიმუშების მისაღები კაზმის კომპონენტებს შორის თანაფარდობა მოყვანილია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. კაზმის პროცენტული შედგენილობა, მას.%

ნიმუშის ინდექსი	კომპონენტები					
	სტაბილიზატორი	მონოკლინური	მური	კაოლინი	კომპლ. მოქმედების პლასტიფ. 100%-ის ზევით	MgSO ₄ -ის ხსნარის რაოდენობა, %
1	88	6	–	6	0,8	10
2	88	6	6	–	0,8	10
3	88	6	3	3	0,8	10
4	88	–	12	12	0,8	10
5	100	–	–	–	0,8	10

100 %-ის ზევით ყველა შედგენილობის მასას დაემატა 0,8 % კომპლექსური მოქმედების პლასტიფიკატორი. მიღებული მასა დაყალიბდა ლითონის პრესფორმაში და დაიწნეხა 20, 30 და 40 მპა წნევის ქვეშ ჰაერზე და თერმოსტატში (110 °C) გამოშრობის შემდეგ ნიმუშები გამოიწვა სილიტურ ლუმელში 1500 °C-ზე. სწორი ზედაპირით, მკვრივი სტრუქტურით და არცერთზე არ შეინიშნება ბზარები. განისაზღვრა სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე და მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრ. 3-ში. როგორც ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, ყველა ნიმუშისათვის ეს მაჩვენებელი მაღალია. მათ შორის უკეთესი სიმტკიცით გამოირჩევა #5 და #2 ნიმუშები. საყალიბო წნევის მომატებით 20-დან 40 მპა-მდე სიმტკიცე იზრდება. ამრიგად, ფილების დასაყალიბებად შეირჩა #2 შედგენილობის კაზმი კომპონენტთა შემდეგი შემადგენლობით: ცირკონიუმის სტაბილიზებული დიოქსიდი 88 მას.% ZrO₂.

გამომწვარი ნიმუშები გარეგნულად კარგად შემცხვარია (სურ.3)



გამომწვარი ნიმუშები

ცხრილი 3. ნიმუშის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე

ნიმუშების ინდექსი	დაყალიბების წნევა, მპა	ნიმუშის ფართობი, მ ² X 10 ⁴	მანომეტრის ჩვენება ნ.	სიმტკიცის ზღვარი, მპა	შენიშვნა
1	20	1.41	27200	194.3	
1/1	30	1.40	25000	178,6 } 193,6 } 186,1	
1/1	30	1.41	29200		
1/2	40	1.50	29800	198,6 } 207,6 } 203,1	
1/2	40	1.45	30100		
2	20	1.28	31000	242,1 } 227,6 } 234,8	
2	20	1.30	29600		
2/1	30	1.35	27590	204.4 } 237,0 } 248,0 } 242,5	
2/2	40	1.35	32000		
2/2	40	1.35	33500		
3	20	1.38	23000	166.6	
3/1	30	1.36	23000	169,1 } 195,6 } 182,3	
3/1	30	1.36	26600		
3/2	40	1.35	27300	202.2	
4	20	1.50	24200	172.8	
4/1	30	1.50	26000	173.3	
4/2	40	1.50	27400	182.6	
5	20	1.28	38600	307.5	
5/1	30	1.30	39300	302.3	
5/2	40	1.30	44200	340.0	

მონოკლინური ცირკონიუმის დიოქსიდი – 6 მას.%, მური – 6 მას.%. 100 %-ის ზევით დაემატა კომპლექსური მოქმედების პლასტიფიკატორი – 0,8 %-ის ოდენობით. შემკვრელად გამოყენებულ იქნა მაგნიუმის სულფატის 25 %-იანი ხსნარი 10–12 %-ის ოდენობით. მიღებული მასა დაყალიბდა პრესფორმაში და დაიწნება 30მპა წნევის ქვეშ.



სურ. 4. გამოშრობისა და გამოწვის შემდეგ მიღებული ფილები

როგორც სურათიდან ჩანს ფილების ზედაპირი სუფთაა, არ ახლავს ბზარები და სიმტკიცე საკვებით დამაკმაყოფილებელია.

სამეცნიერო კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით. გრანტის ნომერი # AR-22-1411.

ლიტერატურა

1. Марченко И.К. Непрерывное литье стали. -Москва, Металургия, 1986, 15 с.

SUMMARY

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF REFRACTORY TILES, WHICH MAKE UP THE MOLD ASSEMBLY, IN THE PROCESS "WITHOUT INGOT ROLLING"

Kevkhisvili G.Sh., Nizharadze N.S., Loria J.B., Namicheishvili T.G. and Ramishvili V.N.

LEPL - Ferdinand Tavadze Metallurgy and Materials Science Institute

The work presents the results of experimental studies on mastering the technology for manufacturing refractory slabs from zirconium oxide. In the process of operating casting and rolling units, the main share of costs falls on the side refractory tiles of the combined mold (21 %). Therefore, mastering the technology for manufacturing these slabs will significantly affect the cost of production in the future.

Keywords: continuous casting, gate tiles, refractory tile-crystallizer, zirconium dioxide.

ნაწილაკის ზომები პოლიმერების ცვალებადი კონცენტრაციის თხევადი ფაზაში

ბიბილეიშვილი გ.ვ., მამულაშვილი მ.ა., ჯავაშვილი ზ.დ., ბუთხუზი თ.გ., გოგიბერიძე ი.ბ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

პოლიმერულ კომპოზიციებში ნაწილაკების ზომების განსაზღვრა განპირობებულია მათი სიდიდისა და მოცემულ დიაპაზონში პროცენტული შედგენილობით. ნაწილაკების ზომის განაწილება და მათი კონცენტრაცია განაპირობებს სინათლის გაბნევის დინამიკური მეთოდით მიღებული მაჩვენებლების სიდიდეს [1,2]. ნანონაწილაკების ზომის განაწილებაზე კოლოიდურ ხსნარებში გავლენას ახდენს ტემპერატურა, ნანონაწილაკების ზომა, კონცენტრაცია და გამხსნელის ტიპი [3,4].

ნაწილაკების ზომის განაწილება კონცენტრაციის მიხედვით იზომება მიკროგრამი მილილიტრში ($\mu\text{g/mL}$). ნაწილაკების ზომების და განაწილების დახასიათებისთვის გამოყენებულ იქნა ნანონაწილაკების მზომი ანალიზატორი – Zetasizer Nano Zen 3690-Malvern Instrument, რომლის მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია სინათლის გაბნევის დინამიკურ მეთოდზე. სინათლის დინამიკური გაბნევა (DLS) არის არაინვაზიური მეთოდი, რომელიც გამოიყენება ნანონაწილაკების ზომების განსაზღვრისათვის 0,3 ნმ-დან 5 მკმ-მდე [5,6].

აღნიშნული მეთოდი უზრუნველყოფს სანალიზო ნიმუშში არსებული ნანონაწილაკების პიკური, მათი საშუალო (Z-Average) და პოლიდისპერსიულობის ინდექსის (PDI) მაჩვენებლების განსაზღვრას.

ცხრილი 1. 30 %, 40 %, 50 % კონცენტრაციის პოლიმერული ხსნარების ნაწილაკის ზომები ორგანული ნივთიერების დანამატით

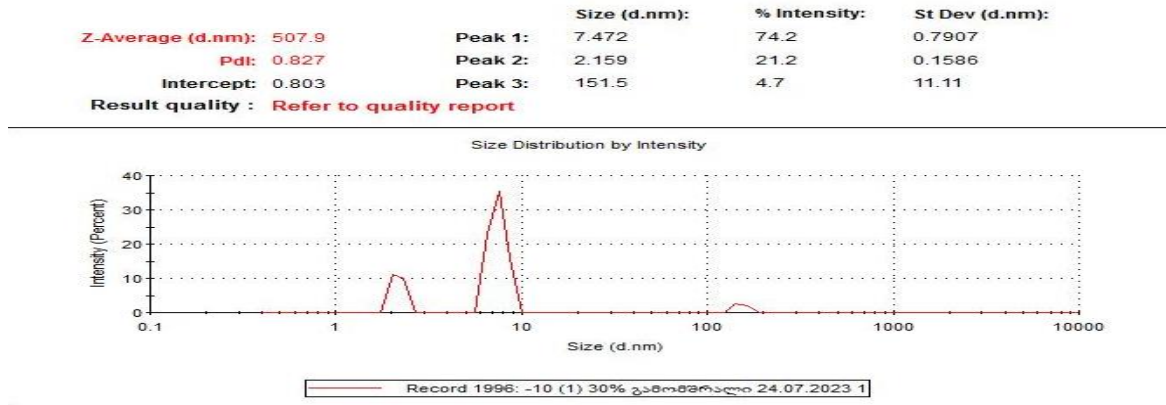
ხსნარის კონცენტრაცია %	წარმადობა ლ/მ ² სთ	ფორის ზომაDმკმ	Peak %	PDI	Z _{Ave} ნმ
30% პოლიმერული ხსნარი	13350	2,18	Peak1 7,472 -74,2% Peak2 22,159 -21,2% Peak3 151,5 - 4,7%	0,827	507,9
40% პოლიმერული ხსნარი	7600	1,76	Peak1 6,791 -100%	1	1046
50% პოლიმერული ხსნარი	5680	1,20	Peak ₁ 1825 -58,8% Peak ₂ 9,019 -41,2%	1	1532

ცხრილი 2. 13 %, 16 %, 20 % კონცენტრაციის პოლიმერული ხსნარები ნაწილაკის ზომები ორგანული ნივთიერების დანამატით

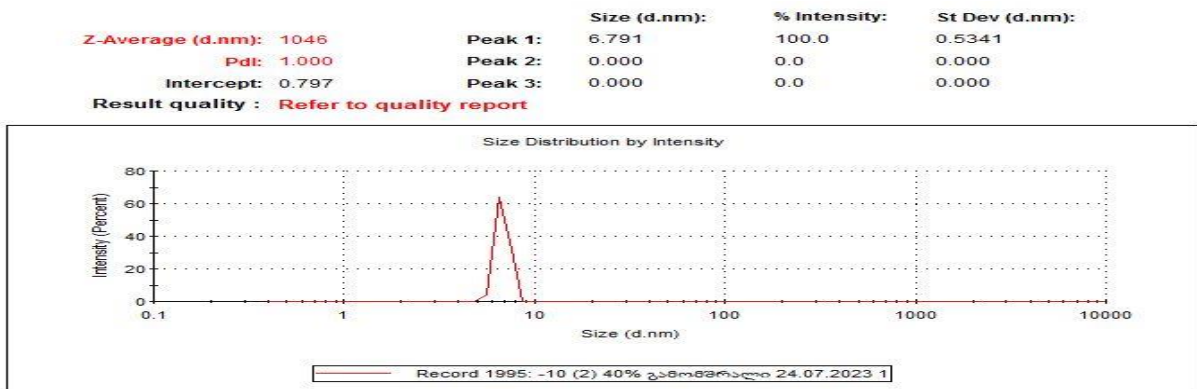
ხსნარის კონცენტრაცია %	წარმადობა ლ/მ ² სთ	ფორის ზომაDმკმ	Peak %	PDI	Z _{Ave} ნმ
30% პოლიმერული ხსნარი	380	1,12	Peak ₁ - 6,232-68,5% Peak ₂ 1534 -15,3% Peak ₃ -16,51-10,7%	0,632	155,5
40% პოლიმერული ხსნარი	320	0,5	Peak ₁ - 5,979-84,1% Peak ₂ 20,20 -15,9%	0,745	450,8
50% პოლიმერული ხსნარი	240	0,2	Peak ₁ - 7,056-100%	0,865	664,9

საანალიზოდ აღებული იქნა განსხვავებული ქიმიური შედგენილობის და სხვადასხვა კონცენტრაციის პოლიმერული ხსნარები, რომელიც მომზადდა პოლიმერის, გამხსნელის, ორგანული და არაორგანული დანამატების გამოყენებით. მიღებული მონაცემები მოცემულია ცხრ. 1 და 2 და სურათებზე 1- 6.

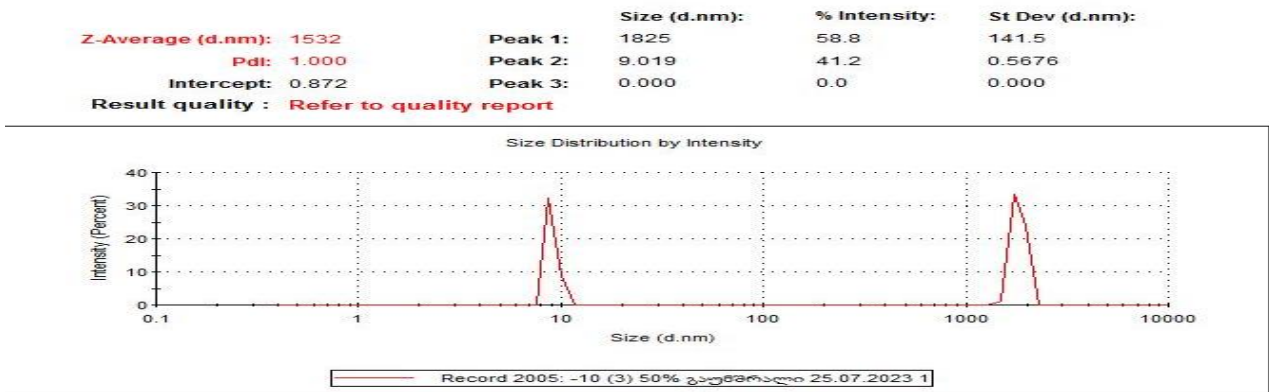
სურათზე 1,2,3 მოცემულია არაორგანული ნივთიერებების დანამატი 30 %, 40 %, 50 % -იანი, ხოლო სურათზე 4,5,6 ორგანული დანამატი 13 %, 16 %, 20 %-იანი პოლიმერული ხსნარების ნაწილაკების ზომის განაწილება.



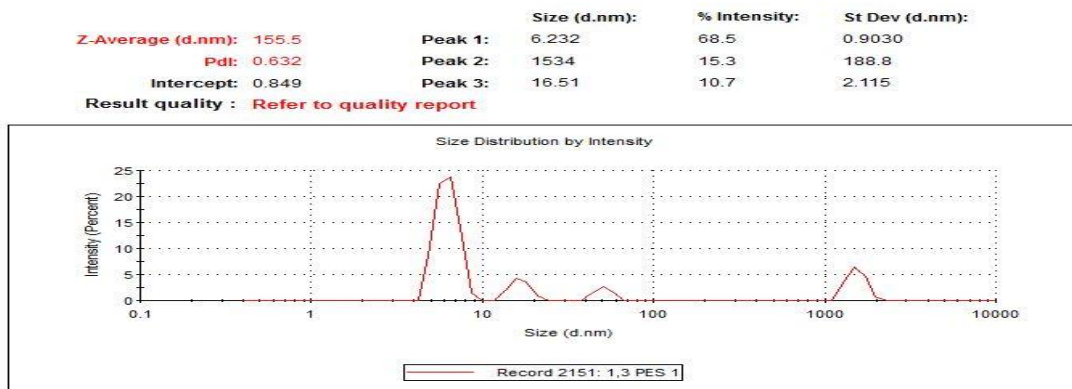
სურ.1. 30 % პოლიმერული კომპოზიციის ნაწილაკის ზომის განაწილება



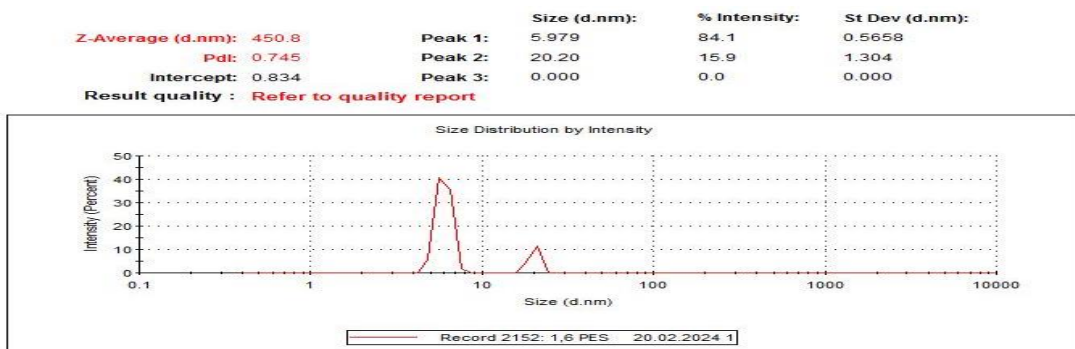
სურ.2. 40 % პოლიმერული კომპოზიციის ნაწილაკის ზომის განაწილება



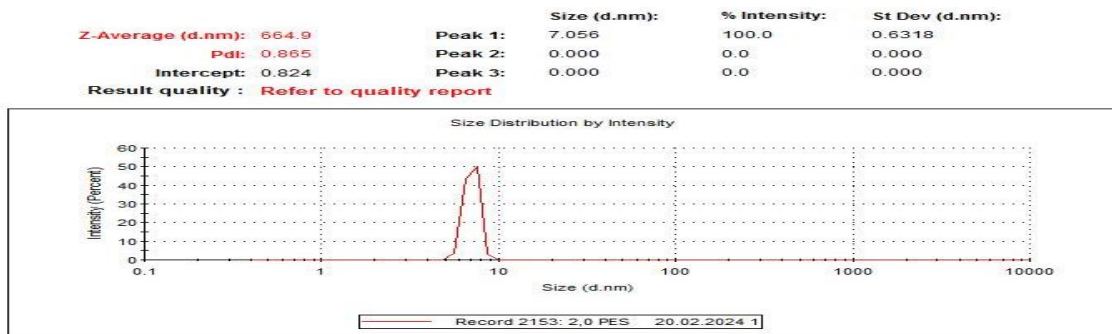
სურ.3. 50 % პოლიმერული კომპოზიციის ნაწილაკის ზომის განაწილება



სურ.4. 13 % პოლიმერული კომპოზიციის ნაწილაკის ზომის განაწილება



სურ.5. 16 % პოლიმერული კომპოზიციის ნაწილაკის ზომის განაწილება



სურ.6. 20 % პოლიმერული კომპოზიციის ნაწილაკის ზომის განაწილება

როგორც კვლევის შედეგებმა გვიჩვენა, ორივე შემთხვევაში ხსნარის კონცენტრაციის ზრდა იწვევს მემბრანის ფორის ზომის, შესაბამისად სვედრითი წარმადობის შემცირებას ხოლო ნაწილაკის ზომის (Z-Average) და პოლიდისპერსიულობის ინდექსის (PDI) გაზრდას. არაორგანული ნივთიერებების დამატება (ცხრ. 1) ზრდის ხსნარის კონცენტრაციას, ნაწილაკის ზომას 507 ნმ – 1532 ნმ-მდე და პოლიდისპერსიულობის ინდექსს 0,827 – 1-მდე, რამაც გამოიწვია წარმადობის საგრძნობი შემცირება 13350 ლ/მ²სთ - 5680 ლ/მ²სთ-მდე, ფორის ზომის 2,18მკმ – 1,20მკმ-მდე, ხოლო ორგანული ნივთიერებების დამატებით (ცხრ. 2) გაიზარდა ნაწილაკის ზომა 155,5 ნმ – 664,9 ნმ-მდე, პოლიდისპერსიულობის ინდექსი 0,632 – 0,865-მდე შესაბამისად შემცირდა წარმადობა 380 ლ/მ²სთ - 240 ლ/მ²სთ-მდე, ხოლო ფორის ზომა 1,12 მკმ-0,2მკმ-მდე. 40 % და 20 %-იან პოლიმერულ კომპოზიციაზე არაორგანული და ორგანული ნივთიერებების დამატებით ხსნარში 100 %-იანი ნაწილაკების განაწილება შესაბამისად იყო 1539 და 664,9.

ამრიგად, ნანონაწილაკების მზომ ანალიზატორზე Zetasizer Nano ZN90 განხორციელებულია ბროუნის მოძრაობაში მყოფი ნაწილაკების მიერ გაბნეული სინათლის ინტენსივობის დინამიური ანალიზი, რომლის შედეგად განისაზღვრა პოლიმერული კომპოზიციისთვის ნაწილაკის საშუალო ზომა, პოლიდისპერსიულობის ინდექსი და ნაწილაკების ზომების მიხედვით განაწილების პროცენტული თანაფარდობა. დადგინდა, რომ პოლიმერების ცვალებადი კონცენტრაციის თხევად ფაზაში კონცენტრაციის გაზრდამ გამოიწვია ნაწილაკის ზომის და პოლიდისპერსიულობის ინდექსის გაზრდა.

REFERENCES

1. ISO 9276-2:2001 : Representation of results of particle size analysis – Part 2: Calculation of average particle sizes/diameters and moments from particle size distributions.
2. ISO 13322-2 Particle size analysis – Image analysis methods – Part 2: Dynamic image analysis methods.
3. ბიბილეიშვილი გ.ვ., ებანოიძე ლ.ო., კომპოზიციაში პოლიმერის კონფორმაციული მდგომარეობის ნაწილაკის ზომაზე დამოკიდებულების საკითხი. // საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2023, №2 ტ.98, გვ.62-63.
4. ბიბილეიშვილი გ.ვ., კეყერაშვილი მ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., მამულაშვილი მ.ა., ებანოიძე ლ.ო. პოლიმერულ კომპოზიციაში მიკროგელური ნაწილაკების ზომის გავლენის შესწავლა მემბრანის მორფოლოგიასა და მახასიათებლებზე. // საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2022, ტ.93, №2, გვ.121-122.
5. Mirosław Jonasz, Georges R. Fournier Light Scattering by Particles in Water. Theoretical and Experimental Foundations 2007, pp. 267-445.
6. Kerstin Witte a b, Knut Müller b, Cordula Grüttner b, Fritz Westphal b, Christer Johansson Particle size- and concentration-dependent separation of magnetic nanoparticles. //Journal of Magnetism and Magnetic Materials Volume 427, 1 April 2017, pp. 320-324.

SUMMARY

PARTICLE SIZES IN THE LIQUID PHASE OF VARYING CONCENTRATIONS OF POLYMERS

Bibileishvili G.V., Mamulashvili M.A., Javashvili Z.D., Butkhuzi T.G. and Gogiberidze I.B.

Engineering Institute of Membrane Technologies of Georgian Technical University

In the paper, the relationship between particle distribution, particle size, and polymer liquid phase solutions of different concentrations is studied by the method of dynamic analysis of light intensity scattered by particles in Brownian motion. It is established that polymers are the variable in the concentration liquid phase increasing concentration results in increasing particle size and polydispersity index.

Keywords: particle size, concentration, liquid phase, distribution, polymer.

ულტრაფილტრაციული პროცესისათვის ლამინარული ნაკადის სადაწნო საკნის გეომეტრიის კვლევა

ბიბილეიშვილი გ.ვ., ყუფარაძე ლ.პ., კეყერაშვილი მ.გ., ებანოიძე ლ.ო., ჯავაშვილი ზ.დ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტი

ულტრაფილტრაციული პროცესის კვლევის ერთ-ერთი მთავარი ამოცანაა სადაწნო საკნის ისეთი გეომეტრიული პარამეტრების შერჩევა, რომელიც უზრუნველყოფს წარმადობის ასიმპტოტური მნიშვნელობის მაქსიმალურ სიდიდეს. ულტრაფილტრაციული პროცესისათვის სითხის ლამინარული ნაკადის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა გულისხმობს განსხვავებული გეომეტრიის სადაწნო საკნის პირველადი მაჩვენებლების თეორიულ გამოვლენას და ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე ოპტიმალური ჰიდროდინამიკური პარამეტრების შერჩევას [1,2,4,].

პირველი ექსპერიმენტული საკნის სიგანე შეადგენს $B = 9 \text{ მმ} = 9 \times 10^{-3} \text{ მ}$, ხოლო სიგრძე უტოლდება $l = 30 \text{ მმ} = 30 \times 10^{-3} \text{ მ}$, მეორე ექსპერიმენტული საკნის სიგანე შეადგენს $B = 12 \text{ მმ} = 12 \times 10^{-3} \text{ მ}$, ხოლო სიგრძე უტოლდება $l = 32 \text{ მმ} = 32 \times 10^{-3} \text{ მ}$. ორივე სადაწნო საკნის გეომეტრიული პარამეტრები განხილულია სიმაღლის სამი მნიშვნელობისათვის: $0,2\text{მმ}=0,2 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $0,4 \text{ მმ}=0,4 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $0,6 \text{ მმ} = 0,6 \times 10^{-3} \text{ მ}$. წყლის კინემატიკური სიბლანტის კოეფიციენტი $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ -ზე შეადგენს $\nu=1,004 \text{ მმ}^2/\text{წმ} = 1,004 \times 10^{-6} \text{ მ}^2/\text{წმ}$.

ცხრილი 1. პირველი სადაწნო საკნის გეომეტრიული და რეჟიმული პარამეტრები

$V(\text{მ}^3/\text{წმ})$	0,5	1	1,5	2,075	2,5	3,047	4	5,965
$h=0,2 \text{ მმ}$ $F=B \times h=9 \times 0,2=1,8 \text{ მმ}^2 = 1,8 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $\chi =2B+2h=18+0,4=18,2\text{მმ}=18,2 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $R= \frac{F}{\chi} = \frac{1,8}{18,2} \approx 0,09782 \text{ მმ} = 0,09782 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $d=4 \times R=0,391304 \text{ მმ}=0,391304 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $\nu_{\text{კრ}}=5,965 \text{ მ}^3/\text{წმ}$								
$\nu \times d$ ($\text{მ}^2/\text{წმ}$)	0,1956 $\times 10^{-3}$	0,3913 $\times 10^{-3}$	0,5869 $\times 10^{-3}$	0,8119 $\times 10^{-3}$	0,9782 $\times 10^{-3}$	1,1923 $\times 10^{-3}$	1,5652 $\times 10^{-3}$	2,3341 $\times 10^{-3}$
Re	194	389	584	808	974	1187	1559	2324,8
Q ($\text{მ}^3/\text{წმ}$)	0,9 $\times 10^{-6}$	1,8 $\times 10^{-6}$	2,7 $\times 10^{-6}$	3,735 $\times 10^{-6}$	4,5 $\times 10^{-6}$	5,48 $\times 10^{-6}$	7,2 $\times 10^{-6}$	10,73 $\times 10^{-6}$
$h=0,4\text{მმ}$ $F=B \times h=9 \times 0,4=3,6 \text{ მმ}^2 = 3,6 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $\chi =2B+2h=18+0,8=18,8 \text{ მმ}=18,8 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $R= \frac{F}{\chi} = \frac{3,6}{18,8} \approx 0,191489 \text{ მმ} = 0,191489 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $d=4 \times R=0,765957\text{მმ}=0,765957 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $\nu_{\text{კრ}}=3,04756 \text{ მ}^3/\text{წმ}$								
$\nu \times d$ ($\text{მ}^2/\text{წმ}$)	0,3829 $\times 10^{-3}$	0,7659 $\times 10^{-3}$	1,1489 $\times 10^{-3}$	1,5893 $\times 10^{-3}$	1,9148 $\times 10^{-3}$	2,3343 $\times 10^{-3}$	—	—
Re	381	762	1144	1583	1907	2325	—	—
Q ($\text{მ}^3/\text{წმ}$)	1,8 $\times 10^{-6}$	3,6 $\times 10^{-6}$	5,4 $\times 10^{-6}$	7,47 $\times 10^{-6}$	9 $\times 10^{-6}$	10,96 $\times 10^{-6}$	—	—
$h=0,6\text{მმ}$ $F= B \times h=9 \times 0,6=5,4\text{მმ}^2 =5,4 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $\chi =2B+2h=18+1,2=19,2\text{მმ}= 19,2 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $R= \frac{F}{\chi} = \frac{5,4}{19,2} \approx 0,28125 \text{ მმ} = 0,28125 \times 10^{-3} \text{ მ}$ $d=4 \times R=1,125 \text{ მმ}=1,125 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $\nu_{\text{კრ}}=2,075 \text{ მ}^3/\text{წმ}$								
$\nu \times d$ ($\text{მ}^2/\text{წმ}$)	0,5627 $\times 10^{-3}$	1,125 $\times 10^{-3}$	1,68752 $\times 10^{-3}$	2,334 $\times 10^{-3}$	—	—	—	—
Re	569	1120	1680	2325	—	—	—	—
Q ($\text{მ}^3/\text{წმ}$)	2,7 $\times 10^{-6}$	5,4 $\times 10^{-6}$	8,1 $\times 10^{-6}$	11,20 $\times 10^{-6}$	—	—	—	—

ცხრ. 1-ში პირველი სადაწნეო საკნის სიმაღლის სამი მნიშვნელობისათვის მოყვანილია: შესასვლელი კვეთის ფართობი F, სადაწნეო საკანში ნაკადის სიჩქარეებისთვის $V = 0,5$ მ/წმ, 1 მ/წმ, 1,5მ/წმ, 2,075მ/წმ, 2,5 მ/წმ, 4 მ/წმ, 5,965 მ/წმ Re რიცხვი და შესასვლელ კვეთში წყლის ხარჯი Q.

ცხრ. 2-ში მეორე სადაწნეო საკნის სიმაღლის სამივე მნიშვნელობისათვის მოყვანილია: შესასვლელი კვეთის ფართობი F, სადაწნეო საკანში ნაკადის სიჩქარეებისთვის $V = 0,5$ მ/წმ, 1 მ/წმ, 1,5მ/წმ, 2,023მ/წმ, 2,243 მ/წმ, 2,5 მ/წმ, 3,015 მ/წმ, 4 მ/წმ, 5,935 მ/წმ Re რიცხვი და შესასვლელ კვეთში წყლის ხარჯი Q.

ცხრილი 2. მეორე სადაწნეო საკნის გეომეტრიული და რეჟიმული პარამეტრები

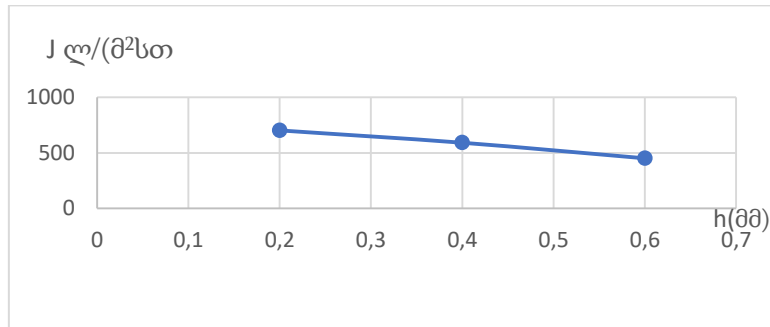
V მ/წმ)	0,5	1	1,5	2,023	2,243	2,5	3,015	4	5,935
$h=0,2$ მმ $F=B \times 12 \times 0,2=2,4$ მმ ² = $2,4 \times 10^{-6}$ მ ² ; $\chi = 2B+2h=24+0,4=24,4$ მმ= $24,4 \times 10^{-3}$ მ; $R = \frac{F}{\chi} = \frac{2,4}{24,4} \approx 0,09836$ მმ = $0,09836 \times 10^{-3}$ მ; $d = 4 \times R = 0,39136$ მმ = $0,39136 \times 10^{-3}$ მ; $v_{კრ} = 5,935$ მ/წმ									
$v \times d$ (მ ² /წმ)	0,0550 $\times 10^{-3}$	0,1967 $\times 10^{-3}$	0,39344 $\times 10^{-3}$	0,8037 $\times 10^{-3}$	0,8846 $\times 10^{-3}$	0,9836 $\times 10^{-3}$	1,1862 $\times 10^{-3}$	1,5737 $\times 10^{-3}$	2,335 $\times 10^{-3}$
Re	55	195	391	800	881	979	1181	1567	2325
Q (მ ³ /წმ)	0,33 $\times 10^{-6}$	0,9 $\times 10^{-6}$	1,8 $\times 10^{-6}$	3,6 $\times 10^{-6}$	5,38 $\times 10^{-6}$	4,896 $\times 10^{-6}$	6 $\times 10^{-6}$	9,6 $\times 10^{-6}$	14,24 $\times 10^{-6}$
$h=0,4$ მმ $F=B \times h = 12 \times 0,4 = 4,8$ მმ ² = $4,8 \times 10^{-6}$ მ ² ; $\chi = 2B+2h=24+0,8=24,8$ მმ= $24,8 \times 10^{-3}$ მ; $R = \frac{F}{\chi} = \frac{4,8}{24,8} \approx 0,1915$ მმ = $0,1915 \times 10^{-3}$ მ; $d = 4 \times R = 0,77419$ მმ = $0,77419 \times 10^{-3}$ მ; $v_{კრ} = 3,015$ მ/წმ									
$v \times d$ (მ ² /წმ)	0,387 $\times 10^{-3}$	0,7741 $\times 10^{-3}$	1,1612 $\times 10^{-3}$	1,5816 $\times 10^{-3}$	1,736 $\times 10^{-3}$	1,9354 $\times 10^{-3}$	2,3341 $\times 10^{-3}$	—	—
Re	385	771	1156	1575	1729	1927	2325	—	—
Q (მ ³ /წმ)	2,4 $\times 10^{-6}$	4,8 $\times 10^{-6}$	7,2 $\times 10^{-6}$	9,8 $\times 10^{-6}$	10,76 $\times 10^{-6}$	12 $\times 10^{-6}$	14,47 $\times 10^{-6}$	—	—
$h=0,6$ მმ $F=B \times 12 \times 0,6 = 7,2$ მმ ² = $7,2 \times 10^{-6}$ მ ² ; $\chi = 2B+2h=24+1,2=25,2$ მმ = $25,2 \times 10^{-3}$ მ; $R = \frac{F}{\chi} = \frac{7,2}{25,2} \approx 0,28541$ მმ = $0,28541 \times 10^{-3}$ მ; $d = 4 \times R = 1,1428$ მმ = $1,1428 \times 10^{-3}$ მ; $v_{კრ} = 2,043$ მ/წმ									
$v \times d$ (მ ² /წმ)	0,5714 $\times 10^{-3}$	1,1428 $\times 10^{-3}$	1,7142 $\times 10^{-3}$	2,3347 $\times 10^{-3}$	—	—	—	—	—
Re	564	1138	1707	2325	—	—	—	—	—
Q (მ ³ /წმ)	3,6 $\times 10^{-6}$	7,2 $\times 10^{-6}$	10 $\times 10^{-6}$	14,7 $\times 10^{-6}$	—	—	—	—	—

თეორიული კვლევების საფუძველზე განსხვავებული საკნებისათვის სიმაღლის სამივე მნიშვნელობისათვის განისაზღვრა რეინოლდსის რიცხვის კრიტიკული მნიშვნელობები, რამაც განაპირობა ლამინარული ნაკადისათვის სათანადო სიდიდის სიჩქარეთა დიაპაზონი. ორივე გეომეტრიის სადაწნეო საკნისათვის დადგენილია ნაკადის ლამინარული რეჟიმი განსხვავებული სიმაღლეებისათვის: $h = 0,2$ მმ-თვის $V \leq 5$ მ/წმ-ზე; $h = 0,4$ მმ-თვის $V \leq 3$ მ/წმ-ზე და $h = 0,6$ მმ-თვის $V \leq 2$ მ/წმ-ზე.

ექსპერიმენტები ჩატარებულია ლაბორატორიულ დანადგარზე, პირველ სადაწნეო საკანზე, გამოხდილ წყალზე, რომლის ტემპერატურა იყო 20 °C, წნევა P=1 ატ, სიჩქარე $V = 0,5$ მ/წმ, შესასვლელი კვეთის სამი მნიშვნელობისათვის: $F = 1,8 \times 10^{-6}$ მ²; $F = 4,8 \times 10^{-6}$ მ²; $F = 7,2 \times 10^{-6}$ მ² გამოყენებულ იქნა 0,3 მკმ ფორის ზომის მემბრანა [3,5,6]. ექსპერიმენტების შედეგები მოყვანილია ცხრ. 3.

ცხრილი 3. ხვედრითი წარმადობების მნიშვნელობები სადაწნეო საკნის განსხვავებული სიმაღლისათვის

შესასვლელი კვეთის სიმაღლეები, h (მმ)	0,2	0,4	0,6
ხვედრითი წარმადობები J (ლ/მ ² სთ)მიკრო	700	580	410



სადაწნეო საკნის სიმაღლესა და ხვედრითი წარმადობებს შორის დამოკიდებულების გრაფიკული ასახვა

ცხრ. 1-ის მონაცემებიდან და ნახაზიდან ჩანს, რომ ლამინარული ნაკადის პირობებში სადაწნეო საკნის შესასვლელი კვეთის გაზრდით ხვედრითი წარმადობების მნიშვნელობები მცირდება.

კვლევები ჩატარებულია ლაბორატორიულ დანადგარზე, მეორე სადაწნეო საკანზე, გამომხდელ წყალზე, რომლის ტემპერატურა იყო 20 °C. წნევა P=1,5 ატ, სიჩქარე V=2,243 მ/წმ.

ცხრილი 3. ხვედრითი წარმადობების მნიშვნელობები სადაწნეო საკნის განსხვავებული სიმაღლისათვის

წნევა P ატ.	სიჩქარე V მ/წმ	ფორის ზომა d მკმ	ხვედრითი წარმადობა J ლ/(მ ² წმ)
1,5	2,243	1,92	800
		0,3	240

ლამინარული დინების ექსპერიმენტული მონაცემებით დადგენილია, რომ მეორე სადაწნეო საკნის გომეტრიის შემთხვევაში ერთნაირი წნევისა და სიჩქარის პირობებში შესასვლელ კვეთში ულტრაფილტრაციული პროცესის ხვედრითი წარმადობა ნაკლებია, ვიდრე მიკროფილტრაციული პროცესის დროს.

ლიტერატურა

1. Слезкин Н. А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. - М.: Изд. Технич. литературы, 1955, 520с.
2. ბიბილეიშვილი გ.ვ., ყუფარაძე ლ.პ., კეჟერაშვილი მ.გ., გოგესაშვილი ნ.ნ., ებანოიძე ლ.ო. სადაწნეო საკანში წყლის ნაკადის ტურბულენტური რეჟიმის თეორიული დახასიათება. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2023, №1, ტ.97, გვ.111-113. ISSN 1512-0287.
3. ბიბილეიშვილი გ.ვ., კეჟერაშვილი მ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., ჯავახიშვილი ზ.დ. „წყლის ნაკადის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა სადაწნეო საკნის განსხვავებული გომეტრიისათვის“. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2023, №2, ტ. 98, გვ. 51-52. ISSN-1512-0287.
4. Reynolds number Wikipedia <https://en.wikipedia.org> ›.
5. I. Koyuncu, R. Sengur, T. Turken, S. Guclu, M.E. Pasaoglu. Advances in water treatment by microfiltration, ultrafiltration and nanofiltration” Adv. Membr. Technol. Water Treat. Mater. Process. Appl. 2015, pp. 83-128.

6. Shon H K, Phuntsho S, Chaudhary D S, Vigneswaran S, Cho J. "Nanofiltration for water and wastewater treatment: a mini review". Drinking Water Engineering and Science, 2013, 6(1), pp. 47-53.

SUMMARY

STUDY OF LAMINAR FLOW PRESSURE CHAMBER GEOMETRY FOR ULTRAFILTRATION PROCESS

Bibileisvili G.V., Kuparadze L.P., Kezherashvili M.G., Ebanoidze L.O. and Javashvili Z.D.

Engineering Institute of Membrane Technologies of Georgian Technical University

The paper presents a theoretical and experimental study of the ultrafiltration process for a variable geometry pressure chamber. A range of laminar regime flow velocities under varying pressure chamber heights was determined. To determine the optimal height of the pressure cell, experiments were conducted on distilled water. The obtained results showed us that the values of the specific performances for the ultrafiltration process under laminar flow conditions decrease when the height of the pressure cell increases. In the conditions of laminar flow, according to experimental data, when we have the same pressure, velocity, and specific performance in the ultrafiltration process in the inlet section, it is less than in the microfiltration process.

Keywords: specific performance, ultrafiltration process, laminar flow mode.

**პოლიმერული კონფორმაციის გავლენის კვლევა
მიკროფილტრაციული მემბრანების მახასიათებლებზე**

ბიბილეიშვილი გ.ვ., გოგესაშვილი ნ.ნ., კეყერაშვილი მ.გ., მამულაშვილი მ.ა., კაკაბაძე ე.გ.

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიის
საინჟინრო ინსტიტუტი**

უკანასკნელ პერიოდში მიკროფილტრაცია ფართოდ გამოიყენება წყლის და სითხეების გასუფთავების პროცესებში, რომლის დროსაც სითხეებს ცილდება მიკროსკოპიული დამაბინძურებლები. ამ მეთოდებში საფილტრაციო ელემენტად გამოიყენება განსაკუთრებული მემბრანები, რომელთა ფორის ზომებია 0,1მკმ–10 მკმ. აღნიშნულ მემბრანებს უნარი შესწევთ დააკავონ არა მარტო მოლეკულური ზომის ნივთიერებები, არამედ მიკროორგანიზმები, კოლოიდური ნაწილაკები, მსხვილი ბაქტერიები, ვირუსები და დიდი ზომის მოლეკულები [1].

კოლოიდური ზოლებისგან განსხვავებით პოლიმერული ხსნარები წარმოადგენენ მოლეკულურ-დისპერსულ სისტემებს და აკმაყოფილებენ ჭეშმარიტი ხსნარების ძირითად კრიტერიუმებს. პოლიმერული ხსნარების თვისებები განსაკუთრებით გავლენას ახდენს მიკროფილტრაციულ მემბრანებზე, რომლებიც მიიღებიან ხსნარებიდან ფაზური ინვერსიის სველი მეთოდით. გამხსნელის და პოლიმერის მოლეკულები მუდმივად და ენერგიულად მოძრაობენ, იცვლიან რა თავის მდგომარეობას, ასევე ფორმას, ისინი ჩართული არიან ბროუნის მოძრაობაში.

დაყოვნებისას პოლიმერული კომპოზიციების მაკრომოლეკულები განიცდიან მოლეკულათაშორის და შიგამოლეკულურ კონფორმაციულ ცვლილებებს, რომელიც გავლენას ახდენს მათ ფუნქციებზე და მაღალი დონის სტრუქტურების ჩამოყალიბებაზე. ერთეული მაკრომოლეკულების შინაგანი კონფორმაციული ცვლილებების და დინამური მოძრაობის კვლევა ისევ რჩება პოლიმერული კომპოზიციური ხსნარების კვლევის აქტუალურ ამოცანად, რადგან ხსნარის მდგომარეობის კონფორმაციის და პოლიმერის აგრეგაციის შესწავლას აქვს გადაწყვეტი მნიშვნელობა მემბრანების მორფოლოგიის კონტროლისთვის ფაზური ინვერსიის პროცესში [2-4].

მიკროფილტრაციული მემბრანების მისაღებ პოლიმერულ ხსნარებში დაყოვნებისას მიმდინრე კონფორმაციული ცვლილებების შესასწავლად კვლევის პირველ საფეხურზე ექსპერიმენტებით მიღებულ იქნა 0,468 გ CaCl_2 -ის შემცველი პა/დმაა/ CaCl_2 და 0,328 გ CaCl_2 -ის შემცველი პა/დმაა/ CaCl_2 პოლიმერული კომპოზიციები. პოლიამიდის (პა) გახსნა ჩატარებული იყო დიმეთილაცეტამიდში, რომელშიც წინასწარ იყო დამატებული კალციუმის ქლორიდი. გახსნის პროცესის მიმდინარეობა მოწმდებოდა ოპტიკური მიკროსკოპით. პოლიმერის სრული გახსნის შემდეგ შესწავლილი იყო მიღებული კომპოზიციების დაყოვნების 10-დღიანი მონაკვეთი 15 °C და 25 °C ტემპერატურებზე. ცხრ. 1-ში მოცემულია 0,468 გ CaCl_2 -ის და 0,328 გ CaCl_2 -ის შემცველობის 15 °C დაყოვნებული პოლიმერული კომპოზიციების ნაწილაკების პიკური მაჩვენებლების, პოლიდისპერსიულობის ინდექსის, ნაწილაკების ზომების საშუალო მნიშვნელობის და კომპოზიციებიდან გამოლექილი მემბრანების მახასიათებლები. მონაცემების ანალიზმა აჩვენა, რომ კომპოზიციური პოლიმერული ხსნარების დაყოვნებისას იკვეთება დროის მონაკვეთები, როდესაც პოლიმერში მიმდინარე კონფორმაციული გარდაქმნები იწვევს არა მარტო ნაწილაკების ზომის, არამედ გამოლექილი მემბრანების წარმადობის მკვეთრ ცვლილებას.

0,468 გ CaCl_2 -ის შემცველი ხსნარის 15 °C ტემპერატურაზე დაყოვნებული ხსნარებისგან გამოლექილი მემბრანები აღნიშნულია P1, P2, P3, P4, P5 სიმბოლოებით, ხოლო 0,328 გ CaCl_2 -ის შემცველი ხსნარიდან გამოლექილი მემბრანები M1, M2, M3, M4, M5 სიმბოლოებით.

ცხრილი 1. 0,468 გ CaCl₂-ის და 0,328 გ CaCl₂ შემცველობის პოლიმერული კომპოზიციის ნაწილაკების ზომების და ამ კომპოზიციების 15 °C ტემპერატურაზე დაყოვნების შემდეგ გამოლექილი მემბრანების მახასიათებლები

კომპოზიციის დაყოვნების დრო/სთ	მემბრანა	ნაწილაკის ზომა (ნმ)	ინტენს.%	PDI	Z-ave	მემბრანის ხვ. წარმადობა ლ/მ ² სთ	ფორის ზომა, მკმ
48	P1	8,739 269,9 1,072	61,6 20,1 11,5	0,607	5386	256	2,31
192	P2	6,740	100	0,843	918	592	1,97
216	P3	6,401	100	0,746	365,6	656	2,02
240	P4	6,603 0,942	98,31 1,69	0,734	359,5	760	2,13
264	P5	7,86	100	1		688	1,88
48	M1	5,720	100	1	2013	240	2,45
192	M2	5542 8,402 1152	60,0 20,02 19,8	0,621	4127	582	1,65
216	M3	1764 7,779 28,46	61,6 31,7 6,7	0,674	4570	744	2,31
240	M4	6,791	100	1	1046	800	2,53
264	M5	3049 11,63 3,982	78,7 14,2 7,1	0,852	2098	712	2,36

დადგენილია, რომ მიღებული მემბრანების ხვ.წარმადობის მაქსიმუმები და მინიმუმები ორივე შედგენილობის ხსნარისათვის იყო დაყოვნებიდან შესაბამისად 240 და 48 საათის შემდეგ (სურათი 1). ამასთანავე ნაწილაკის ზომების შესწავლამ გვიჩვენა, რომ ხვ. წარმადობის მაქსიმუმის დროს ორივე შემთხვევაში ზომა მერყეობს 6,603-6,791 ნმ-ის ფარგლებში, გამოლექილი მემბრანების ხვ. წარმადობა კი 7600-8000ლ/მ² სთ. აღნიშნული შედეგი მიუთითებს, რომ 15 °C ტემპერატურაზე დაყოვნებულ ხსნარებში მაკრომოლეკულების მოძრაობის სიჩქარე და კონფორმაციული გარდაქმნები შესუსტებულია. 0,468გ CaCl₂-ის შემცველი ხსნარის 25 °C ტემპერატურაზე დაყოვნებული ხსნარებისგან გამოლექილი მემბრანები აღნიშნულია P6, P7, P8, P9, P10 და P11 სიმბოლოებით, ხოლო 0,328 გ CaCl₂-ის შემცველი ხსნარიდან გამოლექილი მემბრანები M6, M7, M8, M9, M10 და M11 სიმბოლოებით. მიღებულ ხსნარებში ნაწილაკების ზომების და ამ კომპოზიციების 25 °C ტემპერატურაზე დაყოვნების შემდეგ გამოლექილი მემბრანების მახასიათებლები მოცემულია ცხრ. 2-ში.

მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ CaCl₂-ის განსხვავებული შედგენილობის პოლიმერული კომპოზიციების 25 °C ტემპერატურაზე დაყოვნების შემდეგ გამოლექილი მემბრანების ხვ.წარმადობის მინიმალური და მაქსიმალური მნიშვნელობები ფიქსირდება დროის განსხვავებულ მონაკვეთებში.

ცხრილი 2. 0,468 გ CaCl₂-ის და 0,328 გ CaCl₂ შემცველობის პოლიმერული კომპოზიციის ნაწილაკების ზომების და ამ კომპოზიციების 25 °C ტემპერატურაზე დაყოვნების შემდეგ გამოლექილი მემბრანების მახასიათებლები.

კომპოზიციის დაყოვნების დრო/სთ	მემბრანა	ნაწილაკის ზომა (ნმ)	ინტენს.%	PDI	Z-ave	მემბრანის ხვ. წარმადობა ლ/მ ² სთ	ფორის ზომა, მკმ
24	P6	15,89 8,402 1152	60,0 20,22 19,8	0,621	4127	896	1,68
72	P7	615,1 6,131 17,57	48,9 36,8 14,2	1	3313	664	2,61
96	P8	23,89 21,58	63,1 21,4 9,3	0,778	5968	880	1,88
120	P9	615,4 7,576 20,11	46,2 42,1 11,7	0,773	5260	800	1,97
144	P10	605,1 7,576 19,07	48,9 42,1 11,7	1	2753	780	2,02
168	P11	5,676	100	1	1163	728	2,13
24	M6	6,776 3026 38,46	55,1 31,1 13,8	0,734	369,3	624	1,92
72	M7	5,615	100	1	2372	656	2,18
96	M8	7,489 0,9649	93,8 6,2	1	1159	677	2,25
120	M9	12,527 0,6213	94,5 5,5	1	1054	920	2,48
144	M10	12,14 4,962	71,8 28,2	1	961	632	2,45
168	M11	14,18 5,373	69,9 30,1	0,561	824	512	1,76

დადგენილია, რომ 15 °C-ზე დაყოვნებული ორივე შედგენილობის ხსნარიდან გამოლექილი მემბრანების ხვ. წარმადობების მნიშვნელობები იდენტურია. 25 °C ტემპერატურაზე პოლიმერულ ხსნარებში მაკრომოლეკულების მოძრაობის გააქტიურებით მიმდინარე კონფორმაციული გარდაქმნებით ხსნარებში გამოწვეული ნაწილაკის ზომების და მიღებული მემბრანების სტრუქტურის ცვლილების გამო იზრდება ხვ. წარმადობის მნიშვნელობები და ის აღემატება 15 °C-ზე დაყოვნებული ხსნარებიდან გამოლექილი მემბრანების ხვ. წარმადობას.

ლიტერატურა

- Justin J.Kwok, Kyung Sun Rark, Bijal B. Patel, Rishat Dilmurat, David Belionne, Xiaobing Zuo, Byongdu Lee, Ying Diao. Understanding Solution State Conformation and Aggregate Structure of Conjugated Polymers via Small Angle X-ray via Scattering. // Macromolecules 2022, 55, 11, pp. 4353-4366.
- Xiabo Dong, David Lu, Tequila A.L. Harris, Isabel C. Escobar, Polymers and Solvents Used in Membran Fabrication: A Review Focusing on Sustainable Membrane Development. // Membrane, 2021, 11 (309.5).
- Hiroshi Yabu, Self-assembled Materials Self-organized precipitation: an emerging method for preparation of unique polymer particles. // Polymer Journal 2013, volume 45, pp. 261-268 .

4. Chengtao Yu, Qing Xie, Yongzhong Bao, Guorong Shan, Pengju Pan. Crystalline and Spherulitic Morphology of Polymer Crystallized in Confined Systems, *Crystals*, 2017, 7(5) 147. <https://doi.org/10.3390/cryst7050147>.

SUMMARY

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF POLYMER CONFORMATION ON THE CHARACTERISTICS OF MICROFILTRATION MEMBRANES

Bibileishvili G.V., Gogesashvili N.N., Kezherashvili M.G., Mamulashvili M.A. and Kakabadze E.G.

Engineering Institute of Membrane Technology of Georgian Technical University

In the paper, the effect of conformational changes on the characteristics of the obtained membranes was studied by pouring polymer compositions of membranes of different compositions aged for ten days at 15 °C and 25 °C. It is determined that the values of other performances of the membranes precipitated from solutions of both compositions delayed at 15 °C are identical. Due to the change in the size of the particles in the solution and the structure of the obtained membranes caused by the activation of the movement of macromolecules in polymer solutions at a temperature of 25 °C, the performance values are higher than those obtained at 15 °C.

Keywords: polymer conformation, microfiltration membranes, investigation, polymer compositions, macromolecules.

ულტრაფილტრაციული პროცესის კვლევა მემბრანულ სისტემაში
ლაბინარული ნაკადის პირობებში

ბიბლიოგრაფიული გ.ვ., კეჟერაშვილი მ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., გოგესაშვილი ნ.ნ., კაკაბაძე ე.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო
ინსტიტუტი

სასმელი წყლების დაბინძურება აღიარებულია თანამედროვე მსოფლიოს მთავარ გამოწვევად, რაც საფრთხეს უქმნის მოსახლეობის ჯანმრთელობას. წყლის სანიტარული ნორმების დაცვა, სასურსათო უსაფრთხოება, ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო გარემოს შექმნისათვის აუცილებელია მემბრანული ტექნიკის და ტექნოლოგიების თანამედროვე ნანოსისტემების დამუშავება და ათვისება მაღალხარისხოვანი სასმელი წყლის მიღებისათვის [1-3]. მაღალი წარმადობის, ექსპლოატაციის ხანგრძლივი ვადის მქონე მემბრანული დანადგარების შექმნისათვის მნიშვნელოვანია მემბრანული აპარატების კონსტრუქციის ცვლილება და მუდმივი განახლება. მემბრანულ ტექნოლოგიაში ბარომემბრანული გაყოფის პროცესების განსახორციელებლად შექმნილ მოწყობილობებში მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება ნაკადების ჰიდროდინამიკის თეორიულ შესწავლას, რომელიც ეფუძნება ექსპერიმენტულ კვლევებს.

ცხრილი 1. Re - რეინოლდსის რიცხვი და ხარჯი- Q სადანეო საკნის სიმაღლის მიხედვით

V, მ/წმ	0,5	1	1,265	1,5	2,04	2,5	3,02	4	5	5,94
h=0,2მმ $F=B \times h=12 \times 0,2=2,4 \text{ მმ}^2=2,4 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $\chi=2B+2h=24+0,4=24,4 \text{ მმ}=24,4 \times 10^{-3}$; $R=\frac{F}{\chi}=\frac{2,4}{24,4} \approx 0,09836 \text{ მმ}=0,09836 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $d=4 \times R=0,3913 \text{ მმ}=0,39344 \times 10^{-3} \text{ მ}$; 										
$v \times d$ (მ)	0,196 $\times 10^{-3}$	0,393 $\times 10^{-3}$	0,497 $\times 10^{-3}$	0,59 $\times 10^{-3}$	0,802 $\times 10^{-3}$	0,983 $\times 10^{-3}$	1,188 $\times 10^{-3}$	1,574 $\times 10^{-3}$	1,967 $\times 10^{-3}$	2,331 $\times 10^{-3}$
Re	196	392	496	587	799	980	1183	1567	1959	2328
Q (მ ³ /წმ)	1,2 $\times 10^{-6}$	2,4 $\times 10^{-6}$	3,03 $\times 10^{-6}$	3,6 $\times 10^{-6}$	4,89 $\times 10^{-6}$	6,0 $\times 10^{-6}$	7,248 $\times 10^{-6}$	9,6 $\times 10^{-6}$	12,0 $\times 10^{-6}$	14,26 $\times 10^{-6}$
h=0,4მმ $F=B \times h=12 \times 0,4=4,8 \text{ მმ}^2=4,8 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $\chi=2B+2h=24+0,8=24,8 \text{ მმ}=24,8 \times 10^{-3}$; $R=\frac{F}{\chi}=\frac{4,8}{24,8} \approx 0,19158 \text{ მმ}=0,19354 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $d=4 \times R=0,77419 \text{ მმ}=0,7719 \times 10^{-3} \text{ მ}$; 										
$v \times d$ (მ)	0,386 $\times 10^{-3}$	0,77 $\times 10^{-3}$	0,97 $\times 10^{-3}$	1,157 $\times 10^{-3}$	1,574 $\times 10^{-3}$	1,930 $\times 10^{-3}$	2,331 $\times 10^{-3}$	3,086 $\times 10^{-3}$	3,859 $\times 10^{-3}$	4,585 $\times 10^{-3}$
Re	384	768	972	1153	1568	1922	2321	3075	3844	4567
Q (მ ³ /წმ)	2,4 $\times 10^{-6}$	4,8 $\times 10^{-6}$	6,07 $\times 10^{-6}$	7,2 $\times 10^{-6}$	9,79 $\times 10^{-6}$	12 $\times 10^{-6}$	14,49 $\times 10^{-6}$	19,2 $\times 10^{-6}$	24 $\times 10^{-6}$	28,51 $\times 10^{-6}$
h=0,6მმ $F=B \times h=12 \times 0,6=7,2 \text{ მმ}^2=7,2 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $\chi=2B+2h=24+1,2=25,2 \text{ მმ}=25,2 \times 10^{-3}$; $R=\frac{F}{\chi}=\frac{7,2}{25,2} \approx 0,28541 \text{ მმ}=0,28541 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $d=4 \times R=1,1428 \text{ მმ}=1,1428 \times 10^{-3} \text{ მ}$; 										
$v \times d$ (მ)	0,571 $\times 10^{-3}$	1,142 $\times 10^{-3}$	1,44 $\times 10^{-3}$	1,714 $\times 10^{-3}$	2,331 $\times 10^{-3}$	2,85 $\times 10^{-3}$	3,451 $\times 10^{-3}$	4,571 $\times 10^{-3}$	5,714 $\times 10^{-3}$	6,78 $\times 10^{-3}$
Re	569	1138	1440	1707	2322	2846	3437	4552	5691	6761
Q (მ ³ /წმ)	3,6 $\times 10^{-6}$	7,2 $\times 10^{-6}$	9,10 $\times 10^{-6}$	10,8 $\times 10^{-6}$	14,69 $\times 10^{-6}$	18 $\times 10^{-6}$	21,74 $\times 10^{-6}$	28,8 $\times 10^{-6}$	36 $\times 10^{-6}$	42,76 $\times 10^{-6}$

წყლის ულტრაფილტრაციული პროცესის ოპტიმალური რეჟიმული პარამეტრების დასადგენად და მემბრანული ლაბორატორიული დანადგარის მუშა კვანძის გეომეტრიული

დაგეგმარებისათვის განხორციელდა სითხის ნაკადის დინების ჰიდროდინამიკური მახასიათებლების თეორიული გათვლა ბრტყლადპარალელური ტიპის სადაწნეო საკნისათვის, რომლის გეომეტრიული ზომებია: სიგანე $B=12$ მმ, სიგრძე $l=32$ მმ, სიმაღლით 0,2 მმ, 0,4 მმ, 0,6 მმ. სადაწნეო საკანში სითხის მოძრაობის დასახასიათებლად გამოყენებული იქნა რეინოლდსის კრიტერიუმი, რომელიც დამოკიდებულია საფილტრაციო სითხის სიბლანტეზე, სადაწნეო საკნის გეომეტრიასა და ნაკადის სიჩქარეზე. კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრ. 1-ში.

თეორიული კვლევების საფუძველზე ულტრაფილტრაციული პროცესის დროს სადაწნეო საკნებში სიმაღლით 0,2 მმ, 0,4 მმ, 0,6 მმ რეინოლდსის კრიტერიუმის ზღვრული მნიშვნელობა ($Re < 2300$) სითხის ნაკადის ლამინარული რეჟიმისათვის შესაბამისად მოიცავს სიჩქარის შემდეგ დიაპაზონებს: 0,5-5,94 მ/წმ; 0,5-3,02 მ/წმ; 0,5-2,04 მ/წმ. დიაპაზონებისთვის შერჩეული სიჩქარის მნიშვნელობებია 0,5 მ/წმ და 2 მ/წმ, რომელთა სათანადო ხვედრითი წარმადობა მოყვანილია ცხრ. 2-ში.

ცხრილი 2. 0,1 მკმ ფორის ზომის მემბრანით FTU-0,03 სიმღვრივის წყლის ულტრაფილტრაციის ხვ. წარმადობის ასიმპტოტური მნიშვნელობები

საკნის სიმაღლე, მმ	წნევა ბარი	სითხის სიჩქარე საკანში, მ/წმ	ხვ. წარმადობა ლ/მ ² სთ
			ლამინარული ნაკადი
0,2	1	0,5	312
		2	420
	1,5	0,5	368
		2	460
0,4	1	0,5	280
		2	360
	1,5	0,5	320
		2	400
0,6	1	0,5	240
		2	290
	1,5	0,5	300
		2	370

ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე, სადაწნეო საკნის სიმაღლით 0,2 მმ ხვ. წარმადობა 1 ბარი წნევის და 0,5 მ/წმ სიჩქარის დროს 15%-ით აღემატება 0,4 მმ, ხოლო 30 %-ით სიმაღლით 0,6 მმ სადაწნეო საკნის პერმეატის მაჩვენებელს.

ნაშრომში განხილულია მაღალი წარმადობის, ექსპლოატაციის ხანგრძლივი ვადის მქონე მემბრანული დანადგარების შექმნისათვის მნიშვნელოვანია მემბრანული აპარატების კონსტრუქციის ცვლილება და მუდმივი განახლება. მემბრანულ ტექნოლოგიაში ბარომემბრანული გაყოფის პროცესების განსახორციელებლად შექმნილ მოწყობილობებში მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება ნაკადების ჰიდროდინამიკის თეორიულ შესწავლას, რომელიც ეფუძნება ექსპერიმენტულ კვლევებს [4,5].

ამრიგად, ულტრაფილტრაციული პროცესის სითხის ნაკადის ლამინარული რეჟიმისათვის მემბრანული დანადგარის სადაწნეო საკნის სიმაღლის, წნევის, სიჩქარის და საცირკულაციო ნაკადის რეგულირებით შესაძლებელია განხორციელდეს ჰიდროდინამიკური მაჩვენებლების ოპტიმიზაცია, რაც განაპირობებს ხვედრითი წარმადობის სტაბილურ, ასიმპტოტურ მაჩვენებლებს ენერჯის მინიმალური დანახარჯების პირობებში. აღწერილი კვლევები უზრუნველყოფს ულტრაფილტრაციის პროცესის მაღალეფექტურობას და მემბრანული დანადგარების ექსპლოატაციის ვადის ამაღლებას, რაც ხელს უწყობს სამამულო წარმოების საწარმოო მემბრანული დანადგარების დამუშავებასა და შექმნას.

ლიტერატურა

1. Bopape, M.; Van Geel, T.; Dutta, A.; Van der Bruggen, B.; Onyango, M. Numerical modelling assisted design of a compact ultrafiltration (UF) flat sheet membrane module. // *Membranes* 2021, 11, 54, pp.1-18 <https://doi.org/10.3390/membranes11010054> [Google Scholar] [CrossRef]
2. Park, G.W.; Nägele, G. Modeling cross-flow ultrafiltration of permeable particle dispersions. // *J. Chem. Phys.*, 2020, 153, 204110, pp. 1-24 [Google Scholar] [CrossRef]
3. Nägele, G.; Dhont, J.K.G.; Voigtmann, T. Theory of colloidal suspension structure, dynamics, and rheology. In *Theory and Applications of Colloidal Suspension Rheology*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2021; pp. 44–119. [Google Scholar]
4. Sun, Y.; Sanaei, P.; Kondic, L.; Cummings, L.J. Modeling and design optimization for pleated membrane filters. // *Phys. Rev. Fluids* 2020, 5, 044306. Published 27 April 2020, pp.1-25 [Google Scholar] [CrossRef]
5. G. Bibileishvili, M. Kezherashvili, N. Gogesashvili, L. Kuparadze, Influence of Some Factors on Characteristics of poly-m-phenyleneisophthalamide membranes-preparation and examination of polyamide membranes, *Oxidation Communications* 2022, No 2, 45, pp. 300-308.

SUMMARY

INVESTIGATION OF THE ULTRAFILTRATION PROCESS IN A MEMBRANE SYSTEM UNDER LAMINAR FLOW CONDITIONS

Bibileishvili G.V., Kezherashvili M.G., Kuparadze L.P., Gogesashvili N.N. and Kakabadze E.G.

Engineering Institute of Membrane Technology of Georgian Technical University

The article deals with theoretical and experimental studies conducted to determine the optimal mode parameters of the process of ultrafiltration of water and geometric planning of the working unit of the membrane laboratory equipment. It is determined that for the laminar mode of liquid flow of the ultrafiltration process, adjusting the height, pressure, speed, and circulation flow of the bar camera of the membrane device, it is possible to optimize the hydrodynamic performance, which leads to stable, asymptotic indicators of specific productivity in conditions of minimum energy consumption. The research provides high efficiency of the ultrafiltration process and increases the service life of membrane units, which contributes to the design and development of domestically produced membrane units.

Keywords: membrane, hydrodynamic performance, water, membrane units.

**მემბრანის ზედაპირზე დანალექის წარმოქმნის მექანიზმის შესწავლა
ულტრაფილტრაციის პროცესის ლამინარული ნაკადის პირობებში**

ბიბილეიშვილი გ.ვ., ებანოიძე ლ.ო., ყუფარაძე ლ.პ., კეკერაშვილი მ.გ., ბუთხუზი თ.გ.

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო
ინსტიტუტი**

ბუნებრივი წყლის ფილტრაციისას მემბრანული აპარატის ინტენსიური მუშაობის პროცესში ვლინდება აპარატის რეჟიმული პარამეტრების და წარმადობის დინამიკის დარღვევა, შეიმჩნევა ექსპლუატაციის ვადების შემცირება, რაც გამოწვეულია მემბრანის ზედაპირზე გრანულომეტრიული ტიპის დანალექის წარმოქმნით. ფილტრაციის პროცესში წყალში არსებული ბაქტერიები (0,5–10 მკმ), რიკეტსიები (0,4–1,0 მკმ), ვირუსები (200–400 ნმ), სოკოები (3–50 მკმ), ლამის მყარი ნაწილაკები ($27 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-4}$ ნმ), თიხა პულერი (500–200 ნმ), უმარტივესი წყალმცენარეები, ჰუმუსური ნივთიერებები (6-80 ნმ) და წვრილი ნაწილაკები აკუმულირდებიან მემბრანის ზედაპირზე, ახშობენ მემბრანის ფორებს და წარმოქმნიან დანალექის ფენას, რაც იწვევს ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობის გაზრდას, გაყოფის პროცესის ძირითადი მახასიათებლების გაღწევადობის, სელექტიურობის და ხვედრითი წარმადობის შემცირებას.

მემბრანაზე წარმოქმნილი დანალექი განიხილება როგორც მისი ზედაპირის დაბინძურება, რომლის ფორმირება მიმდინარეობს შემდეგი მექანიზმით: 1) მემბრანის ფორების შეკუმშვა (ბუნებრივ წყალში არსებული შედარებით მცირე ზომის ნაწილაკების ადსორბცია მემბრანის ფორებში); 2) ფორების ჩაკეტვა (ცალკეული ფორების ბლოკირება ნაწილაკებით, რომელთა ზომები მიახლოებულია მემბრანის ფორის ზომასთან); 3) დანალექის ფენის წარმოქმნა (დალექილი მყარი ნაწილაკების დაგროვება მემბრანის ზედაპირზე) [1-2]. ცხრ. 1-ში მოყვანილია მემბრანის დაბინძურების მექანიზმები.

ცხრილი 1. მემბრანის დაბინძურების მექანიზმები

კანონზომიერება	აღწერა
სრული ბლოკირება (ფორების დახშობა)	ნაწილაკების მიერ ფორების დახშობა: $d_{\text{ნაწილაკი}} = d_{\text{ფორა}}$ ნაწილაკები არ აკუმულირდებიან ერთმანეთზე
შუალედური ბლოკირება (ადსორბცია ხანგრძლივი დროის განმავლობაში)	ნაწილაკები აკუმულირდებიან ერთმანეთზე და ახშობენ და ახშობენ ფორებს: $d_{\text{ნაწილაკი}} = d_{\text{ფორა}}$
სტანდარტული ბლოკირება (პირდაპირი ადსორბცია)	ნაწილაკები განლაგდებიან ფორის შიდა კედლებზე, ფორის ზომების შემცირებით: $d_{\text{ნაწილაკი}} < d_{\text{ფორა}}$

ცხრილი 2. მოდელურ ხსნარებში, სასმელ და ბუნებრივ წყალებში არსული ნაწილაკების საშუალო ზომები, მათი ნაწილაკების ზომების პროცენტული თანაფარდობა და სიმღვრივე

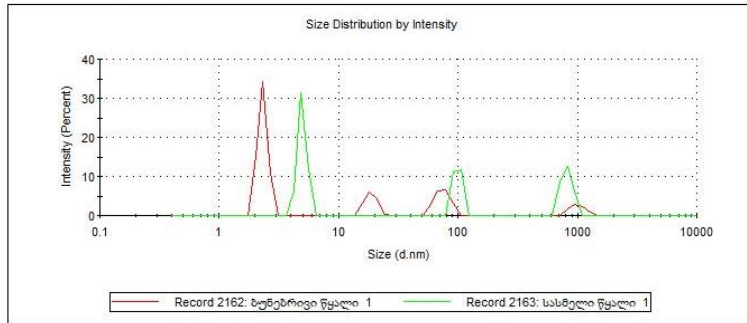
ბუნებრივი წყლის სიმღვრივე, NTU	პიკი 1, ნმ	%	პიკი 2, ნმ	%	პიკი 3, ნმ	%
0,45	2,313	60,2	74,14	18,6	18,59	13,5
0,75	4,948	49,7	820,4	27,6	96,70	22,8
1,0	245,0	100	—	—	—	—
2,0	409,0	74,2	4,187	9,9	1,589	9,8
3,0	1058	53,4	290,9	36,7	10,28	9,9

ნაშრომში განხილულია ბუნებრივი წყლის ფილტრაციის პროცესში მემბრანის ზედაპირზე დანალექის წარმოქმნის მექანიზმი. მემბრანაზე წარმოქმნილი დანალექის გრანულომეტრიული შედგენილობის განსაზღვრისათვის შესწავლილია ბუნებრივი წყლის

ნიმუშები და მოდელური ხსნარები ნანონაწილაკების მზომ ანალიზატორზე Zetasizer Nano 3690, რომლის შედეგები მოყვანილია ცხრ. 2-ში. მოდელური ხსნარები დამზადებულია ბუნებრივი და ჩამდინარე წყლების სათანადო კლასიფიკატორის მიხედვით.

	Size (d.nm):	% Intensity:	St Dev (d.nm):
Z-Average (d.nm): 139.3	Peak 1: 4.948	49.7	0.4316
Pdl: 0.418	Peak 2: 820.4	27.6	88.78
Intercept: 0.789	Peak 3: 99.70	22.8	7.212

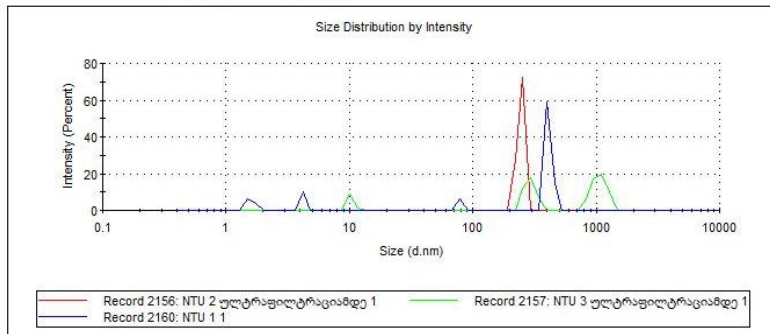
Result quality : Refer to quality report



სურათი 1. სასმელი და ბუნებრივი წყლის გრანულომეტრული შედეგნილობა

	Size (d.nm):	% Intensity:	St Dev (d.nm):
Z-Average (d.nm): 924.6	Peak 1: 1058	53.4	141.0
Pdl: 1.000	Peak 2: 290.9	36.7	30.11
Intercept: 0.876	Peak 3: 10.28	9.9	0.5100

Result quality : Refer to quality report



სურათი 2. NTU 1, NTU 2 და NTU 3 სიმღვრივის ხსნარების გრანულომეტრული შედეგნილობა

ანალიზატორზე მიღებულმა ექსპერიმენტულმა შედეგებმა საშუალება მოგვცა მოგვეხდინა მემბრანის ზედაპირზე წარმოქმნილი დანალექის კლასიფიკაცია ბუნებრივ წყალში არსებული იონების, წვრილდისპერსიული და კოლოიდური მინარევების მიხედვით, ნაწილაკის ზომების 0,3—50000 ნმ დიაპაზონში. განსხვავებული სიმღვრივის ბუნებრივ წყალში ანალიზატორზე განსაზღვრული 1,589 ნმ-დან 9,9 ნმ-მდე, 10,28 ნმ-დან 96,70 ნმ-მდე და 245,0 ნმ-დან 1058 ნმ-მდე ზომის ნაწილაკების საფუძველზე დამუშავდა ბარომემბრანული პროცესების კვლევისათვის სათანადო კლასიფიკატორი.

მემბრანული დანადგარის ტექნიკურ-ეკონომიური მაჩვენებლების გაუმჯობესების და საექსპლოატაციო ვადის გახანგრძლივებისათვის შესწავლილია სადაწნეო საკნის გეომეტრიისა და მასში განვითარებული სითხის მოძრაობის ლამინარული ნაკადის გავლენა მემბრანული დანადგარის ხვედრით წარმადობაზე [3-7]. ჩატარებულია ბუნებრივი წყლის ულტრაფილტაცული გაყოფის პროცესის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევები ლამინარული ნაკადის, ცვალებადი წნევის, სიჩქარისა და საცირკულაციო ნაკადის (რეტენტატი) პირობებში. ექსპერიმენტული კვლევისას გამოყენებულია ულტრაფილტაცული მემბრანები და მემბ-

რანული ტექნოლოგიების საინჟინრო ინსტიტუტში შექმნილი ლაბორატორიული დანადგარი MTSI-JM-5, რომლის სადაწნეო საკნის ზომებია: სიგრძე $l = 30 \text{ მმ} = 30 \times 10^{-3} \text{ მ}$, სიგანე $B = 9 \text{ მმ} = 9 \times 10^{-3} \text{ მ}$, ხოლო შესასვლელი კვეთის სიმაღლეა: $h_1 = 0,2 \text{ მმ} = 0,2 \times 10^{-3} \text{ მ}$, $h_2 = 0,4 \text{ მმ} = 0,4 \times 10^{-3} \text{ მ}$, $h_3 = 0,6 \text{ მმ} = 0,6 \times 10^{-3} \text{ მ}$. კვლევისათვის შერჩეულ იქნა 0,1 მკმ ფორის ზომის მემბრანა ხვედრითი წარმადობის სტაბილური და ოპტიმალური მაჩვენებლის მიხედვით მოცემულია ცხრ. 3-ში.

ცხრილი 3. სასმელი და ბუნებრივი წყლის ულტრაფილტრაციის პროცესში 0,025; 0,05 და 0,1 მკმ ფორის ზომის მემბრანის ხვედრითი წარმადობა

მემბრანის ფორის ზომა, მკმ	მემბრანის ხვედრითი წარმადობა, J, ლ/მ ² სთ	
	ულტრაფილტრაციის პროცესის ლამინარული ნაკადის პირობები	
	სასმელი წყალის	ბუნებრივი წყალის
0,025	100	75
0,05	120	90
0,1	400	300

ულტრაფილტრაციული გაყოფის პროცესის თეორიული კვლევისას გამოყენებულია რეინოლდსის რიცხვი სადაწნეო საკანში წყლის მოძრაობის დასახასიათებლად. რეინოლდსის რიცხვი განისაზღვრა სადაწნეო საკნის გეომეტრიით, საშუალო სიჩქარით და კინემატიკური სიბლანტით სხვადასხვა სიჩქარით მოძრავი სითხის ლამინარული ნაკადისათვის, რომლის მნიშვნელობები წარმოდგენილია ცხრ. 4-ში.

ცხრილი 4. სადაწნეო საკნის გეომეტრიული და რეჟიმული პარამეტრები

v (მ/წმ)	0,5	1,0	1,5	1,75	2,5	2,6	4,0	5,0
$h=0,2 \text{ მმ}$ $F = B \times h = 9 \times 0,2 = 1,8 \text{ მმ}^2 = 1,8 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $\chi = 2B \times 2h = 18 \times 0,4 = 18,2 \text{ მმ}^2 = 18,2 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $R = \frac{F}{\chi} = \frac{1,8}{18,2} \approx 0,09782 \text{ მმ} = 0,09782 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $d = 4 \times R = 0,391304 \text{ მმ} = 0,391304 \times 10^{-3} \text{ მ}$;								
$v \times d$ (მ ² /წმ)	$0,1956 \times 10^{-3}$	$0,3913 \times 10^{-3}$	$0,5869 \times 10^{-3}$	$0,6847 \times 10^{-3}$	$0,9782 \times 10^{-3}$	$1,017 \times 10^{-3}$	$1,5652 \times 10^{-3}$	$1,956 \times 10^{-3}$
Re	194	389	584	682	974	1013	1559	1948
Q (მ ³ /წმ)	$0,9 \times 10^{-6}$	$1,8 \times 10^{-6}$	$2,7 \times 10^{-6}$	$3,325 \times 10^{-6}$	$4,5 \times 10^{-6}$	$4,68 \times 10^{-6}$	$7,2 \times 10^{-6}$	$9,0 \times 10^{-6}$
$h=0,4 \text{ მმ}$ $F = B \times h = 9 \times 0,4 = 3,6 \text{ მმ}^2 = 3,6 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $\chi = 2B \times 2h = 18 \times 0,8 = 18,8 \text{ მმ}^2 = 18,8 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $R = \frac{F}{\chi} = \frac{3,6}{18,8} \approx 0,191489 \text{ მმ} = 0,191489 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $d = 4 \times R = 0,7659574 \text{ მმ} = 0,7659574 \times 10^{-3} \text{ მ}$;								
$v \times d$ (მ ² /წმ)	$0,3829 \times 10^{-3}$	$0,7659 \times 10^{-3}$	$1,1489 \times 10^{-3}$	$1,3404 \times 10^{-3}$	$1,9148 \times 10^{-3}$	$21,9914 \times 10^{-3}$	—	—
Re	381	762	1144	1335	1907	1983	—	—
Q (მ ³ /წმ)	$1,8 \times 10^{-6}$	$3,6 \times 10^{-6}$	$5,4 \times 10^{-6}$	$6,3 \times 10^{-6}$	$0,9 \times 10^{-6}$	$9,36 \times 10^{-6}$	—	—
$h=0,6 \text{ მმ}$ $F = B \times h = 9 \times 0,6 = 5,4 \text{ მმ}^2 = 5,4 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $\chi = 2B \times 2h = 18 \times 1,2 = 19,2 \text{ მმ}^2 = 19,2 \times 10^{-6} \text{ მ}^2$; $R = \frac{F}{\chi} = \frac{5,4}{19,2} \approx 0,28125 \text{ მმ} = 0,28125 \times 10^{-3} \text{ მ}$; $d = 4 \times R = 1,125 \text{ მმ} = 1,125 \times 10^{-3} \text{ მ}$;								
$v \times d$ (მ ² /წმ)	$0,5627 \times 10^{-3}$	$1,125 \times 10^{-3}$	$1,68752 \times 10^{-3}$	$1,968 \times 10^{-3}$	—	—	—	—
Re	569	1120	1680	1960	—	—	—	—
Q (მ ³ /წმ)	$2,7 \times 10^{-6}$	$5,4 \times 10^{-6}$	$8,1 \times 10^{-6}$	45×10^{-6}	—	—	—	—

თეორიულმა გათვლებმა აჩვენა, რომ 0,2 მმ, 0,4 მმ და 0,6 მმ სიმაღლის სადაწნეო საკანში, 0,5 მ/წმ, 1,0 მ/წმ, 1,5 მ/წმ, 1,75 მ/წმ, 2,5 მ/წმ, 2,6 მ/წმ, 4,0 მ/წმ, 5,0 მ/წმ სიჩქარით მოძრავ სითხის ნაკადს შეესაბამება რეინოლდსის რიცხვი, რომლის მნიშვნელობა <2000-ზე ნაკლებია, რაც სადაწნეო საკანში ლამინარულ რეჟიმზე მიუთითებს.

დანალექის წარმოქმნის მექანიზმის შესასწავლად ჩატარებულია NTU 0,45 სიმღვრივის ბუნებრივი წყლის ულტრაფილტრაცია განსხვავებული სიმაღლის სადაწნეო საკანში, ცვალებადი წნევის და სიჩქარით მოძრავი სითხის ნაკადის პირობებში, 0,1 მკმ ფორის ზომის მემბრანაზე. კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრ. 5-ში.

ცხრილი 5. 0,1 მკმ ფორის ზომის მემბრანით FTU 0,45 სიმღვრივის ბუნებრივი წყლის ულტრაფილტრაციის ხვედრითი წარმადობის ასიმპტოტური მნიშვნელობები ლამინარული ნაკადის პირობებში

სადაწნეო საკანის სიმაღლე, h, მმ	წნევა, P, ბარი	ულტრაფილტრაციული პროცესის ლამინარული ნაკადის პირობებში	
		სითხის სიჩქარე საკანში, V მ/წმ	ხვედრითი წარმადობა, J, ლ/მ ² სთ
0,2	1,0	1,0	300
		2,5	360
	1,5	1,0	320
		2,5	390
0,4	1,0	1,0	240
		2,5	280
	1,5	1,0	265
		2,5	300
0,6	0,5	1,0	180
		2,5	220
	1,0	1,0	210
		2,5	250

ექსპერიმენტულმა კვლევის შედეგებმა გამოავლინა ხვედრითი წარმადობის მაქსიმალური ასიმპტოტური მნიშვნელობა (390 ლ/მ²სთ) სადაწნეო საკანის 0,2 მმ სიმაღლის, 1,5 ბარი წნევის, 2,5 მ/წმ სიჩქარის სითხის ლამინარული დინების პირობებში.

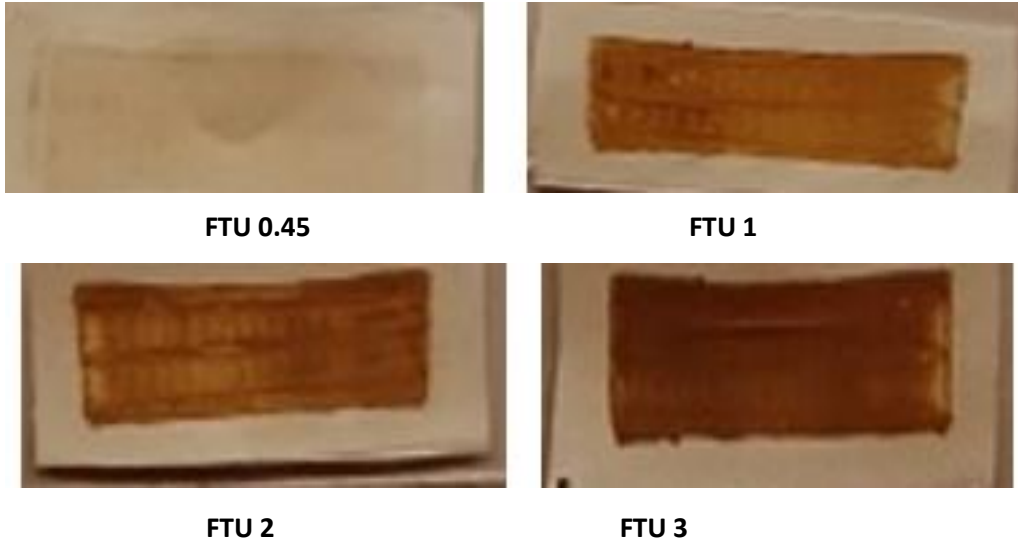
ბუნებრივი წყლის ულტრაფილტრაციის ლამინარული ნაკადისათვის მიზანშეწონილი არ არის სადაწნეო საკანის ისეთი გეომეტრია, რომლის სიმაღლეა 0,4 მმ და 0,6 მმ, რადგან 1,0 ბარზე მეტი წნევა და სითხის ნაკადის 1,5 მ/წმ-მდე სიჩქარის განვითარება იწვევს მემბრანული სისტემის დეტალუბისა და მემბრანების მექანიკურ რხევებს, რაც ულტრაფილტრაციის განხორციელებისათვის არ არის რაციონალური. ენერგიის მინიმალური დანახარჯების თვალსაზრისითაც არარენტაბელური. ამიტომ თეორიული გათვლების ანალიზის საფუძველზე, შერჩეულ იქნა ულტრაფილტრაციისათვის 0,2 მმ სიმაღლის სადაწნეო საკანი და 300 ლ/მ²სთ ხვედრითი წარმადობის მქონე 0,2 მკმ ზომის ფორის მქონე მემბრანა.

ცხრილი 6. განსხვავებული სიმღვრივის ბუნებრივი წყლის ულტრაფილტრაციის შედეგად მიღებული 0,1 მკმ ფორის ზომის მემბრანის ხვედრითი წარმადობა

მოდულური ხსნარის სიმღვრივე, FTU	წარმადობა, ლ/სთმ ²	ფილტრატის სიმღვრივე, FTU
FTU0.45	300	0,01
FTU1	265	0,02
FTU2	230	0,03
FTU3	200	0,04

დაბინძურებული მემბრანის სტრუქტურის კვლევისათვის განხორციელებულია მემბრანებზე ვიზუალური დაკვირვება და მასკანირებელი (ტუნელური) მიკროსკოპზე (Certus Standard V) შესწავლა [8]. კვლევისას დადგენილია FTU 0.45, FTU 1, FTU 2 და FTU 3 სიმღვრივის ბუნებრივი წყლის ულტრაფილტრაციისას 0,1 მკმ ფორის ზომის მემბრანის ხვედრითი წარმადობის ასიმპტოტური მნიშვნელობები, რომელიც მოყვანილია ცხრ. 6-ში.

მემბრანებზე ვიზუალურმა დაკვირვამ ცხადყო, რომ ულტრაფილტრაციის შემდეგ მემბრანებზე წარმოქმნილი დანალექი ერთმანეთისგან განსხვავდება სისქით და შეფერილობით (სურ. 3).



სურათი 3. FTU 0.45, FTU 1, FTU 2 და FTU 3 სიმღვრივის ბუნებრივი წყლების ულტრაფილტრაციის შედეგად მემბრანის ზედაპირზე წარმოქმნილი დანალექი

მიკროგრაფიული გამოსახულებების შედარებამ და შესწავლამ გამოავლინა მემბრანების მიკრორელიეფებს შორის სხვაობა.

FTU 0.45 სიმღვრივის ბუნებრივი წყლის ულტრაფილტრაციის შემდეგ, შენარჩუნებულია მემბრანის ფოროვანი სტრუქტურა, დალექილია 100 ნმ-ზე მცირე ზომის ნაწილაკები. მემბრანის ხვედრითი წარმადობის ასიმპტოტური მაჩვენებელი 300 ლ/მ²სთ-ია (სურ. 4).

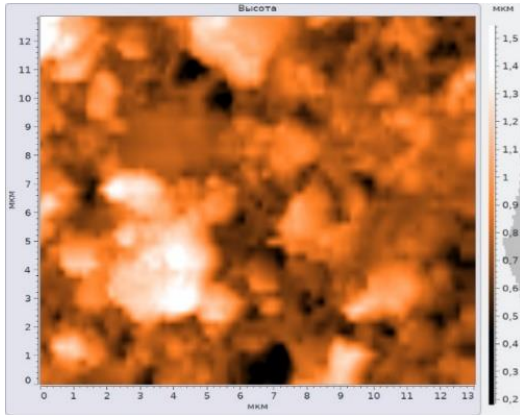
FTU 1 სიმღვრივის ბუნებრივი წყლის ულტრაფილტრაციის შემდეგ, მემბრანის სტრუქტურის ერთგვაროვნება დარღვეულია, 245,0 ნმ ზომის ნაწილაკებმა უმნიშვნელოდ დაახშო მემბრანის ფორები, რამაც დანალექის ფენის წარმოქმნის შესაძლებლობა შექმნა და შეამცირა ხვედრითი წარმადობის ასიმპტოტური მაჩვენებელი 265 ლ/მ²სთ-მდე (სურ. 5).

FTU 2 სიმღვრივის ბუნებრივი წყლის ულტრაფილტრაციის შემდეგ, 409,0 ნმ ზომის ნაწილაკებმა მემბრანაზე წარმოიქმნა დანალექის 210 ნმ სისქის ფენა, ნაწილობრივ დაახშო მემბრანის ფორები და შეამცირა ხვედრითი წარმადობის ასიმპტოტური მაჩვენებელი 230 ლ/მ²სთ-მდე (სურ. 6).

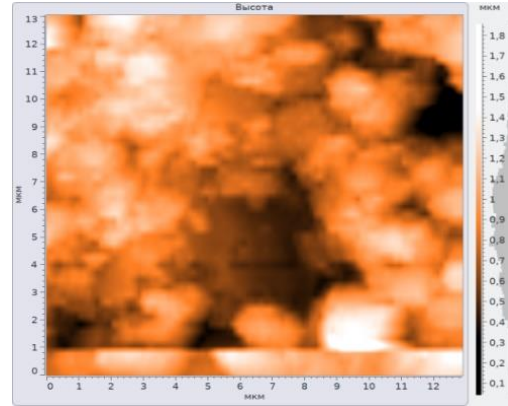
FTU 3 სიმღვრივის ბუნებრივი წყლის ულტრაფილტრაციის შემდეგ 1058 ნმ ზომის ნაწილაკებმა დაფარა მემბრანის მთლიანი ზედაპირი, მთლიანად დაახშო მემბრანის ფორები, დანალექის ფენის სისქე გაზარდა 215 ნმ-მდე და შეამცირა ხვედრითი წარმადობის ასიმპტოტური მაჩვენებელი 200 ლ/მ²სთ-მდე (სურ. 7).

მასკანირებულ ზონდურ მიკროსკოპზე კვლევისას დადგინდა, რომ ულტრაფილტრაცია მიმდინარეობს თავდაპირველად მემბრანის ფორების ნაწილობრივი, შემდეგ სრული დახშობით, ფილტრაციის ციკლის სრულდება ნალექის წარმოქმნით, ბუნებრივი წყლების

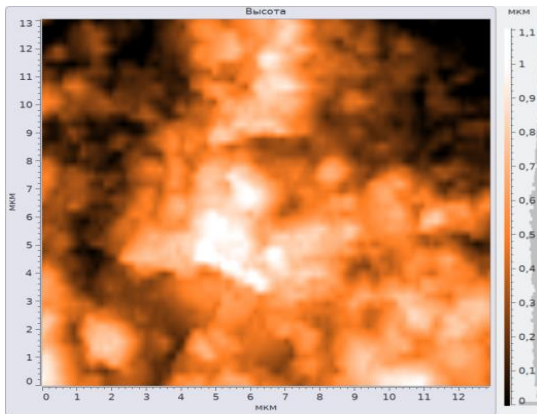
სიმღვრივის ზრდასთან ერთად მცირდება ხვედრითი წარმადობების ასიმტოტური მნიშვნელობები.



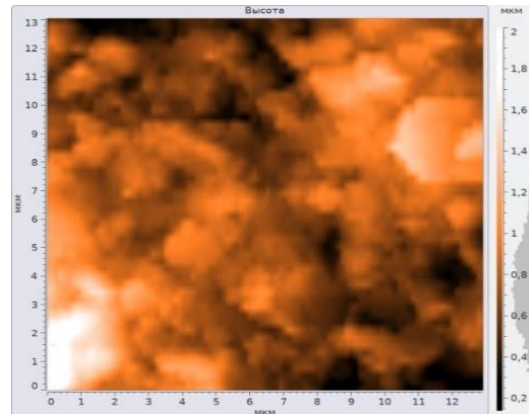
სურათი 4. მემბრანის ზედაპირის 2D გამოსახულება FTU 0.45 სიმღვრივის ულტრაფილტრაციის შემდეგ



სურათი 5. მემბრანის ზედაპირის 2D გამოსახულება FTU 1 სიმღვრივის ულტრაფილტრაციის შემდეგ



სურათი 6. მემბრანის ზედაპირის 2D გამოსახულება FTU 2 სიმღვრივის ულტრაფილტრაციის შემდეგ



სურათი 7. მემბრანის ზედაპირის 2D გამოსახულება FTU 3 სიმღვრივის ულტრაფილტრაციის შემდეგ

ამრიგად, ბუნებრივი წყლის ფილტრაციისას მემბრანაზე დანალექის წარმოქმნის მექანიზმის შესწავლისას დამუშავდა ბარომემბრანული პროცესების კვლევისათვის სათანადო კლასიფიკატორი, დადგინდა სადაწნეო საკანისათვის გეომეტრიული და რეჟიმული პარამეტრები, რაც შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას მაღალი წარმადობის და ექსპლოატაციის ხანგრძლივი ვადის მქონე მემბრანული დანადგარების დაპროექტებისათვის.

ლიტერატურა

1. Zularisam A.W., Ismail A.F., Salin R. Behaviors of natural organic matter in membrane filtration for surface water treatment – a review. Desalination 194 (2006) 211-231.
2. Shafer A.I., Fane A.G., Wait T.D. Fouling effect on rejection in the membrane filtration of natural waters. Desalination, 131 (2000) 215-224.
3. Hongzhan Di, Gregory J. O. Martin, Dave E. Dunstan. Characterization of particle deposition during crossflow filtration as influenced by permeate flux and crossflow velocity using a microfluidic filtration system. Front. Chem. Sci. Eng., 2021, 15(3), pp. 552–561.

4. Di H, Martin G J, Sun Q, Xie D, Dunstan D E. Detailed, real-time characterization of particle deposition during crossflow filtration as influenced by solution properties. *Journal of Membrane Science*, 2018, 555, pp. 115-124.
5. Shirazian, S.; Rezakazemi, M.; Marjani, A.; Moradi, S. Hydrodynamics and mass transfer simulation of wastewater treatment in membrane reactors. *Desalination* 2012, 286, pp. 290-295.
6. ბიბილეიშვილი გ.ვ., კეჟერაშვილი მ.გ., ყუფარაძე ლ.პ., ჯავაშვილი ზ.დ. მიკროფილტრაციულ პროცესებში ნაკადის ჰიდროდინამიკის კვლევა მემბრანული სისტემების სადაწნეო საკნის ოპტიმალური გეომეტრიული კონფიგურაციის შესწავლისათვის. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, 2023, №2, ტ.98, გვ.57-58.
7. 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, №3, ტ.99, გვ.69-72.
8. Morphology and microtopology of cation-exchange polymers and the origin of the overlimiting current. /J. Balster [et al.] //J. Phes. Chem. B. 2007, Vol. 111, pp. 2152-2165

SUMMARY

STUDY OF THE MECHANISM OF PRECIPITATION FORMATION ON THE MEMBRANE SURFACE UNDER LAMINAR FLOW CONDITIONS OF THE ULTRAFILTRATION PROCESS

Bibileishvili G.V., Ebanoidze L.O., Kuparadze L.P., Kezherashvili M.G. and Butkhuzi T.G.

Engineering Institute of Membrane Technology of Georgian Technical University

The paper discusses the mechanism of sediment formation on the surface of the membrane under laminar flow conditions of the ultrafiltration process of natural and wastewater. To determine the granulometric composition of the sediment, natural water samples and model solutions were studied on the Zetasizer Nano 3690 nanoparticle measuring analyzer. Based on the classification, a suitable classifier for the study of baromembrane processes has been developed. For the implementation of the ultrafiltration separation process, the optimal mode parameters of the geometry of the pressure chamber of the membrane device have been established for the implementation of the ultrafiltration separation process. Ultrafiltration of natural water of different turbidity under laminar flow conditions on a membrane with a pore size of 0.1 μm was carried out, and a study of the sediment structure formed on the membrane was carried out using a scanning probe microscope (Certus Standard V).

Keywords: natural water, ultrafiltration, laminar flow, granulometric composition.

მდინარე იორის აუზის წყლის მიკრობიოლოგიური კვლევა

მუშტაკაშვილი ნ.თ., გვარდწითელი ლ.ვ., სურმავა ა.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტი

საქართველოს კანონის „წყლის შესახებ“ მიხედვით უზრუნველყოფილი უნდა იყოს ადამიანის, როგორც ახლანდელი, ისე მომავალი თაობების ჯანმრთელობისათვის ბიოსფეროს შემადგენელი ძირითადი კომპონენტების, მათ შორის წყლის დაცვა და გარემოზე ანთროპოგენული ზემოქმედების რისკების შემცირება [1].

საქართველოს მოსახლეობის უმეტესი ნაწილის სასმელი წყლით მომარაგება ხდება ცენტრალიზებული წყალმომარაგების სისტემიდან. ხოლო მოსახლეობის დანარჩენი ნაწილი სასმელ წყალს იღებს ჭებიდან და წყაროებიდან, რომელიც შესაძლებელია დაბინძურებული იყოს სხვადასხვა ანთროპოგენული წყაროებით. ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის გამოკვლევების შედეგების მონაცემების მიხედვით წყალმომარაგების სისტემის წყალსადენის ქსელშიც მოხვედრილი პათოგენური ბაქტერიების მცირე რაოდენობაც იწვევს დაავადებას.

სასმელ-სამეურნეო და ტექნიკური დანიშნულების მიხედვით გამოყენებული წყლის ხარისხი უნდა აკმაყოფილებდეს გარკვეულ სანიტარულ-ჰიგიენურ მოთხოვნებს. ვინაიდან ღია წყალსაცავები ხშირად ბინძურდება სხვადასხვა შემადგენლობის ჩამდინარე წყლებითა და საყოფაცხოვრებო წყლებით, ასევე მდინარის ნაპირზე უსანქციოდ არსებული ნაგავსაყრელებით, რომლებიც შესაძლებელია შეიცავდეს სხვადასხვა ინფექციური დაავადების გამომწვევ მოკროორგანიზმებს. ლიტერატურული მონაცემებით ბაქტერიები ძირითადად იყოფა ორ ჯგუფად: საპროფიტებად ანუ უზნებელ და პათოგენებად ანუ დაავადების გამომწვევად. დაბინძურებული წყალი შესაძლებელია გახდეს ბაქტერიალური და ვირუსული დაავადების, განსაკუთრებით ენტეროვირუსებისა და ჰეპატიტის ვირუსების გავრცელების მიზეზი [2].

სასმელი წყლის ბაქტეოროლოგიური დაბინძურება იწვევს პათოლოგიური დაავადების გავრცელებას. წყლის მიკრობიოლოგიური დაბინძურების დასადგენად მნიშვნელოვანია ისეთი ინდიკატორული მიკროორგანიზმების განსაზღვრა, როგორცაა საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები, *E.coli*, მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები, პათოგენური მიკროორგანიზმები და მათ შორის სალმონელები, ასევე „*Clostridium perfringens*“ და „*Pseudomonas aeruginosa*“.

„სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტის“ მიხედვით სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგების სისტემა უნდა უზრუნველყოფდეს მოსახლეობის ქიმიურად და ეპიდემიურად უსაფრთხო, ხარისხიანი სასმელი წყლით მომარაგებას. ამიტომ მოსახლეობის ჯანმრთელობის დასაცავად მნიშვნელოვანია წყლის ხარისხის დასადგენად მიკრობიოლოგიური კვლევის ჩატარება [3, 7].

ჩვენს მიერ 2023 წლის ნოემბრის თვეში ჩატარებული ექსპედიციისას აღებული იყო მდინარე იორის წყლის სინჯები მიკრობიოლოგიური ანალიზის ჩასატარებლად. წყლის სინჯების აღება, შენახვა და ტრანსპორტირება, აგრეთვე ლაბორატორიული მიკრობიოლოგიური ანალიზი ჩატარებულ იქნა საერთაშორისო (ISO) სტანდარტული მეთოდების შესაბამისად [4,5].

მდინარე იორის წყალში განისაზღვრა საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები, *E.coli*, მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები, პათოგენური მიკროორგანიზმები და მათ შორის სალმონელები (ცხრილი).

წყლის ფეკალური დაბინძურების მაჩვენებელია კოლიფორმული მიკროორგანიზმები. მდინარე იორის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე

საერთო კოლიფორმული ბაქტერიების რაოდენობა წყლის დინების მიმართულებით იზრდება 1100 კწე / 300 მლ -დან 1200 –2160 კწე / 300 მლ -მდე (სინჯი 1,3 4; ცხრილი 1). ხოლო მდინარე კუსნოს შეერთების შემდეგ სიონის წყალსაცავის წყლის სინჯში შეადგენს 700 კწე/ 300 მლ. ასევე წყლის დინების მიმართულებით წყალში კარგი სიცოცხლის უნარიანობის მქონე მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები 22 °C ტემპერატურულ პირობებში ლაბორატორიაში კარგად ვითარდებიან და მათი რაოდენობა იზრდება 220– 240 –420 კწე/ მლ ზღვრებში (წყლის სინჯი 1,3 4; ცხრილი 1), წყლის მეორე სინჯში კი შეადგენს 150 კწე/ მლ. ოთხივე სინჯში მათი რაოდენობა აღემატება ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეს (≤ 100 კწე/ მლ). 37 °C ტემპერატურაზე ლაბორატორიულ პირობებში უკეთ გაზრდილი მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები წყალში ძნელად განვითარებისა და ძნელად ცხოველმოქმედების უნარით გამოირჩევიან. მათი რაოდენობა იცვლება 63 – 90 კწე/ მლ ზღვრებში, ბევრად აღემატება ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეებს (≤ 20 კწე/ მლ). ხოლო მდინარე იორთან მდინარე კუსნოს შეერთების შემდეგ კი წყლის მეორე სინჯში შეადგენს 23 კწე/ მლ, რომელიც უმნიშვნელოდ აღემატება ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეებს [6].

მდინარე იორის წყლის მიკრობიოლოგიური კვლევა

№	გამოსაკვლევი მაჩვენებელი	საზომი ერთეული	ნორმატივი არა უმეტეს	მდ. საგამის მდ. იორთან შეერთების შემდეგ - სოფ. თეგვირიანებთან; №1	მდ. კუსნოს მდ. იორთან შეერთების შემდეგ - სიონის წყალსაცავი; №2	მდ. იორი - სართიქალიდან კახეთისაკენ მიმავალი გზის ხილთან; №3	მდ. იორი - საგარეჯოდან 1 კმ მანძილის დაცილებით ქვის საწარმოსთან; №4
1	2	3	4	5	6	7	8
1	საერთო კოლიფორმული ბაქტერიები	კწე 300 მლ-ში	არ დაიშვება	1100	700	1200	2160
2	<i>E-coli</i>	კწე 300 მლ-ში	არ დაიშვება	1100	2	800	420
3	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები	კწე 1 მლ-ში 37°C	≤ 20	63	23	60	90
4	მეზოფილური აერობები და ფაკულტატური ანაერობები	კწე 1 მლ-ში 22°C	≤100	220	150	240	420
5	პათოგენური მიკროორგანიზმები, მათ შორის სალმონელა	100 მლ-ში	არ დაიშვება	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა	არ აღმოჩნდა

E-coli-ს კლასის ბაქტერიების რაოდენობა მდინარის დინების მიმართულებით მცირდება 1100 – 800 – 420 კწე / 300 მლ ზღვრებში (სინჯი 1,3,4; ცხრილი), თუმცა მათი რაოდენობა საკმარისად მაღალია ნორმატივებით დასაშვებ სიდიდეებზე (არ დაიშვება). ასევე წყლის მეორე სინჯშიც აღმოჩნდა 2 კწე / 300 მლ. სალმონელებს ყველა სახის წყალსა და კვების პროდუქტებში შესწევთ არსებობის უნარი დიდი ხნის განმავლობაში. წყლის არც ერთ სინჯში პათოგენური მიკროორგანიზმები და მათ შორის სალმონელები არ დაფიქსირებულა (ცხრილი).

მდინარე იორის წყლის მიკრობიოლოგიური ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე ბაქტერიოლოგიური დაბინძურების ლოკალურ წყაროს შესაძლებელია წარმოადგენს დასახლებული პუნქტების, კომერციული ობიექტების, სასტუმრო კომპლექსებიდან, მესაქონლეობის ფერმებიდან წარმოქმნილი საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები, მდინარის სანაპიროზე არასანქცირებული ნაგავსაყრელები, გაუმართავი საკანალიზაციო სისტემის ჩამდინარე წყლები, ასევე ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობების არარსებობა.

ლიტერატურა

1. საქართველოს კანონი წყლის შესახებ, 1997; კონსოლიდირებული ვერსია (საბოლოო) 30/06/2023.
2. ზედაპირული წყლების დაბინძურებისაგან დაცვის ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების შესახებ, საქართველოს მთავრობის დადგენილება N425, 2013 წლის 31 დეკემბერი, ქ.თბილისი. კონსოლიდირებული ვერსია 10/01/2014.
3. სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტი; საქართველოს მთავრობის დადგენილება №58; 2014 წლის 15 იანვარი, ქ. თბილისი.
4. წყლის სინჯის აღების სანიტარული წესების ტექნიკური რეგლამენტი. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №26; 2014 წლის 3 იანვარი ქ. თბილისი.
5. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. -Москва: 2000, 839 с.
6. საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის ბრძანება N 297/6 „გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის ნორმების დამტკიცების შესახებ“ 2001 წლის 16 აგვისტო - კონსოლიდირებული ვერსია.

SUMMARY

MICROBIOLOGICAL STUDY OF THE WATER OF THE IORI RIVER BASIN

Shustakashvili N.T., Gverdtiteli L.V. and Surmava A.A.

Georgian Technical University

Hydrometeorological Institute of Technical University of Georgia

To determine the microbiological pollution of the water of the Iori river basin, common coliform bacteria, *E. coli*, mesophilic aerobes and facultative anaerobes, pathogenic microorganisms, and salmonella were determined in the direction of the river flow.

Keywords: pathogenic microorganisms, Microbiological research, drinking water.

**წყაროს წყლების ანალიზის აუცილებლობის შესახებ
(ონის მუნიციპალიტეტის სოფელ სომიწოს წყაროს წყლების მაგალითზე)**

ფადიურაშვილი ვ.ნ., მახაშვილი ქ.ა., იაშვილი ნ.გ., იაშვილი მ.ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ცნობილია, რომ ბუნებრივი წყლების – წყაროს, ჭის და ჭაბურღილების სასმელი წყლების ხარისხის მაჩვენებლებისადმი მოთხოვნები განსაზღვრულია „სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტით“, რომელიც დამტკიცებულია ქვეყნის მთავრობის მიერ.

სოფლის მოსახლეობა სასმელად და სხვა საყოფაცხოვრებო მიზნებით მოიხმარს წყაროების, ჭების და ჭაბურღილების წყალს, რომლებიც სამწუხაროდ არ კონტროლდება სახელმწიფო სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური ზედამხედველობის სამსახურების მიერ, ეს კი თავის მხრივ მოსახლეობისათვის შეიცავს გარკვეულ რისკებს.

ცხადია, რომ პირველ რიგში განისაზღვრება სასმელი წყლის ორგანოლექტიკური მაჩვენებლები. ზოგადად, ადამიანები თვლიან, რომ წყაროსა და ჭების წყალი სუფთაა და უვნებელი, მაგრამ სინამდვილეში ეს ასე არ არის. ამიტომ, სასმელად გამოყენებული წყალი აუცილებლად მოითხოვს კონტროლს თუ რამდენად შეესაბამება ქვეყანაში არსებულ სანიტარულ ნორმებს და სტანდარტებს [1-3].

წყაროს წყალი პირველ რიგში უნდა იყოს კამკამა, გამჭვირვალე და უსუნო. მხოლოდ ამის შემდეგ არის მიზანშეწონილი და აუცილებელიც კი წყლის პარამეტრების ანალიზის ჩატარება, რომლის დროსაც შემოწმდება ტექნოლოგიური, ტოქსიკოლოგიური და ქიმიურ-ბაქტერიული მაჩვენებლების ანალიზი. შედეგებით განისაზღვრება შესაძლებელია თუ არა ამ კონკრეტული წყლის სასმელად გამოყენება.

ონის რაიონის მუნიციპალიტეტის მაღალმთიანი სოფლის სომიწოს სასმელ წყლად გამოყენებული წყაროები რამდენიმე ათეული კილომეტრითაა დაშორებული სხვადასხვა დამაბინძურებელი ნივთიერებების წარმოშობის ობიექტებისაგან. სოფლის ახლოს ასევე არ არის შედარებით დიდი თუ საშუალო ზომის დასახლებული პუნქტი და საავტომობილო მაგისტრალი, რაც ცხადია დადებითად მოქმედებს წყაროს წყლების ხარისხზე.



სოფელ სომიწოს „სათავის წყაროს“ საერთო ხედი

სოფელი სომიწო და მისი მეზობელი სოფლების (პიპილეთი და ჟაშქვა) მოსახლეობა სასმელად სარგებლობს სამი წყაროთი: სათავის, ქვის და უდრეკაულის. წყაროები ერთმანეთისაგან დამორებულია დაახლოებით ორი-სამი კილომეტრით.

ეს წყაროები ცნობილია რამდენიმე ასეული წლებია და სოფლის მოსახლეობა იყენებდა და დღესაც იყენებს როგორც სასმელად, ასევე საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის. ისინი მიეკუთვნებიან ზომიერი მინერალიზაციის მქონე წყლებს და ჩატარებული წყლის სინჯების ანალიზის შედეგებით აკმაყოფილებენ სასმელი წყლისადმი წაყენებულ ძირითად მოთხოვნებს. უნდა აღინიშნოს, რომ ამ წყაროების სრული ფიზიკურ-ქიმიური, ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური პარამეტრების განსაზღვრა ჯერ არ ჩატარებულა. გარდა აღნიშნული წყაროებისა სოფლის მიმდებარედ არსებობს კიდევ რამდენიმე წყარო, მათ შორის მჟავა და რკინის შემცველი წყაროები.

რამდენიმე წლის წინ ჩვენს მიერ ჩატარებული იქნა აღნიშნული წყაროებიდან წყლის სინჯების აღება და მათი რამდენიმე პარამეტრის განსაზღვრა. კერძოდ, განისაზღვრა pH, ელ.გამტარობა და მინერალიზაცია. ცხადია, მხოლოდ ამ პარამეტრებით ვერ დადგინდება წყაროს წყლების ვარგისიანობა, მაგრამ აღნიშნული პარამეტრები მაინც აღმოჩნდა დასაშვებ ფარგლებში. ჩატარებული ანალიზის შედეგები მოტანილია ცხრილში. უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვენს მიერ აღნიშნული წყაროების სათავეებთან მოწყობილ მცირე ზომის ცილინდრული ფორმის აუზებში ჩაყენებულ იქნა სპეციალური უჟანგავი ფოლადის ძალიან წვრილნახვრეტებიანი ბადეები, რომლებიც ასრულებენ მექანიკური ფილტრების როლს. გარკვეული პერიოდულობით (ზაფხულობით) მოსახლეობის მიერ ხდება ამ ბადეების გაწმენდა, ხოლო საჭიროების შემთხვევაში კი მათი გამოცვლაც კი [4-6].

სოფელ სომიწოს წყაროს წყლების პარამეტრების განსაზღვრის შედეგები

სინჯის აღების ადგილი	pH	ელ. გამტარობა	სიხისტე	მინერალიზაცია, მგ/ლ
სათავის წყარო	6,6	140,1	2,04	186,5
ქვის წყარო	6,6	151,2	2,12	172,0
უდრეკაულის წყარო	6,7	184,3	2,62	156,0

სოფლის წყაროების ლაბორატორიული ანალიზისათვის აუცილებელია წყლის სინჯების აღებისას ზუსტად იქნას დაცული ქვეყანაში მოქმედი სტანდარტები და რეგლამენტი, ხოლო წყლის მახასათებელი პარამეტრების განსაზღვრა ჩატარდეს თანამედროვე ტექნიკური მოწყობილობებით და გამზომი ტექნიკით აღჭურვილ, წყლის ანალიზის სპეციალურ სერტიფიცირებული ლაბორატორიაში.

ჩვენს მიერ მომზადებულია სოფელ სომიწოდან წყაროს წყლების სინჯების აღების, ტრანსპორტირებისა და ლაბორატორიაში ანალიზების ჩატარების სამოქმედო გეგმა, რომლის განხორციელება საშუალებას მოგვცემს დადგინდეს სასმელად მოხმარებული წყაროების მეტი რაოდენობის პარამეტრი და განისაზღვროს აღნიშნული წყაროების ვარგისიანობა.

ლიტერატურა

1. სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტი. საქართველოს მთავრობის დადგენილება #58, 2014 წ., 15 იანვარი
2. გ. სუპატაშვილი. გარემოს ქიმია (ეკოქიმია). -თბილისი, თსუ, 2009, 188 გვ.
3. შავლიაშვილი ლ., კუჭავა გ., შუბლაძე ე., ტაბატაძე მ., ბუაჩიძე ნ. 2023 წლის რაჭა-ლეჩხუმის და ქვემო სვანეთის რეგიონის ბუნებრივი წყლების ჰიდროქიმიური შედგენილობის შესწავლა. /საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „დედამიწასა და მის გარსებში მიმდინარე გეოფიზიკური პროცესები“, შრომები, ISBN 978-9941-36-147-0, თბილისი, საქართველო, 16-17 ნოემბერი.

4. დავითაშვილი მ.დ., მარგალიტაშვილი დ.ა. სასმელი წყალი და მისი ეკოლოგიური მონიტორინგი თელავის სასმელი წლის მაგალითზე. /საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“, შრომები, ტ. 6, ქუთაისი, საქართველო, 21-22 სექტემბერი, 2018, გვ. 172-176.
5. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. -Москва: 2000, 839 с.
6. გ. ქაჯაია. გარემოს დაცვის ეკოლოგიური პრინციპები. -თბილისი, განათლება, 2008.

SUMMARY

ABOUT THE NECESSITY OF SOURCE WATER ANALYSIS

(ON THE EXAMPLE OF THE SPRING WATERS OF SOMITSO VILLAGE OF ONI MUNICIPALITY)

Fadiurashvili V.N., Makhashvili K.A., Iashvili N.G. and Iashvili M.N.

Georgian Technical University

The paper discusses the need for physical-chemical, microbiological and hydrochemical study of spring waters on the example of one high-mountain lake of Racha. A few years ago, we conducted an analysis of several parameters of springs in the village of Samitso, Oni municipality. It was found that the spring water consumed by the rural population mostly meets the requirements for drinking water. But it is necessary to study the rural sources with a wider program and to determine the quality indicators of the sources used for drinking in accordance with the drinking water technical regulations.

Keywords: spring water, drinking water quality, organoleptic and chemical parameters, microbiological analysis.

მინერალური წყლის ჟანგვა-აღდგენით პოტენციალსა და რკინის კონცენტრაციას შორის კორელაციური კავშირის კვლევა საირმის მინერალური წყლის საბადოს მაგალითზე

ნიკოლაიშვილი ი. ზ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საქართველოს ბუნებრივი წყლის რესურსებიდან ერთ-ერთ უნიკალურ სიმდიდრეს წარმოადგენს საირმის მინერალური წყალი, რომელიც პირველად ადგილობრივმა მოსახლეობამ აღმოაჩინა. საირმის მინერალური წყლების საბადო მდებარეობს მცირე კავკასიონის მაღალმთიან ზოლში, მის სამხრეთ კალთაზე, მესხეთ-თრიალეთის ქედის შუა ნაწილში 880–1000 მეტრ სიმაღლეზე ზღვის დონიდან. საირმეს მინერალური წყლების სამკურნალო თვისებები შერწყმულია საბადოს გეოგრაფიულ-კლიმატურ პირობებთან და დადებით ზეგავლენას ახდენდეს ადამიანის ჯანმრთელობაზე [1].

სამკურნალო კურორტი საირმე ცნობილია XIX საუკუნის ბოლოდან. მინერალური წყლის სამკურნალო თვისებების შესწავლა 1932 წლიდან დაიწყო და რამდენიმე წლის განმავლობაში მიმდინარეობდა სამედიცინო-სამეცნიერო ექსპედიციები. 1945 წელს დაიწყო კურორტის განაშენიანება. 1948 წლიდან უკვე საირმის მინერალური წყლის ჩამოსხმას პრიმიტიულად, მცირე რაოდენობით ახორციელებდნენ, ხოლო 1955 წ-ს საირმეში აშენდა მინერალური წყლის ჩამომსხმელი ქარხანა, რომელიც დღესაც ფუნქციონირებს.

საირმის საბადოდან მინერალური წყლების მოპოვება წარმოებს წყაროებისა და მცირე სიღრმის ჭაბურღილების მეშვეობით. დღეისათვის საბადოზე ფუნქციონირებს ხუთი წყარო: №1, №3ა, 3ბ, “ნამარნევი” (სილამაზის წყარო) [2].

საირმის მინერალური წყალი ქიმიური შემადგენლობით ჰიდროკარბონატულ ნატრიუმთან-კალიუმთან და მაგნიუმთან-ნატრიუმთან-კალციუმთანია. ბუნებრივი წყლის ტემპერატურა 10–13 °C-ია და დამოკიდებულია ატმოსფეროს ტემპერატურაზე, თუმცა წყაროებისა და ჭაბურღილების ქიმიური შედგენილობა მრავალწლიან ჭრილში ხასიათდება სტაბილურობით. საირმის მინერალური წყლის ქიმიური შედგენილობა ფორმირდება საბადოს გეოლოგიურ აგებულებაში მონაწილე ქანების გამოტუტვისა და ასევე იონურ-გაცვლითი პროცესის ხარჯზე [3].

მინერალური წყალი საირმე მდიდარია არაერთი მიკროელემენტით, რაც მის უნიკალურობასა და სამკურნალო თვისებებს განაპირობებს. ამ ჯგუფის მიკროელემენტებიდან საირმის მიწისქვეშა წყალი საკმაოდ დიდი რაოდენობით შეიცავს მანგანუმს და რკინას, რომელთაც უმნიშვნელოვანესი როლი აქვთ ადამიანის ორგანიზმის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის [4].

ადამიანის ორგანიზმს მიკროელემენტების მაქსიმალური ოდენობით შეთვისება მხოლოდ წყლიდან შეუძლია. საკვებ პროდუქტებში შემავალი ელემენტების ათვისებას მრავალი ხელშემშლელი ფაქტორი გააჩნია. მიკროელემენტი რკინა ფართოდ მონაწილეობს ორგანიზმში არსებულ ჟანგვა-აღდგენით პროცესებში და უდიდეს როლს თამაშობს იმუნური ფუნქციების ჩამოყალიბებაში. მანგანუმი კი წარმოადგენს ესენციურ ელემენტს, რომელსაც მრავალფუნქციური დანიშნულება აქვს ორგანიზმის ნორმალური ფუნქციონირებისთვის.

საირმის მინერალური წყლის ხარისხის შესასწავლად მაკონტროლებელ პარამეტრებიდან ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პარამეტრს წარმოადგენს ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალი (Eh), რომელიც ვოლტებში (V) ან მილივოლტებში (mV) იზომება. ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალი აღწერს წყალში ჟანგვა-აღდგენითი პროცესების ქიმიური ენერჯის გარდაქმნას

ელექტრულ ენერჯიად. მას REDOX(ORP) პოტენციალსაც უწოდებენ, ვინაიდან ტერმინი RedOx გამომდინარეობს ორი პროცესისგან: ჟანგვა (Oxidation) და აღდგენა (REDuction). Eh-ის მნიშვნელობა შეიძლება იყოს უარყოფითი, ან დადებითი [5]. წყალში Redox პოტენციალის დადებითი მნიშვნელობა მიუთითებს წყალში დამჟანგველი აგენტების არსებობას, რომლებიც იძენენ ელექტრონებს და ელექტროდში აღძრავენ დადებითი მუხტის სიჭარბეს, ხოლო წყალში Redox პოტენციალის უარყოფითი მნიშვნელობა მიუთითებს წყალში აღმდგენი აგენტების არსებობაზე, რომლებიც გასცემენ ელექტრონებს და ელექტრულ პოტენციალს ექნება უარყოფითი მნიშვნელობა [6].

ჟანგვა-აღდგენითი პროცესები მნიშვნელოვან როლს თამაშობს მიწისქვეშა წყლების ხარისხის დადგენაში. წყლის Eh დამოკიდებულია როგორც წყალში გახსნილ ჟანგბადზე, წყლის ტემპერატურაზე, ასევე წყალბადის იონების (pH) და წყალში გახსნილი მძიმე მეტალების კონცენტრაციაზე [7].

ჩვენს მიერ შესწავლილია საირმის მინერალური წყლის საბადოს წყაროები (სილამაზის წყარო, წყარო 8-1, წყარო 8-2 და წყარო 3ა) განისაზღვრა ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალი და რკინის კონცენტრაციები და დადგინდა მათ შორის დამოკიდებულება. აღსანიშნავია, რომ საირმის მინერალური წყლის საბადოზე ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალის შესწავლა პირველად განხორციელდა.

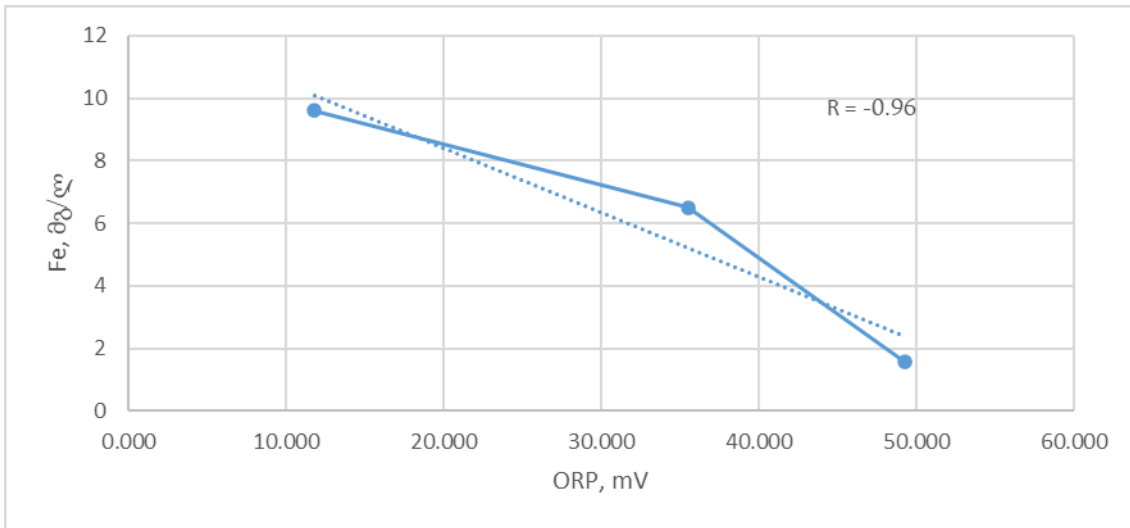
ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალის საზომ ხელსაწყოდ გამოყენებული იყო HI-98194 provides multiparameter, ხოლო რკინის განსაზღვრა განხორციელდა ხელსაწყოთი: HACH DR 1900 Portable Spectrophotometer. გაზომვის პირობები შეესაბამებოდა სსტ ისო/იკ 17025:2017/2018 სტანდარტის მოთხოვნებს. ყოველი გაზომვის წინ ტარდებოდა ხელსაწყოების შემოწმება დგ კონსალტინგის საგამოცდო ლაბორატორიის მიერ შემუშავებული და მოქმედი სამუშაო ინსტრუქციებით.

საკვლევ ნიმუშებში კვლევები განხორციელდა ადგილზე, მინერალური წყლის ნიმუშების აღებისთანავე. საკვლევ პარამეტრებს მიეკუთვნებოდა: pH, ჯამური მინერალიზაცია, ჯამური რკინა და ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალი. გამოცდის შედეგები საირმის მინერალური წყლის საბადოს ჭაბურღილების საკვლევ ნიმუშებში ასახულია ცხრილში.

საირმის მინერალური წყლის საბადოს კვლევის შედეგები

საკვლევ პარამეტრები	გაზომვის ერთეული	საირმის მინერალური წყლის საბადოს წყაროები			
		სილამაზის წყარო	წყარო 8-1	წყარო 8-2	წყარო 3 ა
pH	–	6,06	6,32	6,58	6,28
ტემპერატურა	°C	12,0	14,7	12,9	17,5
ჯამური მინერალიზაცია	მგ/ლ	816,0	1605,0	1227,0	4018,0
ელგამტარობა	მკს/სმ	845,0	1772,0	1336,0	4260,0
ORP	mV	+70,0	+49,3	+33,0	+11,8
Fe, (ჯამური)	მგ/ლ	6,5	1,56	3,0	9,6

გაზომვის შედეგების საფუძველზე, დადგინდა კორელაციური კავშირი ჟანგვა-აღდგენით პოტენციალსა და ჯამურ რკინას შორის. ნახაზზე ასახულია კორელაცია ORP-სა და Fe-ს შორის.



კორელაცია ORP -სა და Fe-ს შორის

ამრიგად, ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ

1. საკვლევ მინერალურ წყლებში ORP-ს მაღალი მნიშვნელობა შეესაბამება რკინის კონცენტრაციის დაბალ მნიშვნელობას. ამასვე ადასტურებს ამ ორი პარამეტრის შედარების საფუძველზე გამოანგარიშებული კორელაციის კოეფიციენტი, რომელიც რიცხობრივად ტოლია: -0,96. ზოგადად, კორელაციის კოეფიციენტი შეიძლება იყოს -1.00-დან +1.00-მდე. -1.00 მნიშვნელობა წარმოადგენს სრულყოფილ ნეგატიურ კორელაციას, რაც ნიშნავს, რომ ერთი ცვლადის მნიშვნელობის ზრდასთან ერთად, მეორე მცირდება.

2. კორელაციის ინდექსი ასახულია ნახაზზე.

3. მიწისქვეშა წყლებში რკინა გვხვდება რკინის (II) ბიკარბონატის ფორმით, რომელიც მდგრადია მხოლოდ ნახშირმჟავის მაღალი შემცველობისას და გახსნილი ჟანგბადის არარსებობისას. ამის გათვალისწინებით, რკინა მიწისქვეშა წყლებში გვხვდება სულფიდის, კარბონატის და რკინის (II) სულფატის სახით. იმ შემთხვევაში, როცა $pH < 4,5$, რკინა წყალში გვხვდება Fe^{3+} , Fe^{2+} და $Fe(OH)_2$ სახით. წყლის pH-ის მაღალი მაჩვენებლის (6,25-6,85) დროს, რკინა (II) იჟანგება და გადადის რკინა (III) ფორმაში. ასეთ პირობებში Eh-ის მნიშვნელობა < 0.2 V-ზე, რაც ჩვენ მიერ ჩატარებული კვლევის შედეგითაც დადასტურდა. ჟანგვა-აღდგენით პოტენციალსა და რკინას შორის დადგინდა უკუპროპორციული კავშირი.

ლიტერატურა

- ბ. მხეიძე, ბ.ზაუტაშილი. საქართველოს ჰიდროლოგია. -თბილისი, ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2011, 15 გვ.
- თ.მარჯანაძე, ა.გაგოშვილი, „კურორტი საირმე“, საბჭოთა საქართველო 1978. გვ.10.
- დ. ერისთავი საქართველოს მინერალური წყლები, საბჭოთა საქართველო, თბილისი, 1966, გვ. 42.
- შპს "მორენა-პრო" საირმის მინერალური წყლების საბადოს სანიტარული დაცვის ზონების პროექტი ტომი, თბილისი-2010, გვ.10.

5. ი. თარხან-მოურავი, ნ.სააკაშვილი, ნ.ქუთათელაძე, ე.გაგნიძე, მ.ტაბიძე. საქართველოს კურორტები საირმე. -თბილისი, საბჭოთა საქართველო 2009, გვ.51.
6. Petraccia L, Liberati G, Masciullo SG, Grassi M, Fraioli A. Water, mineral waters and health. //Clin Nutr. 2006 Jun;25(3): pp37–85.
7. James, C. N., Copeland, R. C., & Lytle, D. A. (2004). Relationships between Oxidation-Reduction Potential, Oxidant, and pH in Drinking Water. U.S. Environmental Protection Agency, NRMRL, Cincinnati, OH:pp5-22.

SUMMARY

STUDY OF THE CORRELATION BETWEEN THE REDOX POTENTIAL OF MINERAL WATER AND IRON CONCENTRATION USING THE EXAMPLE OF THE SAIRME MINERAL WATER DEPOSIT

Nikolaishvili I.Z.

Georgian Technical University

Georgia is rich in mineral waters, which have vital and healing properties. Their healing properties depend on the type of mineral water and its chemical composition, which is very important for the normal functioning of the human body. The article describes the location of the Sairme mineral water in Western Georgia, its unique composition, and its healing properties. The healing properties of the mentioned mineral water are determined by the microelements present in it, namely manganese and iron. Observations, hydrogeological, and chemical studies of the Sairme mineral water deposit have been carried out since the last century and are a relevant topic today. The article identifies 4 sources of the Sairme mineral water deposit and describes their chemical characteristics determined in the field. In addition, the article provides a correlation between iron and redox potential in pre-selected spring waters of the Sairme mineral water deposit and its description.

Keywords: mineral water, healing properties, iron, iron, manganese, oxidation-reduction potential.

რკინის ფხვნილის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების გავლენა მყარფაზა ურთიერთქმედების ხასიათზე Fe - ალმასი გამყოფ ზედაპირთან ცხელი წნეხვისას

**ხვედელიძე ა.ი., ავალიშვილი ზ.ა., ძიძიშვილი ი.გ., ტაბატაძე მ.გ.,
წეროძე მ.პ., ლოლაძე ნ.თ.**

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თანამედროვე კომპოზიციური მასალების ერთერთ გამორჩეულ და პროგრესულ კლასს განეკუთვნებიან ლითონ-ნახშირბადთა კომპოზიტები. დიდი წილი კომპოზიტებში უკავიათ ისეთ Me-C სისტემებს, როდესაც ნახშირბადოვანი კომპონენტი წარმოდგენილია მაღალი წნეხის ფაზის – ალმასის სახით, რომელიც ნორმალურ პირობებში წარმოადგენს ნახშირბადის მეტასტაბილურ მოდიფიკაციას (გრაფიტისაგან განსხვავებით), რაც დამატებით სიძნელეებს ქმნის ალმასშემცველი კომპოზიციური მასალების მიღებისას.

ალმასკომპოზიციური მასალების გამოყენების სფეროების ფართო სპექტრიდან გამომდინარე (სამშენებლო, სამთო-გეოლოგიური, მანქანათმშენებლობა, ელექტროტექნიკა და მიკროელექტრონიკა და სხვ.) კომპოზიტის კომპონენტებს, როგორც ალმასური მარცვლებს, ასევე ლითონურ შემკვრელს – მატრიცას მოეთხოვება და უნდა გააჩნდეს შესაბამისი ფიზიკური, ფიზიკურ-მექანიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები. ლითონური მატრიცის ერთერთი საბაზო და უმნიშვნელოვანესი ფუნქციაა ალმასური მარცვლების ადგილზე დაჭრის უნარი, რათა გამოირიცხოს მათი ნაადრევი ამოცვენა [1-3].

ალმასური მარცვლების დაჭრის მექანიზმი შეიძლება იყოს მექანიკური ან ქიმიური ანაც ორივეს კომბინაცია ერთდროულად. ქიმიური ურთიერთქმედება ალმასურ ზედაპირთან შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ლითონურ ფაზას გააჩნია მაღალი ქიმიური ნათესაობა ნახშირბადის ატომებთან ე.ი. ლითონურ შემკვრელს გააჩნია ნახშირბადის გახსნის ან კარბიდწარმოქმნის უნარი. შენადნობებს, რომელნიც არ შეიცავენ სტაბილურ კარბიდწარმომქმნელ ელემენტებს (მაგ. Cu-Sn, Cu-Zn, Cu-Sn-Fe) შეუძლიათ დაიჭირონ ალმასები მხოლოდ მექანიკურად. დაჭრის შესაძლებლობა ასეთ შემთხვევაში იქნება შეკუმშვის ძალებით, რომლებიც წარმოიშვება შეცხობის ტემპერატურიდან გაცივებისას ალმასებისა და ლითონშემკვრელის გაფართოების კოეფიციენტებს შორის მკვეთრი განსხვავების გამო. ქიმიური კავშირი ლითონსა და ალმასებს შორის ემყარება ურთიერთქმედების რეაქციებს. რაც შეეხება ალჰუზიის ენერჯის სიდიდეს, ქიმიური კავშირისას იზრდება რიგით.

შემკვრელებად ისეთი ლითონების გამოყენებისას, როგორიცაა Fe, Ni, Co რომლებიც ნახშირბადის კარგი გამხსნელებია, მაღალი ტემპერატურის პირობებში ქმნიან ნახშირბადოვან მასალებთან მტკიცე კავშირებს, მაგრამ ალმასების შემთხვევაში მაღალ ტემპერატურებზე დაყოვნებისას მათი კატალიზური აქტივობის გამო იწვევენ ალმასების ზედაპირების გრაფიტიზაციას, რაც თავისთავად იწვევს თვით ალმასების სიმტკიცისა და მათთან ალჰუზიური კავშირის სიტკიცის შემცირებას [1].

აღსანიშნავია, რომ უმრავლეს შემთხვევაში ალმასშემცველი კომპოზიციური მასალების მიღებისას საწყისი ლითონური რეაგენტები წარმოდგენილი არიან სხვადასხვა ფხვნილების სახით, რომელნიც შემდგომში ექვემდებარებიან საჭირო წნეხისა და ტემპერატურის ზემოქმედებას. P-T პირობებში, Me-C სისტემაში მიმდინარე ქიმიური და ფიზიკური პროცესების ცოდნა მნიშვნელოვანია, რადგან იძლევა საშუალებას, მიზანმიმართულად ჩავერიოთ პროცესებში, უფრო მაღალი ხარისხის საბოლოო პროდუქტების მისაღებად.

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს Me-C სისტემაში მაღალ P-T პირობებში მიმდინარე პროცესების ანალიზი და ამ ანალიზის საფუძველზე ოპტიმალური ქიმიური შემადგენლობების, სტრუქტურისა და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების მატარებელი საწყისი კომპონენტების შერჩევა გაუმჯობესებული თვისებების მქონე კომპოზიციის მისაღებად.

ჩვენი კვლევის ერთერთ ძირითად ამოცანას წარმოადგენდა მეტალ-ალმას სისტემაში მაღალი წნევისა და ტემპერატურებისას მყარფაზა რეაქციის პირობებში ლითონისა და ალმასს შორის ადჰეზიური ურთიერთქმედების დაფიქსირება და ამ რეაქციის მიმდინარეობაზე ისეთი ფაქტორების გავლენის შესწავლა, როგორცაა საწყისი ლითონური კომპონენტის ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები. მახასიათებლებში მოვიაზრებთ ლითონური ფხვნილის მარცვლოვანებას, მარცვლების მორფოლოგიასა და ჰაბიტუსს, ზომების განაწილებას, ხვედრით ზედაპირს, დაყრით სიკვრივეს.

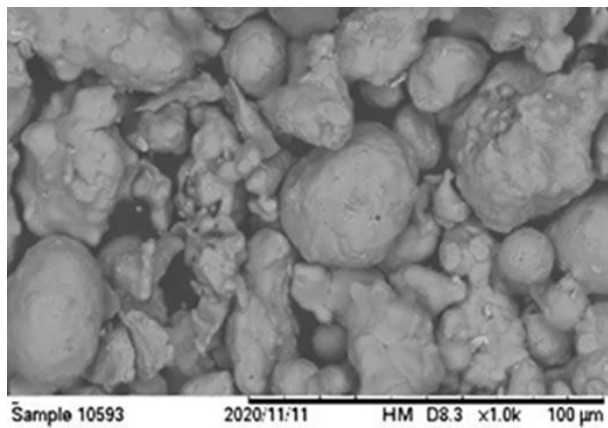
შევისწავლეთ ტემპერატურის ზემოქმედებას სხვადასხვა ბუნებისა და სტრუქტურის მქონე ლითონური კომპონენტის ურთიერთქმედების ინტენსივობაზე ალმასური ფაზის ზედაპირთან ტემპერატურულ ინტერვალში 850–900 °C.

Me-C სისტემაში ლითონურ კომპონენტად შერჩეულ იყო რკინა, რომელიც, წარმოადგენს მერვე ჯგუფის d ელემენტს, და მაღალი ტემპერატური პირობებში (თხევად მდგომარეობაში) ნახშირბადის ფაზების (ალმასი-გრაფიტი) ხასიათდება კარგი დამასველებლობითა და მაღალი ადგეჰიზიის ენერგიით.

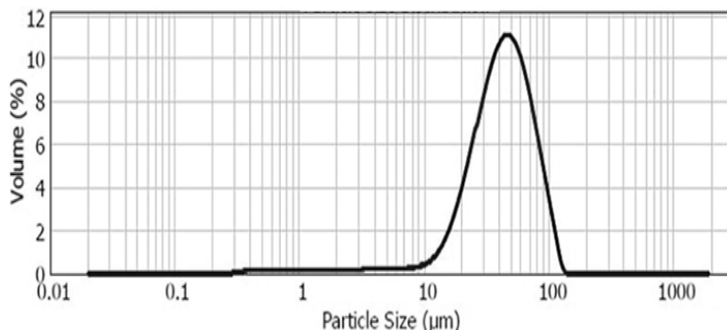
საწყის კომპონენტად გამოყენებული იყო ПМЖ მარკის საწარმოო რკინის ფხვნილი, რომელიც მიიღება მდნარი მდგომარეობიდან მაღალი წნევით გაფრქვევით და გააჩნია შესაბამისი მორფოლოგია. გაცრის გზით ჩვენ ავიღეთ 100/63 ზომის ფრაქცია.

სურ.1-ზე მოყვანილია Fe 100/63 ფხვნილის ელექტრონულ მიკროსკოპული გამოსახულება. აქვე მოყვანილია (სურ.2) Fe ფხვნილის ლაზერული დიფრაქტომეტრით მიღებული მონაცემები - 100/63 ფხვნილის ფრაქციის ზომების პროცენტული განაწილება ხვედრითი ზედაპირის მნიშვნელობა საშუალო ზომა და ა.შ. როგორც სურ. 5 ცხადყოფს მარცვლები მიდრეკილი არიან სფერული ფორმისკენ შედარებით გლუვი ზედაპირებით.

საწყისი კომპონენტის (რკინის) სტრუქტურის და ბუნების ალმასთან ურთიერთქმედებაზე გავლენის შესასწავლად, რკინის ფხვნილი 100/63 ფრაქციით დაექვემდებარა მაღალენერგეტიკულ მექანიკურ ზემოქმედებას პლანეტარულ წისქვილში.

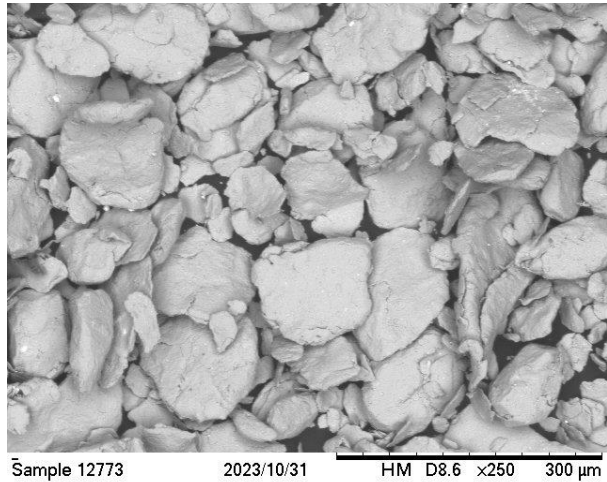


სურ. 1. Fe 100/63 ფხვნილის ელექტრონულ მიკროსკოპული გამოსახულება

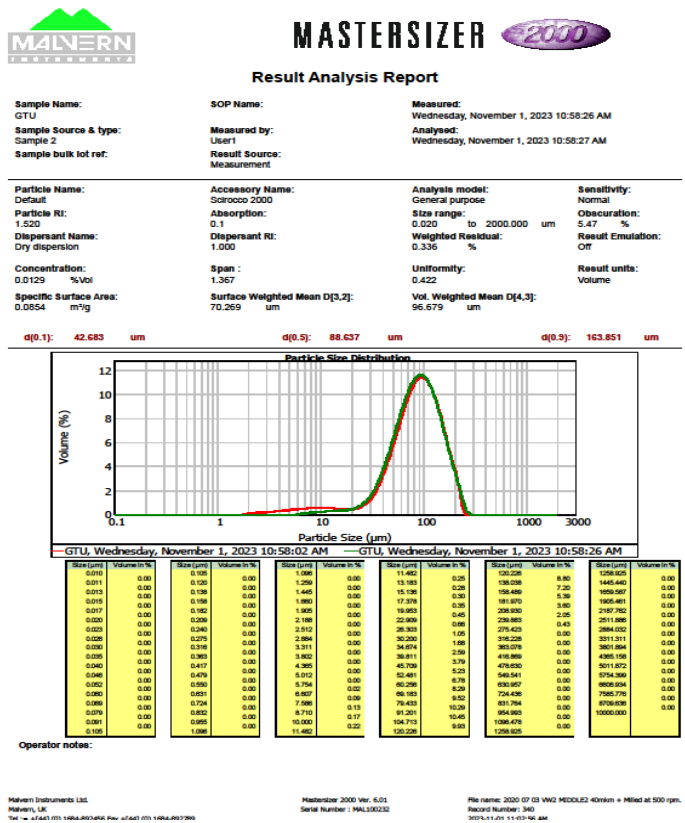


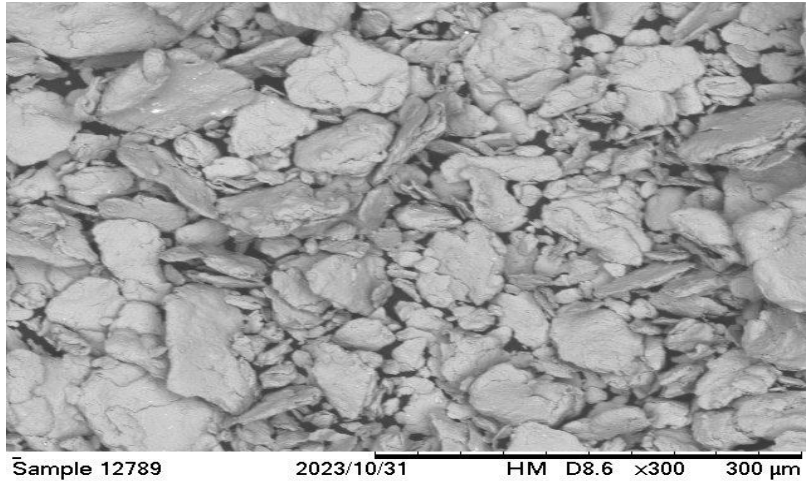
სურ.2. Fe-ის ფხვნილის ლაზერული დიფრაქტოგრაფა

სურ. 3-7-ზე შესაბამისად, მოყვანილია სხვადასხვა რეჟიმებზე მიღებული რკინის ფხვნილების ელექტრომიკროსკოპული გამოსახულებები და ლაზერული დიფრაქტომეტრით მიღებული ფხვნილების მახასიათებლები.

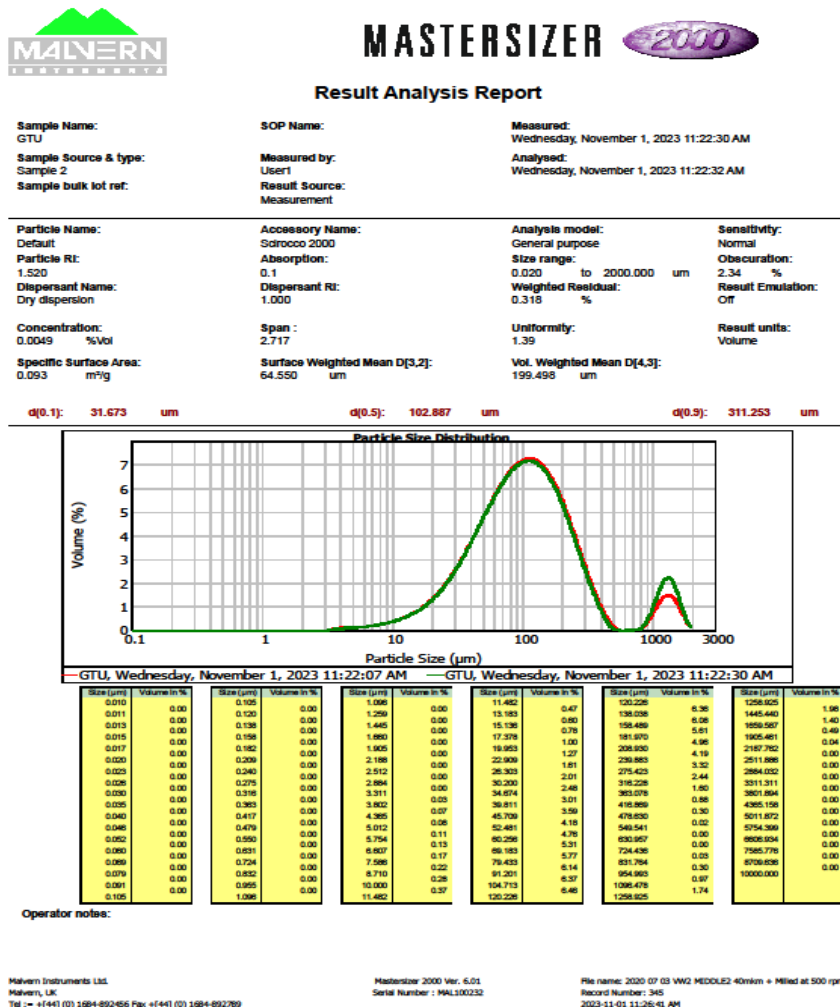


სურ.3. Fe-ის ფხვნილი 600 ბრ/წთ დამუშავების დრო 12 წთ

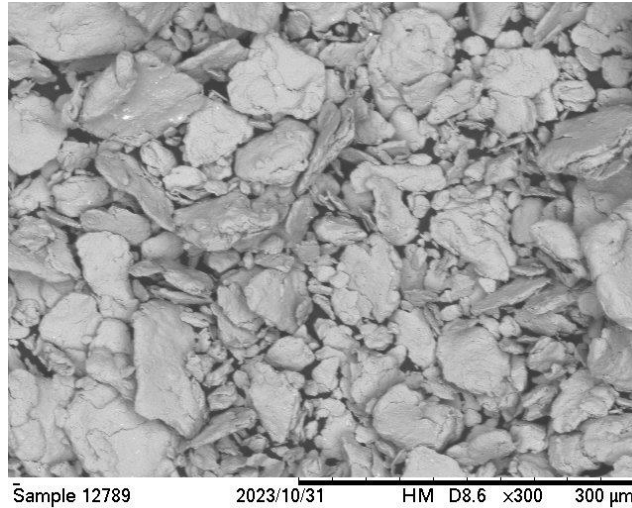




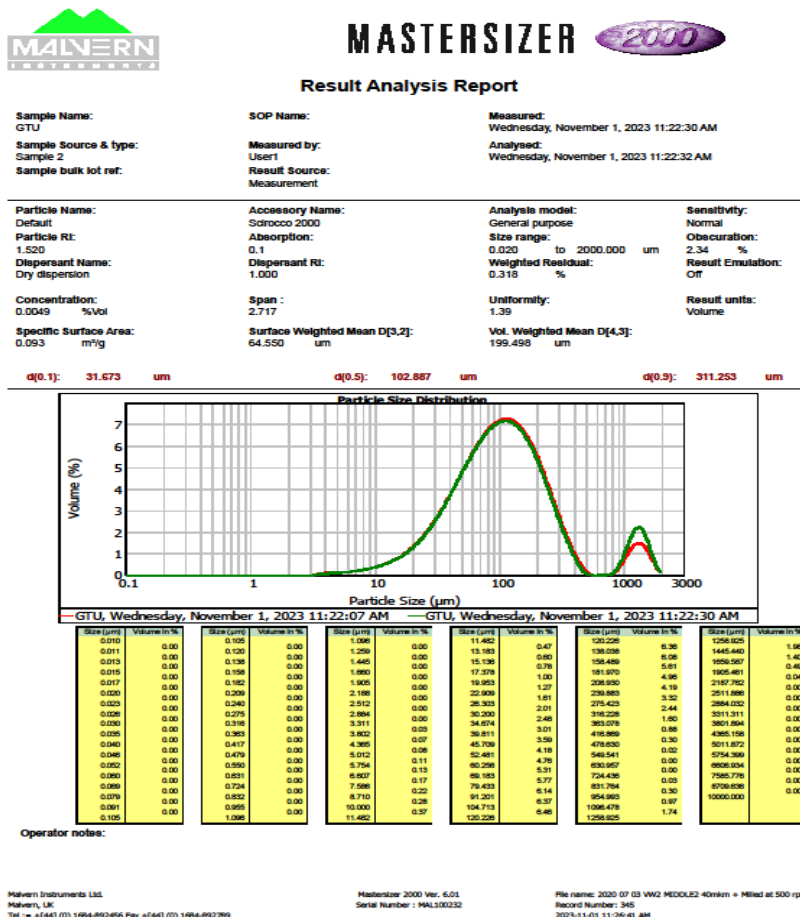
სურ.9. Fe-ის ფხვნილი 800 ბრ/წთ დამუშავების დრო 12 წთ



სურ.5. Fe-ის ფხვნილის ლაზერული დიფრაქტოგრაფია. სიჩქარე 800 ბრ/წთ დამუშავების დრო 12 წთ



სურ. 6. Fe-ის ფხვნილი, დამუშავების სიჩქარე 1000 ბრ/წთ, დრო 12 წთ



სურ. 7. Fe-ის ფხვნილის ლაზერული დიფრაქტოგრაფია. სიჩქარე 1000 ბრ/წთ დამუშავების დრო 12 წთ

მიღებული მონაცემების ანალიზი აჩვენებს რომ რკინის ფხვნილის დამუშავება პლანეტარულ წისქვილში იწვევს როგორც ფხვნილის მარცვლების მორფოლოგიურ მნიშვნე-

ლოვან ცვლილებებს ასევე თვით ფხვნილის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების (ხვედრითი ზედაპირი, დაყრითი სიმკვლე) შესამჩნევ ცვლილებებს, იცვლება მარცვლის ფორმა და იგი სფერულიდან მიისწრაფის ფირფიტოვანი ფორმისაკენ და განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ცვლილება 1000 ბრ/წთ სიჩქარის პირობებში,

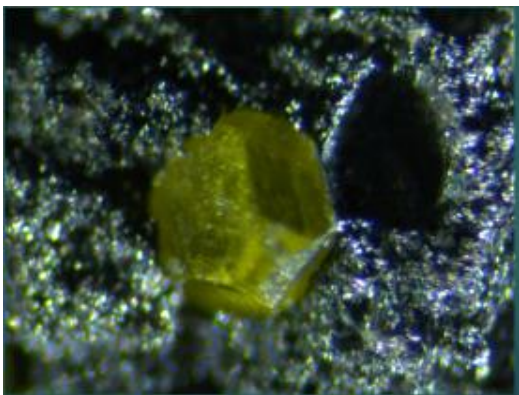
როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ჩვენი სამუშაოს ძირითად ამოცანას წამოადგენდა სწორედ განსხვავებული ფიზიკური და ფიზიკურ ქიმიური მახასიათებლების მქონე რკინის ფხვნილის ურთიერთქმედების შესწავლა ალმასური კრისტალების ზედაპირებთან გარკვეულ ტემპერატურულ ინტერვალში.

ალმასებად გამოყენებული იყო მაღალი ხარისხის მონოკრისტალები ზომებით 315–500მკმ. ქვემოთ მოყვანილია გამოყენებული ალმასების მარკები, მათი მახასიათებლები და ფრაქციები. ხელოვნური ალმასები მარკით AC 125 – სრულყოფილი კრისტალები, არანაკლებ 70 %-ისა, წანაზარდები და კრისტალების ნამტვრევები არაუმეტეს 6%-ისა, ფორმის იზომეტრულობის კოეფიციენტი არა უმეტეს 1,15. ხელოვნური ალმასები მარკით AC 160 – სრულყოფილი კრისტალები, არანაკლებ 70 %-ისა, წანაზარდები და კრისტალების ნამტვრევები არაუმეტეს 4%-ისა, ფორმის იზომეტრულობის კოეფიციენტი არა უმეტეს 1.15; აღნიშნული მარკის ალმასები გამოიყენება ბუნებრივი ქვების, ბეტონის, მინის, კერამიკის საჭრელად და საბურღად. ცეცხლგამძლე მასალების და სხვა მძიმედდასამუშავებელი მასალების საჭრელ, საბურღ და სახეხ ინსტრუმენტებში.

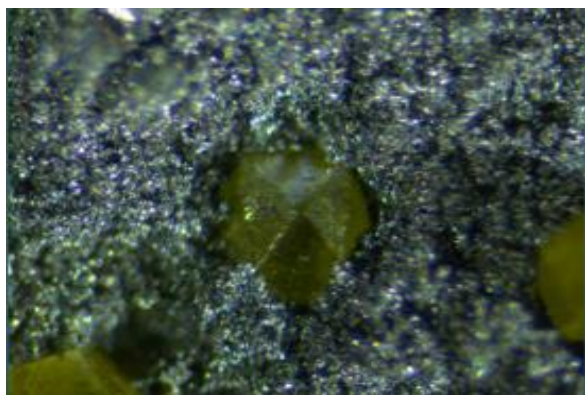
შესწავლილი იყო ამ ფხვნილების გამოყენებით რკინა + ალმასი შემადგენლობის შემცხვარი ნიმუშების ტეხები 850 და 900 °C ტემპერატურებზე მუდმივი წნევისა და დაყოვნების პირობებში. ტეხების ოპტიკურმიკროსკოპული გამოსახულებები მოყვანილია სურ. 8–14. მიღებული შედეგების ანალიზი ცხადყოფს, რომ რკინის საწყისი ფხვნილის გამოყენებისას ტემპერატურულ ინტერვალში 850–900 °C ინტერვალში რკინას და ალმასს შორის შესამჩნევ ურთიერთქმედებას ადგილი არ აქვს, ნიმუშების ტეხებში ალმასური კრისტალების ზედაპირები აბსოლუტურად სუფთაა როგორც 850 °C, ასევე 900 °C კრისტალების წახნაგებზე ლითონის კვალი არ ფიქსირდება.

ალმასური კრისტალების ზედაპირზე რკინის უმნიშვნელო კვალი ფიქსირდება მხოლოდ 800 ბრუნზე დამუშავებულ რკინის ფხვნილის გამოყანებისას 850 °C, ხოლო 900 °C ალმასური კრისტალი დაფარული რკინის აპკით.

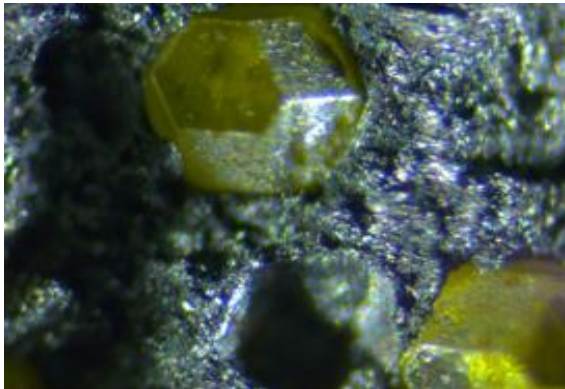
უმნიშვნელო კვალი ფიქსირდება 1000 ბრუნზე დამუშავებული სურ. 13. რკინის ფხვნილის კონსოლიდაციისას 850 °C; 900 °C კი ამავე ფხვნილის კონსოლიდირებისას (სურ.14.) რკინა აქტიურად ურთიერთქმედებს ალმასთან და კრისტალი ტეხში მთლიანად დაფარულია ლითონის აპკით.



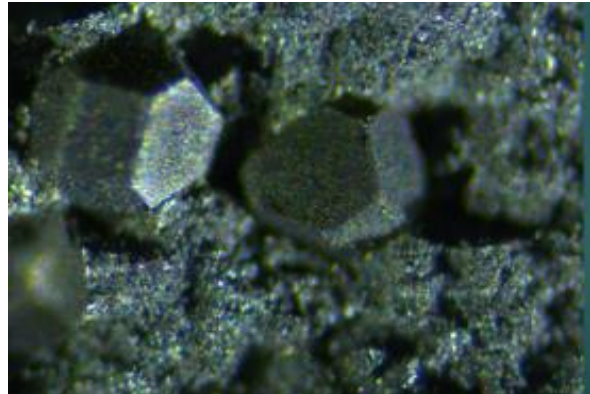
სურ. 8. Fe 100/63; ალმასი 500/400მკმ t=850°C



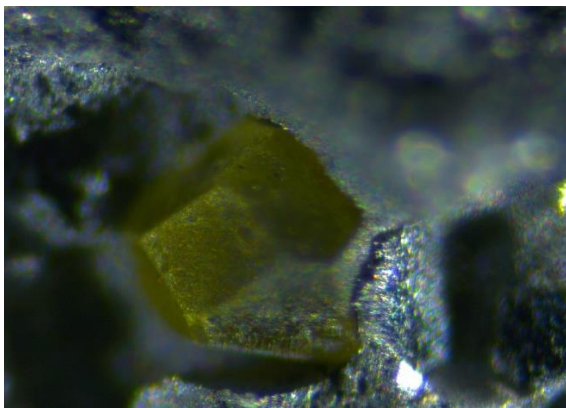
სურ. 9. Fe 100/63; ალმასი 500/400მკმ t=900°C



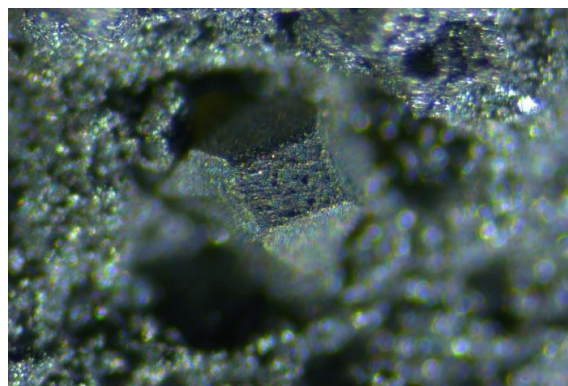
სურ.10. Fe800ბრ/12წთ $t=850^{\circ}\text{C}$ ალმ.500/400მკმ



სურ.11. Fe800ბრ/12წთ $t=900^{\circ}\text{C}$ ალმ.500/400მკმ

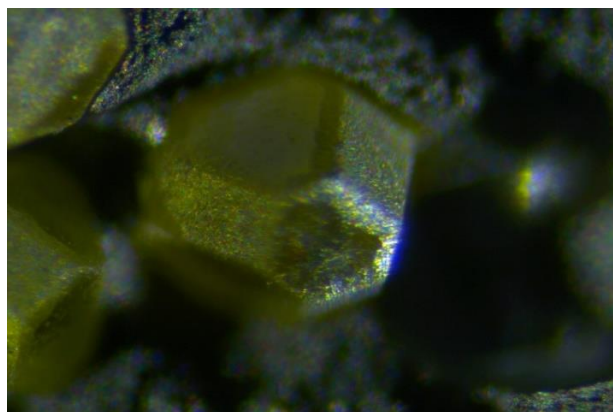


სურ.12. Fe1000ბრ/12წთ $t=850^{\circ}\text{C}$ ალმ.500/400მკმ



სურ.13. Fe1000ბრ/12წთ $t=900^{\circ}\text{C}$ ალმ.500/400მკმ

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ის გარემოება რომ რკინის დანაფარი ფიქსირდება 1000 ბრ-ით 30 წთ-ის განმავლობაში დამუშავებული რკინის ფხვნილის გამოყენებისას, უკვე $850-860^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე. განსაკუთრებით გამოხატულია (სურ.14) ასეთი დანაფარის არსებობა ალმასური კრიტალების კუბურ წახნაგებზე, რაც თანხვედრაშია თეორიულ მონაცემთან [4].



სურ. 14. Fe 1000 ბრ./წთ 30წთ $t=860^{\circ}\text{C}$ ალმასი 500/400მკმ

მიღებულმა ექსპერიმენტალურმა მონაცემებმა ცხადყო, რომ Me-ალმასი სისტემაში საწყისი ფხვნილოვანი რეაგენტის (Fe) ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების ცვლილება ფხვნილების მექანიკური აქტივაციის გზით იწვევს მათი ალმასთან ქიმიური ურთიერთქმედების საწყისი ტემპერატურის ცვლილებას. კერძოდ, პლანეტარულ წისქვილში

დამუშავების შედეგად აქტივირებული რკინის ფხვნილი, $P = 30$ მპა ცხელი დაწნევის პირობებში ურთიერთქმედებს ალმასურ კრისტალებთან არანაკლებ $30-40^{\circ}\text{C}$ ანუ, უფრო დაბალი ტემპერატურის პირობებში, რაც ვლინდება გამოსახულ ადჰეზიურ კავშირში ალმასური ფაზასთან. ეს გარემოება თანხვედრაშია კლასიკურ ფიზიკურ-ქიმიურ კანონზომიერებებთან და რაც ძალიან მნიშვნელოვანია ეფექტურობის მომცემია ალმასკომპოზიტების მიღების ტექნოლოგიური ასპექტიდან.

ლიტერატურა

1. Xiaojun Zhao and Longchen Duan. A Review of the Diamond Retention Capacity of Metal Bond Matrices. Metals.2018. 8, 307; doi: 10.3390/met8050307. www.mdpi.com/journal/metals
2. Borowieska-Jamrozek J, Lachowski J. The Effect of the Properties of the Metal Matrix on the Retention of a Diamond Tool materials. Metalurgia.2017, 56, 83-86. <https://hrcak.srce.hr/168891>
3. Xiaojun Zhao, Jingyi Li, Longchen Duan, songchenng Tan, Xiaohong Fang. Effect of Fe-based Pre-alloyed Powder on the Microstructure and Holding Strength of Impregnated diamond Bit Matrix. International Journal of Refractory Metals & Hard Materials.2019, 79, 115-123. www.elsevier.com/locate/IJRMHM
4. Loladze N. T. and Tserodze M. P. On the effect of a metal melt surface properties on the diamond formation process in the Me–C system. //Journal of Superhard Materials № 2, 2010, pp.60-68.

SUMMARY

EFFECT OF PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF IRON POWDER ON THE NATURE OF SOLID-PHASE INTERACTION WITH FE-DIAMOND SEPARATING SURFACE DURING HOT PRESSING

Khvedelidze A.I., Avalishvili Z.A., Dzidzishvili I.G., Tabatadze M.G., Tserodze M.P. and Loladze N.T.

Georgian Technical University

The interaction of iron powder with different physical and physico-chemical characteristics with diamond crystals in the temperature $T = 850 - 900^{\circ}\text{C}$ range is studied. It was found that the activation of the initial iron powder in a planetary mill causes significant morphological changes of the powder grains. It has been revealed that the adhesion of activated powders to the surface of the diamond crystal is carried out at lower temperatures.

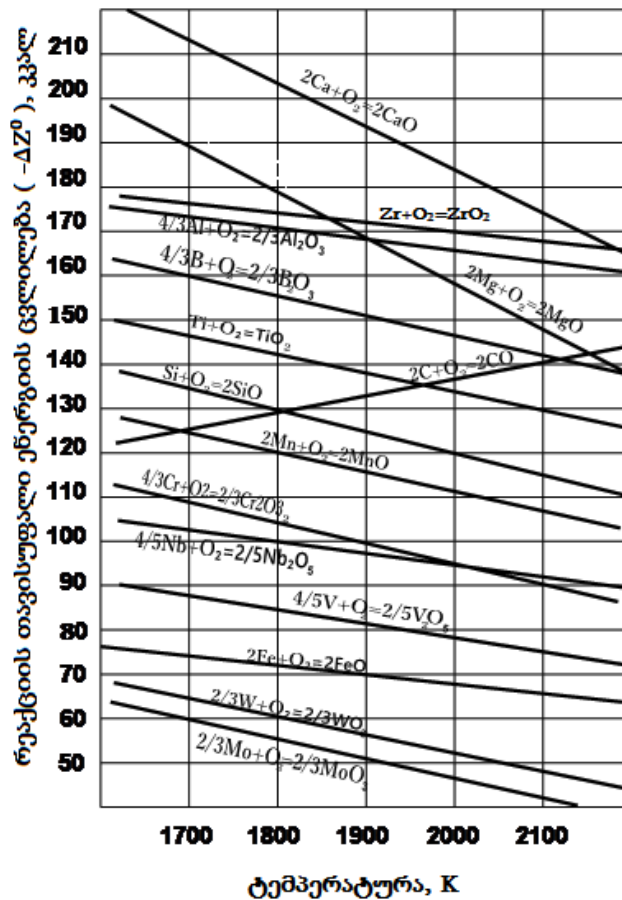
Keywords: the solid phase interaction, adhesion, powders morphology.

მუდმივი და ცვლადი დენის ელექტრორკალურ ღუმელში სილიციუმის ოქსიდის ნახშირბადით აღდგენის თერმოდინამიკა და კინეტიკა

ქევნიშვილი გ.შ., ჯულუხიძე ა.გ., ჭუმბაძე მ.თ., აბესაძე რ.კ., სიგუა ლ.რ.

სსიპ ფერდინანდ თავაძის მეტალურგიისა და მასალათმცოდნეობის ინსტიტუტი

ოქსიდების წარმოქმნის რეაქციების თავისუფალი ენერჯის დიაგრამაზე ნახშირ-ჟანგის (CO) წარმოქმნის თავისუფალი ენერჯია (ΔZ_{CO}) ტემპერატურის ზრდის შესაბამისად იზრდება, ამიტომ მისი მრუდი დიაგრამაზე გამოისახება აღმავალი ხაზით. ყველა სხვა ელემენტის ოქსიდის წარმოქმნის თავისუფალი ენერჯია (ΔZ_x) მცირდება ტემპერატურის გაზრდით და დიაგრამაზე (სურ.1) გამოისახება დაღმავალი ხაზით [1]. იქ, სადაც ნახშირ-ჟანგის აღმავალი ხაზი გადაკვეთავს ნებისმიერი ელემენტის ოქსიდის დაღმავალ ხაზს, ΔZ_{CO} უტოლდება ΔZ_x -ს, ე.ი. $\Delta Z_{CO} = \Delta Z_x$. გადაკვეთის წერტილის შესაბამის ტემპერატურაზე იწყება ნებისმიერი ელემენტის ოქსიდის აღდგენა ნახშირბადით, მაგრამ აღდგენის ინტენსიობა ძალიან დაბალია. ღუმელის რეაქციული ზონის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად იზრდება ΔZ_{CO} და მცირდება ΔZ_x . ე.ი. აღნიშნული ტოლობა გადადის უტოლობაში $\Delta Z_{CO} > \Delta Z_x$, რაც მეტია უტოლობის ხარისხი, მით მეტია ოქსიდების ნახშირბადით აღდგენის პროცესის ინტენსი-ვობა. ღუმელის რეაქციული ზონის ტემპერატურა მუდმივად არ იზრდება. მიაღწევს რა გარკვეულ ტემპერატურულ ნიშნულს, ხდება მისი გადასვლა წონასწორულ მდგომარეობაში. ეს არის ღუმელის სამუშაო რეჟიმი, რაც უფრო მაღალია ღუმელის რეაქციული ზონის წონასწორული ტემპერატურა, მით მეტია აღნიშნული უტოლობის ხარისხი და შესაბამისად, უფრო აქტიური ხდება ნახშირბადით ოქსიდების აღდგენის პროცესი.



ოქსიდების წარმოქმნის რეაქციის თავისუფალი ენერჯის ცვლილება

როგორც ადრე ჩატარებულმა კვლევებმა გვიჩვენა, უწილო პროცესის დროს ღუმელის რეაქციული ზონის წონასწორული ტემპერატურას განსაზღვრავს აღსადგენი ოქსიდების ნახშირბადით აღდგენის საწყისი ტემპერატურა [2]. კალციუმის, ალუმინის, ცირკონის და სხვა ძნელად აღსადგენი ელემენტების ოქსიდების ნახშირბადით აღდგენის საწყისი ტემპერატურა აღემატება 2000 °C -ს. ე.ი. უწილო პროცესის დროს როგორც ცვლადი, ასევე მუდმივი დენის ღუმელების რეაქციული ზონის წონასწორულმა ტემპერატურამ შესაძლებელია მიაღწიოს მაღალ ნიშნულს.

წილური პროცესის დროს ღუმელის წონასწორული ტემპერატურის განსაზღვრას ემატება კიდევ ერთი ფაქტორი, ეს არის წილის ფორმირების ტემპერატურა. წილა ფორმირდება შედარებით დაბალ ტემპერატურაზე, რაც ამცირებს ღუმელის რეაქციული ზონის წონასწორულ ტემპერატურას. ამით არის გამოწვეული ის ფაქტი, რომ 20 %-მდე სილიციუმი ადვილად გადადის ლითონში წილური დნობის პირობებში. 20-დან 30 %-მდე სილიციუმის გადასვლა შენადნობში უკიდურესად გაძნელებულია. 30 %-ზე მაღალი სილიციუმის შემცველობის მიღება წილური პროცესით შეუძლებელია. ამისათვის საკმარისი არ არის ღუმელის რეაქციული ზონის დაბალი წონასწორული ტემპერატურა. რეაქციული ზონის მაღალი ტემპერატურა კი შეიძლება მიღწეული იქნას უწილო დნობის პირობებში.

მუდმივი და ცვლადი ელექტრორკალური ღუმელების ტემპერატურული რეჟიმები განსხვავებულია. ცვლადი დენის ღუმელის ელექტროდი – კათოდი და ქვედი – ანოდი 50 ჰერცი სიხშირით ენაცვლებიან ერთმანეთს, ამიტომ ისინი ცხელდებიან თანაბრად. მუდმივი დენის ელექტრორკალური ღუმელის შემთხვევაში ელექტროდი მუდმივად კათოდა და ქვედი – მუდმივად ანოდი. კათოდიდან – ელექტროდიდან ამოფრქვეული ელექტრონები მუდმივად ეცემა ანოდს – ქვედს, ამიტომ ქვედი ცხელდება უპირატესად, ვიდრე გრაფიტის ელექტროდი, გრაფიტის ელექტროდი ინარჩუნებს შედარებით დაბალ ტემპერატურას და ამიტომ მისი დანაკარგი შემცირებულია. ანოდის ტემპერატურამ ამ დროს შეიძლება მიაღწიოს 4000 °C -ს [3], ე.ი. მუდმივი დენის ელექტრო-რკალური ღუმელის ქვედზე, ცვლადი დენის ღუმელისაგან განსხვავებით, კონცენტრირდება თბური ენერჯია, რაც მთლიანად ხმარდება სილიციუმის ოქსიდის აღდგენის ენდოთერმული რეაქციის ინტენსიობის ამაღლებას. ეს გამოიწვევს ღუმელის წარმადობის გაზრდას და მოხმარებული ელექტროენერჯიის შემცირებას. თეორიული გამოთვლები გვაძლევს შესაძლებლობას ვივარაუდოთ, რომ მუდმივი დენის ელექტრორკალური ღუმელის გამოყენებით იზრდება ტექნიკური სილიციუმის წარმადობა, მცირდება ელექტროენერჯიის ხარჯი და გრაფიტის ელექტროდის დანაკარგი.

ლიტერატურა

1. В.П. Елютин, Ю.А. Павлов, Б.Е.Левин. Производство ферросплавов. Электрометаллургия. 4.Ил. -М.: Металлургиядат, 1951, 496 с.
2. ა.გ. ჯულუხიძე, მ.თ. ჭუმბაძე, ლ.რ. სიგუა, მადანთერმული ელექტრორკალური ღუმელის ტემპერატურული რეჟიმი. //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, #1, ტ.97, 2023, გვ. 73-74.
3. Ф.П. Еднерал. Электрометаллургия стали и ферросплавов. - Москва, Металлургия, 1979, 87 с.

SUMMARY

THERMODYNAMICS AND KINETICS OF REDUCTION OF SILICON OXIDE BY CARBON IN AN ELECTRIC ARC FURNACE OF DIRECT AND ALTERNATING CURRENT

Kevkhisvili G.Sh., Julukhidze A.G., Chumbadze M.T., Abesadze R.K. and Sigua L.R.

F. Tavadze Institute of Metallurgy and Materials Science

The presented work shows that an ore-thermal DC electric arc furnace has several advantages over an AC furnace, which is especially important when melting technical silicon. When operating a direct current furnace, the electrode-cathode maintains a low temperature, which helps reduce electrode losses. Only with a constant hearth-anode current does the concentration of thermal energy occur, which is completely used for the intensive growth of the endothermic reaction of silicon reduction.

Keywords: electric arc furnace, recovery, free energy, reaction zone, electrode, anode, cathode.

წონასწორობის ანალიზი ორგანიზმების ბიომინერალიზაციის პროდუქტში

ბერძენიშვილი ი.გ., გოგიჩაშვილი ლ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ბიომინერალიზაცია არის პროცესი, რომლის დროსაც ცოცხალი ორგანიზმები ქმნიან სხეულის მყარ ნაწილებს (ნიჟარები, ძვლები და ა.შ.), რაც სხეულს მეტ მდგრადობას ანიჭებს. ცნობილი ბიომინერალების დაახლოებით 50 % კალციუმის შემცველი მინერალებია. ზღვის ორგანიზმების ნიჟარებში, რომლებიც ნაშრომის კვლევის ობიექტია, ყველაზე გავრცელებული პროდუქტია კალციუმის კარბონატი. ბიომინერალიზაციის პროდუქტის ფორმირების პროცესში მოლუსკი მასალის ახალ ფენებს ქმნის და ამატებს ყოფილს, რითაც გარეგან ჩონჩხს მეტად გამძლეს ხდის. ამასთან, ნიჟარის დამცავ ფუნქციას აძლიერებს მისი ზედაპირის სკულპტურული განვითარება [1,2].

კვლევისთვის შეირჩა შავი ზღვის სანაპიროზე მოპოვებული ორსადგულიანი და სპირალური ნიჟარები (ნახ.1).



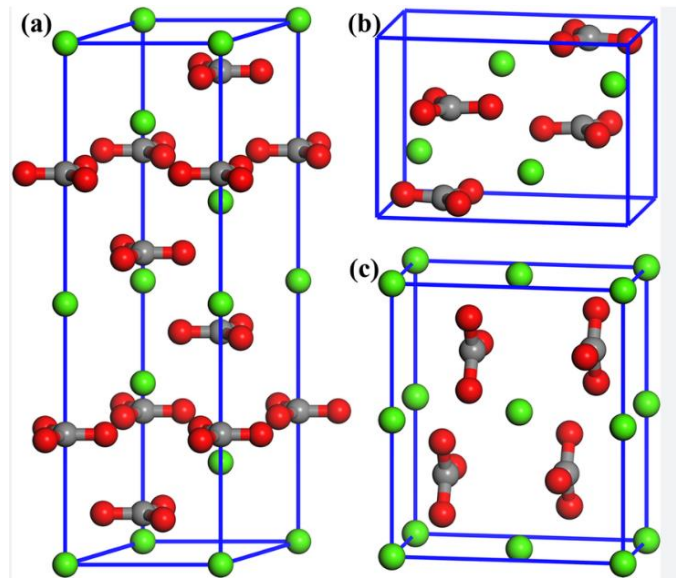
ნახ.1. სატესტო ნიმუშები

კალციუმის კარბონატი ბუნებაში არსებობს სამი სხვადასხვა კრისტალური მოდიფიკაციის სახით: არაგონიტი (Ar), კალციტი (Cc) და ვატერიტი (Vt) – ნაკლებად მდგრადი მინერალი (ნახ. 2).

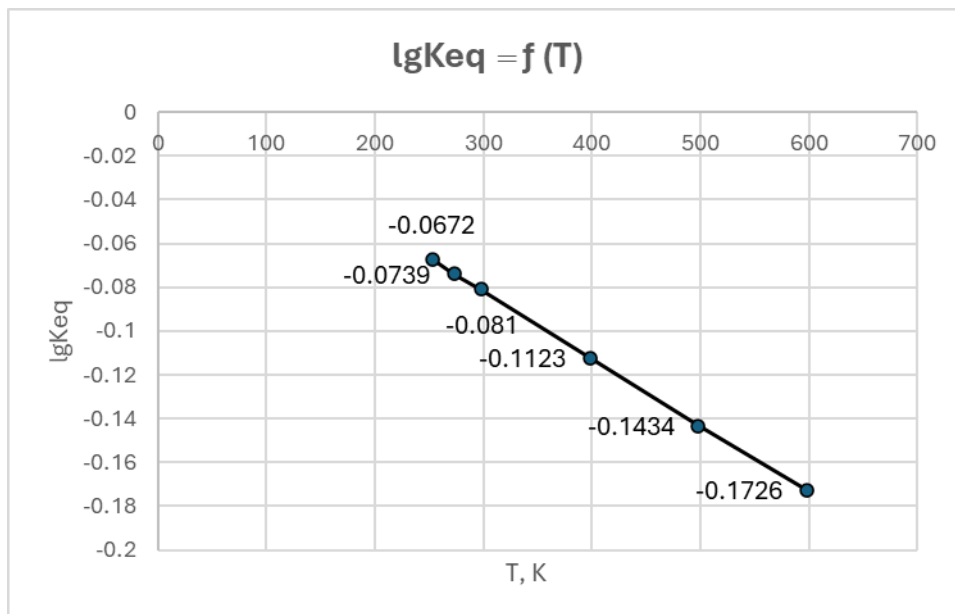
ნიჟარებში წონასწორობის კვლევისას და $Cc \rightarrow Ar$ ფაზური ტრანსფორმაციის გამოსავლის შესაფასებლად მივმართეთ წონასწორული თერმოდინამიკური პროგნოზირების მეთოდს [3].

ღია სისტემაში $T=253-598K$ ინტერვალში პოლიმორფული გარდაქმნის მიმართულებისა და წონასწორობის ეფექტიანი ანალიზი გაკეთდა ჯიბსის ენერჯის ცვლილების მიხედვით, რომელიც გაანგარიშდა ენტროპიული მეთოდით Ms Excel პროგრამის მეშვეობით. გათვლებისათვის საჭირო რიცხვითი მასალა აღებულია თერმოდინამიკური ცხრილებიდან [4].

წონასწორობის კონსტანტის ლოგარითმი დადგენილია რეაქციის იზოთერმის განტოლებიდან: $\ln K_{eq} = -\Delta G_T^0 / RT$, აგებულია $\lg K_{eq} = f(T)$ გრაფიკი (ნახ. 3).



ნახ. 2. კალციტის (a), არაგონიტის (b) და ვატერიტის (c) ელემენტარული უჯრედები; ატომები: Ca - მწვანე, O - წითელი, C - რუხი, H - თეთრი



ნახ. 3. $\lg K_{eq} = f(T)$ ფუნქციის გრაფიკი; დადგენილია $\Delta G_{T,r}^0 = f(T)$ ფუნქციის სახე: $\Delta G^0 = -170 + 4,18T$.

როგორც ვხედავთ, 253–598K ტემპერატურულ დიაპაზონში ფაზური გარდაქმნის $\lg K_{eq} < 0$ და, შესაბამისად, $K_{eq} < 1$, რაც ნიშნავს, რომ წონასწორობა წანაცვლებულია Cc რეაგენტის მხარეს და $Cc \rightarrow Ar$ ფაზური გარდაქმნა პრაქტიკულად შეუძლებელია.

მაშასადამე, ჩატარებული ექსპერიმენტი ცხადყოფს, რომ შავი ზღვის მოლუსკების ბიომინერალიზაციის პროდუქტი წარმოდგენილია თერმოდინამიკურად სტაბილური კალციტის ფაზით. შემუშავებული მოდელის მართებულობა დასტურდება ნიმუშების დიფრაქტოგრამით.

ლიტერატურა

1. Jingliang Huang, Rongqing Zhang. The Mineralization of Molluscan Shells: Some Unsolved Problems and Special Considerations. /Front. Mar. Sci., 27 June 2022.
2. Addadi L., Joester D., Nudelman F., Weiner S. (2006). Mollusk Shell Formation: A Source of New Concepts for Understanding Biomineralization Processes. //Chem-Eur. J. 12 (4), 981–987.
3. I. Berdzenishvili. Equilibrium in Chemical Systems/ Textbook. – Tbilisi: Publishing House “Universal”, 2024, 210 p.
4. <https://www.drjez.com/uco/ChemTools/Standard%20Thermodynamic%20Values.pdf>

SUMMARY

ANALYSIS OF EQUILIBRIUM IN THE BIOMINERALIZATION PRODUCT OF ORGANISMS

Berdzenishvili I.G. and Gogichashvili L.G.

Georgian Technical University

In this work, to study the equilibrium in the biomineralization product of living organisms and assess the yield of the analytical phase transition «Calcite-Aragonite”, we used the thermodynamic modeling method. It is shown, that in 253–598K temperature range the $\ln K$ gives the negative numbers. So, a small K value (less than 1) means that the calcite mineral will be favored at equilibrium.

Keywords: equilibrium, biomineralization product, organisms, phase transition.

თეთრი ტიპის ღვინომასალის მიკროფილტრაციული პროცესით დამუშავების
ადგილობრივი და საერთაშორისო პატენტების ანალიზი

ბიბილეიშვილი გ.ვ., თანანაშვილი ლ.ა., ჯავაშვილი ზ.დ.,
გოგესაშვილი ნ.ნ., ებანოიძე ლ.ო.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მემბრანული ტექნოლოგიების საინჟინრო
ინსტიტუტი

ყურძნის ტექნოლოგიური წარმოების მდიდარმა ისტორიამ ღვინის მრავალი სახეობის შექმნას დაუდო საფუძველი, სადაც საქართველოს უპირველესი ადგილი უჭირავს. მრავალი გამოგონება იქნა შემოთავაზებული საფუარის შტამებთან და ყურძნის ჰიბრიდულ ჯიშებთან დაკავშირებით, რომლებსაც შეუძლიათ გააუმჯობესონ ღვინის სენსორული თვისებები, მიღების მეთოდები, შეამცირონ წარმოების ღირებულება და გაზარდონ შენახვის ვადა. თეთრი ღვინის სახეობები განსაკუთრებით მგრძობიარეა სინათლის მიმართ. სინათლის ზეგავლენით, ღვინის ფერი ხშირად იცვლება და მოყვითალოდან მოყავისფრო შეფერილობისკენ იხრება.

ამ მიმონიღვაში მოცემულია ზოგიერთი საერთაშორისო და ადგილობრივი პატენტები, რომლებიც დაკავშირებულია განსხვავებული ღვინომასალის მიღების მეთოდებთან, წარმოებასთან და შენახვასთან.

მემბრანულმა ტექნოლოგიამ გარდატეხა შეიტანა ღვინის სტერილური და ფინიშური მიკროფილტრაციის საკითხში, რამაც შემდგომში მიიღო ინდუსტრიული სახე. ნაშრომში [1], თეთრი ღვინის მიკროფილტრაციის მონაცემებიდან ჩანს, რომ ერთნაირი ფორის ზომის (0.2 μm) მქონე, პოლიპროპილენის (PP) მემბრანებს პოლიარისულფონთან შედარებით აქვთ მაღალი წარმადობა და სელექტიურობა. კვლევის მიზანი იყო ჰიპოთეზის შემოწმება, რომლის თანახმად მემბრანები (პოლიპროპილენი PP ან პოლიეთერსულფონი, PES) ავლენ ადსორბციის განსხვავებულ უნარს პოლიფენოლებისა და პოლისახარიდების მიმართ. კომერციული წითელი ყურძნის მარცვლის ექსტრაქტი (ყურძნიდან დუდილის შემდეგ) გამოიყენებოდა, როგორც ღვინის სამოდელიო ხსნარი („სინთეზური წითელი ღვინო“). აღმოჩნდა, რომ პოლიფენოლები და პოლისახარიდები მცირედ ადსორბირდება პოლიპროპილენის, მაგრამ ძლიერად PES მემბრანებით. ცალკეული პოლიფენოლის ან პოლისახარიდის მოდელის ნივთიერებებისა და მათი ხსნარების მონაცემების შედარება „სინთეზური წითელი ღვინის“ მონაცემებთან ადასტურებს ჰიპოთეზას, რომ წითელ ღვინოში არსებულ პოლიფენოლისა და პოლისახარიდის აგრეგატებს დიდი წვლილი შეაქვთ ადსორბციულ დაბინძურებაში. პოლიპროპილენის მემბრანებზე ღვინის სხეულის შემადგენელი ინგრედიენტების დაბალი ადსორბციის ტენდენცია პოლიეთერსულფონებთან შედარებით განაპირობებს უფრო მაღალ გამტარუნარიანობას და შესაბამისი საფილტრაციო მოდულების უფრო ხანგრძლივ მომსახურებას ღვინის გაკრიალებაში.

გოგირდის დიოქსიდის (SO_2) ღვინის დანამატად გამოყენება უზრუნველყოფს, როგორც ანტიოქსიდანტურ დაცვას, ასევე მიკრობიოლოგიურ სტაბილურობას [2]. მიუხედავად ამ დამაჯერებელი უპირატესობებისა, ბოლო ორი ათწლეულის განმავლობაში SO_2 -ის არსებობამ ღვინოში გამოიწვია უარყოფითი კლინიკური გამოვლინებები SO_2 -ის მიმართ მგრძობიარე ინდივიდებში. ღვინის ინდუსტრია მიყვება SO_2 -ის კონცენტრაციის შემცირების ტენდენციას და იყენებს ალტერნატიული კონტროლის მეთოდებს SO_2 -ის შემცირების ან აღმოფხვრისათვის. ამის გათვალისწინებით, კვლევები დიდწილად ფოკუსირებულია ღვინოში SO_2 -ის გამოყენების ალტერნატივების შესწავლაზე და მეთოდებზე, რომლებსაც შეუძლიათ შეცვალონ SO_2 -ის ანტიმიკრობული აქტივობა. ნაშრომში წარმოდგენილია მეღვინეობაში SO_2 -ის ანტიმიკრობული აქტივობის ჩანაცვლების ალტერნატიული მეთოდების ბოლო მიღწევები. მიუხედავად იმისა, რომ SO_2 -ის ბევრმა ალტერნატივამ აჩვენა კარგი

ეფექტი, არცერთი სხვა ფიზიკური მეთოდი ან დანამატი ამჟამად არ იძლევა იგივე ეფექტს და მოქმედების ფართო სპექტრს.

თეთრი ღვინის ეთილის კარბამატის შემცირების მეთოდი[3] მიეკუთვნება საკვები პროდუქტების რეგულირების ტექნიკურ სფეროს და ხასიათდება შემდეგი საფეხურებით: პირველ რიგში, ქიტოზანი გარდაიქმნება დეგრადირებულ ქიტოზანად უფრო მცირე მოლეკულური მასით, ხოლო თეთრი ღვინო აღსორბეცირდება დეგრადირებული ქიტოზანით და ფილტრაცია ხორციელდება შეყინული ღვინით, რათა მიღწეული იქნას ეთილის კარბამატის შემცირება. მეთოდი მარტივია და ადვილად გამოსაყენებელი, აქვს საწარმოო დაბალი ღირებულება, შეუძლია შეამციროს ეთილის კარბამატშემცველობა თეთრი ღვინის ფერმენტაციაში და შესაფერისსა სამრეწველო წარმოებისთვის.

პატენტი [4] – ღვინის დამუშავების მეთოდი შეამციროს ძმარმჟავას ჭარბი რაოდენობა - გულისხმობს, ღვინოში ჩანაცვლებული ანიონგამცვლელი ვაშლის მჟავას შეყვანას. წითელი ან თეთრი ღვინის შემოთავაზებული დამუშავება შესაძლებელს ხდის ძმარმჟავას მასის კონცენტრაციის შემცირებას 2,05-2,5-ჯერ. ამავე დროს, არ იცვლება ფერის ინტენსივობა, ეთილის სპირტის მოცულობითი ფრაქცია, pH, ძმარმჟავას აცეტალდეჰიდის კონცენტრაცია, საშუალო ეთერების, ალკოჰოლის და მეთანოლის საერთო შემცველობა.

პატენტში – ღვინის ხარისხის გაუმჯობესების ხერხი – მიმდინარეობს ყურძნის მტევნების დაწურვით, ტკბილის დამზადებით, მისი გაწმენდით, დადუღებით, გადამუშავებით, ფილტრაციით მიმდინარეობს ღვინომასალებისა და ტკბილის დამუშავება – გაწმენდა დუღილამდე. ტკბილი მუშავდება: 1. ბენტონიტისა და ქიტოზანის ნარევით, 2. ქიტოზანისა და პოლივინილპოლიპროლიდონის ნარევით (ორივე ნარევი გარკვეული კონცენტრაციით და თანაფარდობით). ყოველი დამუშავების შემდეგ ხდება დაყოვნება ნალექის წარმოქმნამდე და შემდეგ ფილტრაცია. გამოგონება შესაძლებელს ხდის ღვინის ხარისხისა და მოხმარების უსაფრთხოების გაუმჯობესებას, ტკბილისგან და ღვინისგან ბიოგენური ამინებისა და მიკროტოქსინების მოცილებას და ტოქსიკური ელემენტების შემცირებას [5].

ჩამოსხმული ღვინოების ძირითადი ფიზიკური არასტაბილურობის გამომწვევ მიზეზად კვლავ რჩება ღვინის მარილების ნალექის, კალიუმის ბიტარტრატისა და კალციუმის ტარტრატის წარმოქმნა. ამ მარილების დალექვა შეიძლება გამოწვეული იყოს ერთი ან რამდენიმე მიზეზით, როგორცაა ბუნებრივი ქიმიური ცვლილებები, განსაკუთრებით ფენოლური პიგმენტების პოლიმერიზაცია. საწყისი არასტაბილურობა გამოწვეულია წველების ზეგაჯერებით, რაც მწვავდება ეთანოლის შემცირებული ხსნადობით და ღვინის შესანახად გამოყენებული დაბალი ტემპერატურით [6].

საცალო ვაჭრობისას ღვინის შენახვა-ჩამოსხმის ხერხი [7] – ითვალისწინებს ჩამოსასხმელი ონკანით აღჭურვილ ჰერმეტიკულ რეზერვუარში ღვინის შედაპირის შემოთა სივრცეში ინერტული აირის, მაგ. აზოტის ან არგონის შენარჩუნებას და რეზერვუარზე აირსადენით მიერთებული აირის ბალონიდან მის დამატებით მიწოდებას ღვინის ჩამოსხმის თანმდევად, ამასთან, რეზერვუარის ქვედა ზონაში განლაგებული ონკანიდან ღვინის თვითდინებით ჩამოსხმისას და ნარჩენი ღვინის შენახვისას შემოადინებულ სივრცეში, ინერტულ აირს არაუმეტეს 0,5 კგ/სმ²-მდე წნევით მიაწოდებენ, ხოლო ნაკლული რეზერვუარის ღვინით შევსებას სავაჭრო ობიექტშივე ახორციელებენ, აგრეთვე, აირის ბალონს შესაბამისად დაბალი წნევის ან რეგულირებადი რედუქტორით აღჭურვავენ და აირის ბალონსა და რეზერვუარს შორის განლაგებენ, ხოლო ნაკლული რეზერვუარის ღვინით შევსებისას ინერტული აირის მიწოდებას წყვეტენ და რეზერვუარს გახსნილი ზედა ლუქიდან სრულად ავსებენ, რის შემდგომაც ლუქს ხურავენ და ინერტული აირის მიწოდებას ადადგენენ.

პატენტში [8] – კახური ტიპის სუფრის თეთრი ღვინომასალების წარმოების ხერხი მდგომარეობს შემდეგში: 1. ტექნოლოგიური პროცესის გამარტივება და მზა პროდუქტის თვითდინებულების შემცირება. 2. ხერხი ითვალისწინებს ყურძნის დაჭყლეტას, თვითნადენი ტკბილის გამოცალკევებას ჭაჭისაგან, ჭაჭის გაცხელებას 35–40 °C ტემპერატურამდე,

მორევას 15–20 წუთის განმავლობაში, ჭაჭაში ნაწენხი ფრაქციის შეტანას თანაფარდობით 3:2-დან – 3:5-მდე, დუღილს, გამოწნეხვას, ღვინომასალის დადუღებას, დაწმენდას და დეკანტაციას.

ამრიგად, ადგილობრივი და საერთაშორისო პატენტების ზოგიერთი საკითხის ანალიზი თეთრი ტიპის ღვინომასალის მიკროფილტრაციული პროცესით მიღების მეთოდებთან, წარმოებასთან და შენახვასთან განსაზღვრავს, ინსტიტუტის სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოებისთვის ადგილობრივი და საერთაშორისო მკვლევართა მიერ შექმნილი ტექნოლოგიების, ტექნიკის, საბაზისო ტექნიკური დონისა და პროტოტიპების გათვალისწინებას.

ლიტერატურა

1. Fouling in microfiltration of wine: The influence of the membrane polymer on adsorption of polyphenols and polysaccharides; Mathias Ulbricht ^a, Wolfgang Ansorge ^b, Inge Danielzik ^a, Martin König ^b, Oliver Schuster ^b Separation and Purification Technology 68(3), pp.335-342.
2. Alternative Methods to SO₂ for Microbiological Stabilization of Wine; Maria Tiziana Lisanti, Giuseppe Blaiotta, Claudia Nioi, Luigi Moio; Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, Volume18, Issue2, pp. 455-479.
3. Method for reducing ethyl carbamate of yellow wine; CN111057635A/ 2020-04-24
4. Способ обработки вина от избыточного количества уксусной кислоты RU № 2792441 Якуба Ю.Ф., Лепёшкина С.В., Митрофанова Е.А., Шелудько О.Н.
5. Способ повышения безопасности вина RU № 2786027 Агеева Н.М., Тихонова А.Н., Ширшова А.А., Мацкул А.В.
6. The Physical and Chemical Stability of Wine; Roger B. Boulton, Vernon L. Singleton, Linda F. Bisson & Ralph E. Kunkee; Principles and Practices of Winemaking pp. 320-351.
7. საცალო ვაჭრობისას ღვინის შენახვა-ჩამოსხმის ხერხი; გოჩა ცინცაძე. სასარგებლო მოდელის პატენტის ნომერი: (11) GE U 2013 1771 Y : (51) B 67 D 1/04 (IPC, 2006).
8. კახური ტიპის სუფრის თეთრი ღვინომასალების წარმოების ხერხი; პეტრე მესხიძე, თამაზ დუგაშვილი, სოსო ტორიაშვილი, მერაბ ჯაფარიძე, თამაზ კანდელაკი, ზურაბ სტურუა, ნიკოლოზ მებუზლა. გამოგონების პატენტი: (11) GE P 2000 2127 B : (51) C 12 G 3/02 (IPC, 2006).

SUMMARY

ANALYSIS OF LOCAL AND INTERNATIONAL PATENTS FOR PROCESSING WHITE WINE BY MICROFILTRATION PROCESS

Bibileishvili G.V., Tananashvili L.A., Javashvili Z.D., Gogeshashvili N.N. and Ebanoidze L.O.

Engineering Institute of Membrane Technologies of Georgian Technical University

The local and international patent works discussed in the paper reflect the current state of industry specificity in the world of microfiltration processing methods of obtaining various types of wine and determines the identification of appropriate priorities for the ongoing scientific research at the institute.

Keywords: patent, red wine, adsorption, membrane, microfiltration, wine material.

ღვინოების დამუშავება ბიოლოგიური და კოლოიდური სიმღვრივების თავიდან აცილების მიზნით

მათირიშვილი შ.ი., ჩხარტიშვილი ნ.ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სხვადასხვა სახის სიმღვრივების თავიდან აცილების მიზნით, ღვინის წარმოებაში წარმატებით გამოიყენება დამუშავების ხერხებისა და საშუალებების ფართო არსენალი [1], თუმცა ყურძნის გადამუშავების პროდუქტების სტაბილიზაცია ძველებურად რჩება პრობლემურ საკითხად.

აღნიშნულის გათვალისწინებით ბიოლოგიური და კოლოიდური სიმღვრივების თავიდან აცილების მიზნით ჩვენს მიერ გამოყენებულ იქნა უკანასკნელ წლებში მეღვინეობაში არსებული დამუშავების ისეთი საშუალებები, როგორცაა დამუშავება კომბიგელით, ჟელატინით, ბენტონიტით, სიცივეზე დაყოვნებით, პოლივინილპიროლიდონით, დიატომიტით და ბუნებრივი ცეოლითური სორბენტით (მორდენიტი).

საანალიზოდ აღებული გვქონდა სამი დასახელების ღვინომასალა: „ვაზისუბანი“, „კახეთი“ და „გარეჯი“. ღვინის სტაბილიზაციისათვის საჭირო გამწევაკი ნივთიერებების რაოდენობა დგინდებოდა შექცევადი კოლოიდური სიმღვრივების მიმართ საცდელი გაწევიტ. აღნიშნულის ფიქსაცია ხდებოდა ნეფელომეტრით, შემღვრვის მაჩვენებლის მიხედვით სიცივის ტესტის დახმარებით. სტაბილურობაზე ყველა საცდელი პარტიის ნიმუშის გამოცდა ხდებოდა – 5 °C ტემპერატურაზე 2 დღე-ღამის დაყოვნების შემდეგ. როგორც გამოსავალ ისე ნიმუშებში შესაბამისი დამუშავების შემდეგ ისაზღვრებოდა ფენოლური ნივთიერებების, თავისუფალი ლიპიდების, ცილების, პოლისაქარიდების შემცველობა და შემღვრევა – 6 °C ტემპერატურაზე ერთი დღე-ღამის დაყოვნების შემდეგ.

სამუშაოს შემდგომ ეტაპზე, ღვინომასალების ფილტრაციისათვის შესწავლილ იქნა ახალი ცეოლითური სორბენტის კერძოდ მორდენიტის გამოყენების შესაძლებლობა. დადგენილ იქნა ღვინომასალების დამუშავების პროცესში აგრესიული არეს მიმართ მისი სტაბილურობა. ლაბორატორიულ პირობებში ღვინომასალების დამუშავება ხდებოდა მათი წინასწარი ფილტრაციით ცეოლითის ფენით დაფენილ ქაღალდზე. 1000 მლ ღვინომასალის დამუშავებაზე იხარჯებოდა 1 გ მოლიფიცირებული ცეოლითი. მიღებული შედეგების საფუძველზე ხორციელდებოდა ღვინომასალების ფილტრაცია სამრეწველო მასშტაბით, ფილტრ-მუყაოზე დაფენილი ცეოლითური სორბენტის გამოყენებით. პარალელურად ხდებოდა მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემების შედარება წარმოებაში არსებულ ტექნოლოგიურ მონაცემებთან. ფილტრ-მუყაოზე სორბენტის დასაფენათ მას ენერგიულად ვურევდით ღვინომასალაში (სპეციალურ სარეველაში) და ტუმბოს საშუალებით გადაგვქონდა ფილტრზე მანამდე, ვიდრე ფილტრატი არ გახდებოდა გამჭვირვალე [2,3]. ამის შემდეგ ვიწყებდით ფილტრაციას – ღვინომასალის დამუშავებას.

ცეოლითური სორბენტით ღვინომასალების დამუშავებისას პირველ რიგში ყურადღება უნდა მიექცეს იმას, რომ სორბენტმა უარყოფითად არ იმოქმედოს პროდუქტის ხარისხზე. აქედან გამომდინარე, ვიკვლევდით ცეოლითური სორბენტის გავლენას ღვინომასალების ისეთ მნიშვნელოვან პარამეტრებზე, როგორცაა სპირტის, შაქრების, საერთო მჟავიანობის, აქროლადი მჟავების შემცველობა, pH, ფენოლური ნაერთების, ცილების, ლიპიდებისა და პოლისაქარიდების შემცველობა.

ზემოთ მოყვანილი პარამეტრების განსაზღვრა ხდებოდა ღვინომასალების ფილტრაციამდე და ფილტრაციის შემდეგ. მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ სორბენტი უარყოფით გავლენას არ ახდენს ღვინის ძირითად ქიმიურ მაჩვენებლებზე. მიღებული შედეგები თვალსაჩინოდ მიუთითებს იმაზე, რომ ცეოლითური სორბენტით (მორდენიტი) ფილტრაცია, როგორც მოსალოდნელი იყო, არავითარ გავლენას არ ახდენს ღვინომასა-

ლების დაბალმოლეკულური კომპონენტების შემცველობაზე. ღვინომასალების დამუშავებისას პირველ პლანზე გამოდის ცეოლითის, როგორც მფილტრავი ფენის ან სორბენტის როლი. რაც შეეხება მას, როგორც მოლეკულური საცრების ფუნქციას, უნდა ვიფიქროთ, რომ ამ შემთხვევაში ის ასრულებს მეორეხარისხოვან როლს.

სხვა მდგომარეობა აღინიშნება მაღალმოლეკულურ ნივთიერებათა შემთხვევაში. მოდიფიცირებულ მორდენიტის ფენაში ფილტრაციის შემდეგ, ღვინომასალებში მნიშვნელოვნად მცირდება წარმოქმნილი მაღალმოლეკულური ნივთიერებების შემცველობა. მიღებული შედეგები გვიჩვენებს ასეთი ფილტრაციის გავლენას კოლოიდური ნივთიერებების შემცველობაზე.

ღვინომასალებში კოლოიდური ნივთიერებების შემცველობაზე სორბენტის ოპტიმალური კომპოზიციით დამუშავების გავლენა (მორდენიტი-ჟელატინი-პოლივინილპიროლიდონი თანაფარდობით 60:20:20)

დასახელება	ცილები, მგ/დმ ³			ლიპიდები, მგ/დმ ³			პოლისაქარიდები, მგ/დმ ³			ფენოლური ნაერთები, მგ/დმ ³		
	გამოსავალი	დამუშ. შემდეგ	აღსორბცია %	გამოსავალი	დამუშ. შემდეგ	აღსორბცია %	გამოსავალი	დამუშ. შემდეგ	აღსორბცია %	გამოსავალი	დამუშ. შემდეგ	აღსორბცია %
ღვინომასალა „ვაზისუბანი“	35,0	9,7	72,5	655,0	358,3	45,3	185,5	134,9	27,3	340,0	312,2	8,2
ღვინომასალა „კახეთი“	42,5	10,3	75,8	710,0	401,2	43,5	366,5	277,9	24,2	670,0	601,0	10,3
ღვინომასალა „გარეჯი“	38,5	10,2	73,6	680,0	373,4	45,1	275,3	204,6	25,7	600,0	343,6	9,4

ღვინომასალების კოლოიდური ნივთიერებებისგან გაწმენდის პროცესში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ცეოლითურ სორბენტს. ამ სორბენტით დამუშავების შემდეგ თითქმის ყველა მონაცემები ძალიან მაღალია. მხოლოდ ფენოლური ნაერთების დალექვის შემთხვევაში საუკეთესო მაჩვენებელი შეიმჩნევა პოლივინილპიროლიდონთან, ჟელატინთან, ბენტონიტთან და სიცივით დამუშავებისას. აღნიშნულიდან გამომდინარე ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია საუკეთესო გამწვავი კომპოზიცია: მორდენიტი-ჟელატინი-პოლივინილპიროლიდონი თანაფარდობით 60:20:20. ამ სისტემით დადგენილია ღვინომასალების დამუშავების ოპტიმალური კონცენტრაცია და დრო (ცხრილი).

ოპტიმალური კონცენტრაციის დასადგენად შერჩეული კომპოზიცია ღვინომასალებში შეგვკონდა 0,3-დან 3 გ/დმ³ რაოდენობით. დაკვირვება წარმოებდა 8 დღე-ღამის განმავლობაში. ცდების შედეგად გამოვლინდა კომპოზიციის ოპტიმალური მაჩვენებელი – 1,7 გ/დმ³. კომპოზიციის ოპტიმალური რაოდენობით ხდებოდა ღვინომასალების დამუშავება ზემოქმედების ოპტიმალური დროის განსაზღვრის მიზნით. დალექვის პროცესზე დაკვირვება ხდებოდა რვა დღე-ღამის განმავლობაში 24 საათიანი ინტერვალით. ცდების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ საუკეთესო შედეგები მიღებულ იქნა 6 დღე-ღამის განმავლობაში. რაც შეეხება გამწვავი კომპოზიციის გავლენას ღვინომასალებში არსებულ კოლოიდურ ნაერთებზე, აღმოჩნდა, რომ ყოველ 1 გ/დმ³ ნალექზე აუცილებელია 1,2 გ/დმ³ გამწვავი კომპოზიცია.

ლიტერატურა

1. Риберо-Гайон Ж., Пуйно Э., Риберо-Гайон П., Сюдро П. Теория и практика виноделия. –М, Легкая промышленность, 1984, №4 сс.171-204.
2. ჩხარტიშვილი ნ., წერეთელი ბ., მაჭავარიანი ფ., უგრეხელიძე შ., შათირიშვილი შ. ცეოლითური დამუშავების გავლენა ღვინომასალების ძირითად ქიმიურ მაჩვენებლებზე. /აგრარული მეცნიერებების პრობლემები V, თბილისი, 1999, გვ.7-12.
3. შათირიშვილი შ., კიდურაძე მ., წერეთელი ბ. მორდენიტის გამოყენების შესაძლებლობა ფილტრებში ღვინომასალების გასაწმენდად. /მესამე რესპუბლიკური სამეცნიერო - მეთოდური კონფერენცია ქიმიის, თბილისი, 9-12 ოქტომბერი, 2000, თეზისების ნაკრები, გ.83.

SUMMARY

FINING TREATMENT OF WINES TO AVOID BIOLOGICAL AND COLLOIDAL TURBIDITY

Shatirishvili Sh.I. and Chkhartishvili N.N

Georgian Technical University

Despite various kinds of new methods and means used in the practice of winemaking to avoid colloid and biological turbidity, stabilization of grape processing products is still a problem. In order to solve the problem, we used the following processing methods: with combigel, gelatin, bentonite, polivinilpirolidon, diatomite, natural zeolite sorbate (mordenite). From the experimental research we can conclude: in order to avoid colloid turbidity of wine materials, it is necessary to process the patterns with the mixed composition of zeolite-gelatin-polivinilpirolidon (60:20:20). 1,2 g/dm³ is needed for presipitation 1g/dm³ colloid. By the above mentioned system we found out the exact time of processing and concentrating wine materials.

Keyword: protein, lipids, colloidal substances.

ზოგიერთი მაგარი თვითნახადი სასმელების ქრომატოგრაფიული ანალიზი

მათირიშვილი შ.ი., კილაძე მ.თ., მათირიშვილი ი.შ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

კვების მრეწველობაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სპირტ-წყალხსნარების ნარევის ანალიზს, რაც გართულებულია ორი კომპონენტის – წყლისა და ეთანოლის სიჭარბით. სამუშაოში შემოთავაზებულია სპირტ-წყალხსნარების ანალიზის აირ-თხევადი და ადსორბციული ქრომატოგრაფიის ვარიანტი, ტემპერატურის პროგრამირების რეჟიმში.

არსებული ტრადიციების მიხედვით საქართველოში მოსახლეობის მიერ ყოველთვის ხდებოდა სხვადასხვა სახის თვითნახადი მაგარი სასმელების დამზადება, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავენ მავნე ნივთიერებებს და რომელთა რაოდენობაც ბუნებრივია არ არის რეგლამენტირებული.

სამუშაოს მიზანს შეადგენდა ისეთი ეროვნული თვითნახადი სასმელების შედგენილობის შესწავლა, როგორიცაა ჭაჭისა და ქერის არაყი.

მიუხედავად იმისა, რომ სპირტ-წყალხსნარები არ ხასიათდებიან კომპონენტთა დიდი რიცხვით, ორი კომპონენტის, წყლისა და ეთანოლის სიჭარბე და არსებითად სხვადასხვა დუდილის ტემპერატურის მქონე კომპონენტების არსებობა, საკმაოდ ართულებს დასახული ამოცანის შესრულებას.

მსუბუქი კომპონენტები ჩვეულებრივ განისაზღვრება აირადი ქრომატოგრაფიის მეთოდით ისეთი სელექტიური ფაზის გამოყენებისას, როგორიცაა პოლიეთილენგლიკოლი 300 და 400. უფრო მაღალი დუდილის ტემპერატურის მქონე კომპონენტებისათვის ეს მეთოდი გამოსადეგია ამ ფაზებისათვის შეზღუდული ტემპერატურის ფარგლებში. ასევე ვერ ხერხდება პოლიეთილენგლიკოლის ტიპის დიდი მოლეკულური მასების მქონე ფაზების გამოყენება სწრაფად დუღებადი კომპონენტების დასაცილებლად. საკითხის გადასაწყვეტათ იძულებული ვართ ვისარგებლოთ საკმაოდ რთული სქემით, რაც მდგომარეობს ტემპერატურული პროგრამირების რეჟიმში, აირ-თხევადი და ადსორბციული ქრომატოგრაფიის ვარიანტის გამოყენებაში.

ნარევის ანალიზისათვის ფირმა „სუპელკოს“ მიერ იწარმოება კარბოპაკთა სპეციალური სორბენტები უძრავი ფაზის მცირე რაოდენობით, რომელიც დამზადებულია პროფ. ფ.ბრუნერის მიერ შემუშავებული კარბოპაკული სორბენტების ფუძეზე [1].

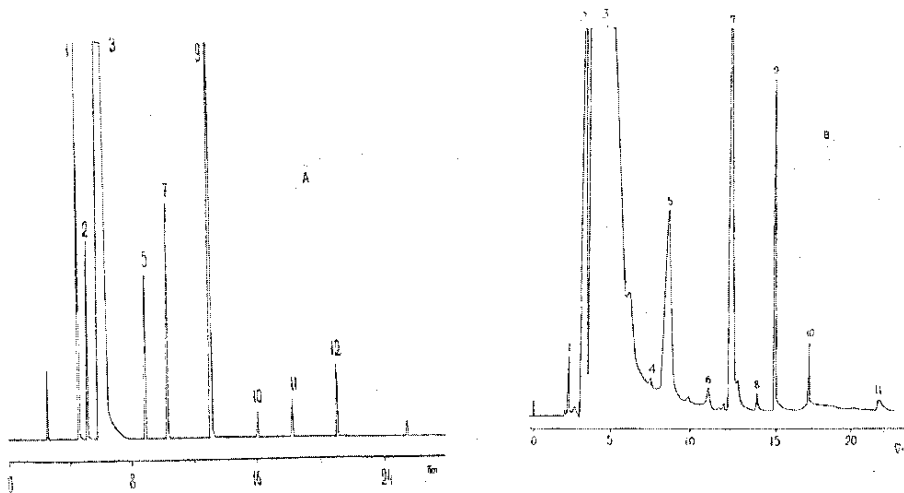
ქრომატოგრაფ „ბიოქრომ-2A“-ზე ვსაზღვრავდით ეთილის სპირტის საერთო შემცველობას ეთანოლის საკალიბრო ხსნარის მიხედვით. სპირტების სხვა კომპონენტებისაგან (არასპირტებისაგან) დასაცილებლად ვიყენებდით სპეციალური დანიშნულების სვეტს და შეჯამებულად ვსაზღვრავდით ამ ორი ჯგუფის კომპონენტებს. 1,1 მ სიგრძის სვეტი შედგებოდა ხრომატონ-N-ზე დაფენილი 1 მ სიგრძის აპიეზონ L და 0,1 მ პოლიეთილენგლიკოლ 20M სორბენტებისაგან. სვეტის ტემპერატურა იყო 130 °C, დეტექტორისა თბოგამტარობის მიხედვით 18 0°C, ამაორთქლებლისა კი 200 °C. აირ-მატარებელი აზოტი მიეწოდებოდა 30 სმ³ წთ სიჩქარით. მიღებული შედეგები თვითნახადი სასმელებისათვის ჭაჭისა და ქერის არაყი მოცემულია ცხრილში და ნახაზზე.

განსხვავებით მონოგრაფიაში [2] მოყვანილი თვისობრივი მონაცემებისა, ჩვენს მიერ ჩატარებულ იქნა საკვლევი ობიექტების კომპონენტთა რაოდენობრივი განსაზღვრა და გამოყენებულ იქნა ანალიზის განსხვავებული რეჟიმი, რისთვისაც გამოყენებულ იყო უძრავი ფაზა პოლიეთილენგლიკოლ 20M დამყობილი ფაზით შევსებული 25 მ X 0,25 მმ სიგრძის კაპილარული სვეტი, ტემპერატურის პროგრამირებით 70 °C დან 160 °C მდე. შედეგები მუშავდებოდა ინტეგრატორზე პიკების ფართობის გაზომვით.

შემუშავებული ანალიზის ქრომატოგრაფიული მეთოდები საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ სპირტ-წყალხსნარების შედგენილობა.

თვითნახადი სასმელების ჭაჭისა და ქერის არაყის ქრომატოგრაფიული ანალიზის შედეგები

პიკის N	კომპონენტები	კონცენტრაცია წონით %	
		ჭაჭის არაყი	ქერის არაყი
1.	აცეტალდეჰიდი	0,01	0,0025
2.	მეთანოლი	0,001	0,185
3.	ეთილის სპირტი	48,5	31,5
4.	2-პროპანოლი	—	0,005
5.	1-პროპანოლი	0,03	0,049
6.	იზოამილაცეტატი	—	0,113
7.	H-ბუთანოლი	0,001	0,002
8.	ეთილკაპრილატი	—	0,022
9.	ამილის სპირტები	0,003	0,003
10.	H-ჰექსანალი	0,001	0,001
11.	ეთილკაპრილატი	0,001	0,002



A-ჭაჭის და B-ქერის არაყის კომპონენტთა დაყოფის ქრომატოგრამა. პიკების აღნიშვნა მოცემულია ცხრილში, დაყოფის პირობები კი ტექსტში.

ამრიგად, აირ-თხევადი და ადსორბციული ქრომატოგრაფიის ვარიანტის გამოყენებით ქართულ ნაციონალურ თვითნახად სასმელებში, როგორცაა ჭაჭისა და ქერის არაყი, განსაზღვრულ იქნა მათალმადუღარი კომპონენტები. ამასთანავე ნაჩვენები იქნა, რომ ქერის არაყი მნიშვნელოვნად დიდი რაოდენობით შეიცავს ისეთ მავნე ნივთიერებას, როგორცაა მეთანოლი.

ლიტერატურა

1. F.Bruner et al. Annali di chimicee, 66 1978, 565.
2. Шатиришвили И.Ш. Хроматография грузинских вин. –Тбилиси, Ганатлеба, 1988, 170 с.

SUMMARY

CHROMATOGRAPHIC ANALYSIS OF SOME DISTILLED SPIRITS

Shatirishvili Sh.I., Kiladze M.T. and Shatirishvili I.Sh.

Georgian Technical University

Using a variant of gas-liquid and adsorption chromatography, high-boiling components were determined in Georgian national distilled spirits such as Chacha and Barley Vodka. In addition, it was shown that Barley Vodka contains a significantly large amount of such a harmful substance as methanol.

Keywords: self-distill; selectivity.

ქართული წარმოების „ქვევრისა“ და ევროპული წესით დაყენებულ ღვინოში ნახშირბადის სტაბილური იზოტოპების ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) თანაფარდობის განსაზღვრა „OIV-MA-A312-06“ მეთოდით

ელიაშვილი ლ.ზ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესავალი

მსოფლიოში ღვინო ყოველდღიურად უფრო პოპულარული ხდება და შესაბამისად იზრდება მასზე მოთხოვნაც. მოთხოვნის გაზრდამ წარმოშვა მაღალხარისხიანი ღვინის წარმოების პრობლემა. ბაზრის მიერ მოთხოვნილი რაოდენობის დასაკმაყოფილებლად იმატა ფალსიფიკაციის შემთხვევებმა. ბოლო პერიოდში აქტუალური გახდა ხარისხისიანი ღვინის წარმოება, გაიზარდა ინტერესი კონკურენტუნარიანი ღვინის შექმნისა [1].

ღვინის გაყიდვის შემთხვევაში მისი ეკონომიკური ღირებულება მჭიდროდაა დაკავშირებული მის ისტორიასთან და მიღების კონკრეტულ ხერხთან. მაშასადამე, აუცილებელია შესრულდეს ხარისხის მაჩვენებლებისა და ეკონომიკური ასპექტის განმაპირობებელი სხვა მნიშვნელოვანი პარამეტრების ზუსტი და სწორი ანალიტიკური განსაზღვრებები [2].

ავთენტურობა არის მნიშვნელოვანი ფაქტორი კვების პროდუქტების და კვებითი კომპონენტების ან დანამატების ღირებულების დასადგენად [2,3]. პროდუქციის სწორი მარკირების კონტროლის გარდა, მხედველობაში უნდა იყოს მიღებული სათანადო ენოლოგიური პრაქტიკის შესრულების შემოწმება. ღვინოების ერთმანეთთან შერევის, ან წარმოების დროს წყლით, ალკოჰოლით, შაქრით და სხვა ტიპის დანამატებით მოდიფიცირების დასადგენად იყენებენ სხვადასხვა ანალიზურ მეთოდებს. ევროპის კავშირი არის მსოფლიო ლიდერი, კვების პროდუქტებში ნახშირბადის, ჟანგბადის და წყალბადის სტაბილური იზოტოპების კვლევის გამოყენებით, პროდუქტებში ფალსიფიკაციასთან ბრძოლაში. ეს მეთოდები, რომლებიც გამოიყენება სასმელებისა და კვების პროდუქტების ავთენტურობის შესამოწმებლად, დღეს განიხილება სტანდარტულ მეთოდებად მრავალ მაკონტროლებელ ლაბორატორიაში. ამ მეთოდების სწორი რეალიზაცია მნიშვნელოვანია წევრ-სახელმწიფოებს შორის დავების თავიდან ასაცილებლად და კვების პროდუქტისა და სასმელის იმპორტის უნიტარული კონტროლის უზრუნველსაყოფად [3].

ძირითადი ნაწილი

საანალიზოდ შერჩეული იყო ქართულ ბაზარზე არსებული კომპანიების შემდეგი დასახელების ღვინოები: ქინძმარაული, საფერავი, რქაწითელი, ალაზნის ველი და ქისი. ღვინის ანალიზი, კერძოდ ნახშირბადის სტაბილური იზოტოპების ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) თანაფარდობის გაზომვა, ჩატარდა „Thermo Scientific Delta V“ მასსპექტრომეტრზე „OIV-MA-A312-06“ მეთოდის გამოყენებით.

აშშ სტანდარტების ეროვნული ცენტრის („NIST“) მიხედვით არსებობს სერტიფიცირებული ღვინის სპირტის სტანდარტი, რომლის „ $\delta^{13}\text{C}$ “ ‰ არის -26,92. ეს სტანდარტი გვაძლევს საშუალებას დავრწმუნდეთ ხელსაწყოს გამართულ მუშაობაში.

მასსპექტრომეტრული ანალიზის დაწყებამდე საჭიროა ღვინის ნიმუშის საანალიზოდ მომზადება „OIV-MA-A312-06“ სტანდარტის შესაბამისად. რისთვისაც 250 მლ საანალიზო ღვინიდან გამოიხდება ეთილის სპირტი. მიღებული სპირტის 1 მკლ რაოდენობა, მიკროპიპეტის გამოყენებით ისხმება კალისგან დამზადებულ სპეციალურ ტიგელში და თავსდება ელემენტურ ანალიზატორში, სადაც მიმდინარეობს წვა 950 °C ზე კვარცის მილში. კვარცის მილი შევსებულია სპეციფიკური მასალით. დამწვარი სპირტიდან მიღებული ნახშირორჟანგი გაივლის კვარცის მილის შრეებს და ძირითადი ხელსაწყოს მოდულის საშუალებით („CON-FLO 3“) კაპილარების გავლით, მიეწოდება მასსპექტრომეტრის იონურ

წყაროში, სადაც ხდება ნახშირორჟანგის იონიზაცია და ხელსაწყოში არსებული კოლექტორები აფიქსირებენ იონებს რომელთა $m/z = 44; 45;$ და 46 .

აღწერილი მეთოდით ჩატარდა, ღვინის ნიმუშების ანალიზი, როგორც ქვევრის (ქვევრის ღვინო - საქართველოს საცალო ბაზარზე არსებული, ასეთი სახელწოდებით ეტიკეტირებული ღვინო) ისე ევროპული წესით დაყენებული ღვინისთვის. შედეგები მოცემულია ცხრ. 1-5.

ცხრილი 1. ქვევრისა და ევროპული წესით დაყენებული ქინძმარაულის ანალიზის შედეგები

#	ევროპული . $\delta^{13}\text{C}, \text{‰}$	„ქვევრის“ $\delta^{13}\text{C}, \text{‰}$
1	-27.14	-25.40
2	-27.58	-24.89
3	-28.04	-24.85
4	-27.44	-25.04
5	-27.74	-25.70

ცხრილი 2. ქვევრისა და ევროპული წესით დაყენებული საფერავის ანალიზის შედეგები

#	ევროპული . $\delta^{13}\text{C}, \text{‰}$	„ქვევრის“ $\delta^{13}\text{C}, \text{‰}$
1	-27.45	-24.40
2	-27.14	-24.87
3	-27.12	-25.15
4	-27.86	-25.41
5	-27.11	-24.95

ცხრილი 3. ქვევრისა და ევროპული წესით დაყენებული რქაწითელის ანალიზის შედეგები

#	ევროპული . $\delta^{13}\text{C}, \text{‰}$	„ქვევრის“ $\delta^{13}\text{C}, \text{‰}$
1	-26.98	-24.04
2	-27.36	-24.11
3	-28.12	-24.49
4	-28.27	-25.14
5	-27.75	-24.95

ცხრილი 4. ქვევრისა და ევროპული წესით დაყენებული ალაზნის ველის ანალიზის შედეგები

#	ევროპული . $\delta^{13}\text{C}, \text{‰}$	„ქვევრის“ $\delta^{13}\text{C}, \text{‰}$
1	-27.18	-24.55
2	-27.76	-25.11
3	-27.12	-25.12
4	-27.79	-24.79
5	-27.75	-24.95

ცხრილი 5. ქვევრისა და ევროპული წესით დაყენებული ქისის ანალიზის შედეგები

#	ევროპული . $\delta^{13}\text{C}, \text{‰}$	„ქვევრის“ $\delta^{13}\text{C}, \text{‰}$
1	-28.08	-24.78
2	-28.15	-25.71
3	-26.86	-24.84
4	-27.42	-25.79
5	-27.11	-25.05

მიღებული შედეგების საფუძველზე შესაძლებელია ვივარაუდოთ, რომ ევროპული წესით დაყენებული ღვინის სპირტში ნახშირბად 13 იზოტოპის ატომური წილი შედარებით უფრო დაბალია ვიდრე ქვევრის ღვინის შემთხვევაში. კერძოდ ევროპული წესით დაყენებული ყველა საანალიზო ღვინისთვის ნახშირბადის სტაბილურ იზოტოპთა თანაფარდობა მერყეობს „-27“ დან „-28“ დიაპაზონში, ხოლო ქვევრის ღვინისთვის „-24“ და „-26“ დიაპაზონში.

საანალიზოდ წარმოდგენილ, ქართულ ბაზარზე არსებული ღვინის ნიმუშებში, ნახშირბადის სტაბილურ იზოტოპთა თანაფარდობა ევრო რეგლამენტის მიხედვით, ნორმის ფარგლებშია და აკმაყოფილებს ღვინის ხარისხის მოთხოვნებს.

ლიტერატურა

1. სორდია ე. ქართული ქვევრის ღვინის ბიოქიმიური მახასიათებლების შესწავლა. დისერტაცია, თბილისი, 2021, გვ 12-30.
2. Niculaua M., Cosofret S., Cotea V.V., Nechita C.B., Odageriu G. Consideration on stable isotopic determination in Romanian wines. Consideration on stable isotopic determination in Romanian wines. //CERCETARI AGRONOMICHE IN MOLDOVA (AGRONOMIC RESEARCH IN MOLDAVIA) December 2006, 128(4), pp. 25-31.
3. Christoph N., Baratossy G., Kubanovic V., Kozina B., Rossmann A., Schlicht C., Voerkelius S. Possibilities and limitations of wine authentication using stable isotope ratio analysis and traceability. Part 2: Wines from Hungary, Croatia and other European countries. //Mitteilungen Klosterneuburg, 2004, vol. 54, pp.144-158.
4. COMPENDIUM OF INTERNATIONAL METHODS OF ANALYSIS - **OIV-MA-A312-06**

SUMMARY

DETERMINATION THE STABLE CARBON ISOTOPE RATIO ($^{13}C/^{12}C$) IN GEORGIAN "KVEVRI" AND EUROPEAN-AGED WINE USING THE "OIV-MA-A312-06" METHOD

Eliashvili L.Z.

Georgian Technical University

This article discusses the OIV-MA-A312-06 method for determining the ratio of stable carbon isotopes using the "Thermo Scientific Delta V" isotope mass spectrometer. This method is used for wine certification to confirm that the wine does not contain any added sugars of non-grape origin. The Euro regulation sets the acceptable norms for the stable carbon isotope ratio, which allows the certification of wine. The study analyzed five Georgian wines - Kindzmarauli, Saferavi, Alazani Valley, Rkatsiteli, and Kisi - and presented five samples of both "Kvevri" and European wines. The obtained results from the spectrometric analysis were compared with the norms of the Euro regulation.

Keywords: carbon, stable isotope, mass spectrometer, wine certification, isotope ratio.

ფოსფოლიპიდების გავლენა მზესუმზირას ზეთის ნეიტრალიზაციის პროცესზე

ძნელაძე ს.ჯ., სირაძე მ.გ., ზოდელავა გ.გ., სორდია ე.კ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ცხიმ-ზეთების წარმოების დარგის ინოვაციური განვითარების ერთ-ერთი თანამედროვე ტენდენცია გაზრდილი ბიოლოგიური ღირებულების მცენარეული ზეთების წარმოებაა.

საქართველოს მოსახლეობა მცენარეული ზეთების ტრადიციული მომხმარებელია და მოხმარებულ ზეთებს შორის მზესუმზირას ზეთს პირველი ადგილი უკავია. ბოლო წლებში საგრძნობლად გაიზარდა მოთხოვნილება მაღალი ხარისხის მზესუმზირას ზეთებზე, მათ უდანაკარგო და რენტაბელური ტექნოლოგიური პროცესების შემუშავებაზე.

მზესუმზირას ზეთის შედგენილობაში, გლიცეროლების გარდა ფოსფოლიპიდები, ნახშირწყლები, სტეროლები, პიგმენტები, ტოკოფეროლები და სხვ. თანმდევი ნივთიერებებია [1].

ფოსფოლიპიდები, რომლებიც რთულ ლიპიდებს მიკუთვნებიან, როგორც რაოდენობრივი, ასევე შედგენილობის და თვისებების სირთულის მიხედვით, მზესუმზირას ზეთის თანმდევი ნივთიერებების ყველაზე მნიშვნელოვანი ჯგუფია, რომლებსაც ანტიდამჟანგავი, მამულგირებელი და ტენის შემაკავებელი თვისებები გააჩნია და ავლენენ გარკვეულ ბიოლოგიურ აქტივობას [2].

გარდა ამისა, ყველაზე მნიშვნელოვანია ფოსფოლიპიდების ზედაპირულად აქტიური თვისებები, პოლარობა, პოლარიზება, ასევე ასოცირებისა და მიცელაწარმოქმნის უნარი არაპოლარულ და ნაკლებპოლარულ გამხსნელებში. მათ აქვთ უნარი შეიცვალონ ფაზური და ენერგეტიკული შემოქმედება პოლარული და არაპოლარული ფაზების გაყოფის ზედაპირზე. ამაზეა დამყარებული ფოსფოლიპიდების მამულგირებელი მოქმედება მზესუმზირას ზეთის ნეიტრალიზაციის პროცესში, რასაც მივყავართ ნეიტრალური ცხიმის მნიშვნელოვან დანაკარგებამდე.

ფოსფოლიპიდები წყალში არ იხსნება, მაგრამ იჯირჯვება, რის შედეგადაც კარგავენ ცხიმში ხსნადობას და გამოიყოფიან მისგან “ჰიდრტაციული ნალექის” სახით [1].

მზესუმზირას ზეთის ნეიტრალიზაციის პროცესში ტუტეების შემოქმედებით ფოსფოლიპიდები განიცდიან ჰიდროლიზს. სუსტ ტუტე ჰიდროლიზს მივყავართ ცხიმოვანი მჟავების და ჩანაცვლებული გლიცეროფოსფატიდების წარმოქმნასთან.

აქედან გამომდინარე, ჰიდრატირებული ზეთების ტუტე ნეიტრალიზაციის პროცესის ეფექტურობის მასაფასებლად არ არსებობს სრული ინფორმაცია ფოსფოლიპიდების მოცილების სრულ გავლენაზე რაფინატის გამოსავალიანობის მხრივ.

ფოსფოლიპიდების მამულგირებელი უნარი ზეთი-წყალი სისტემაში შესწავლილ იქნა მზესუმზირას ფოსფატიდების მაგალითზე ზოგადად მიღებული ტესტის – მოცემულ სისტემაში ფოსფოლიპიდების ტენის შემაკავებელი უნარის მიხედვით. ექსპერიმენტმა აჩვენა, რომ მოცემულ სისტემაში ფოსფოლიპიდების ტენის შეკავების უნარი რამდენჯერმე აღემატება საპნის ტენის შემაკავებელ უნარს [3].

ჩატარებული კვლევებით დადგინდა, რომ ზეთი-ტუტის სისტემაში ნეიტრალიზაციის პროცესის პირველ მომენტებში მამულგირებელ უნარს ფოსფოლიპიდები ამჟღავნებს, ვინაიდან საპნი, ჰეტეროგენულ სისტემაში მისი წარმოქმნის უფრო დაბალი სიჩქარის გამო, ჯერ კიდევ უნდა წარმოიქმნას, რაც გავლენას ახდენს რაფინატის გამოსვლიანობაზე.

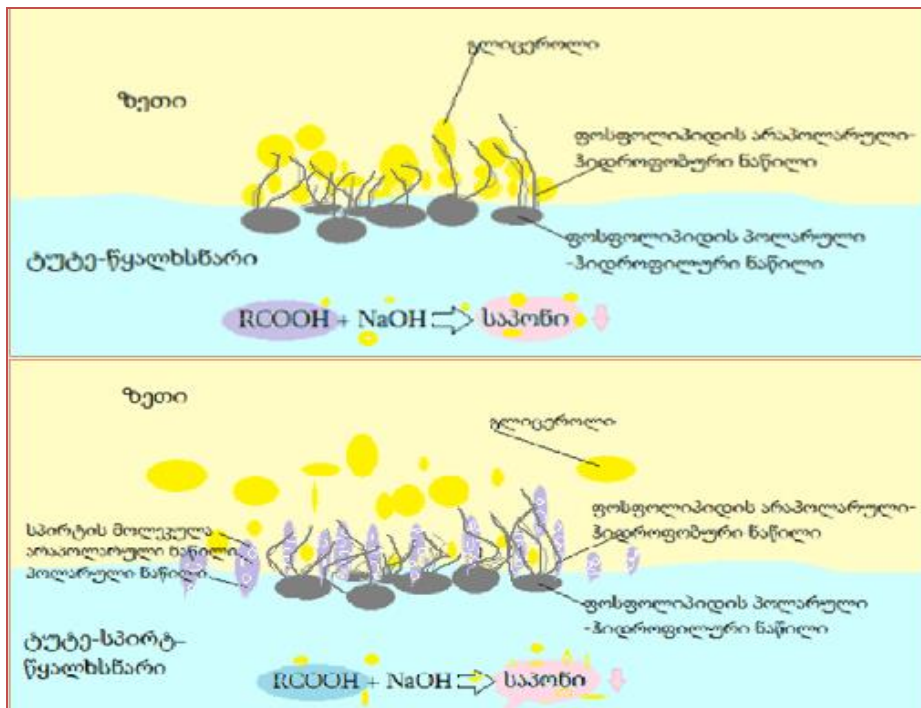
მოცემულ სამუშაოში მზესუმზირას ზეთის მიღებულ ემულსიურ მეთოდთან მიმართებაში, ტუტე ნეიტრალიზაციის პროცესში, ფოსფოლიპიდების აღნიშნული უნარის ჩახშობის მიზნით, ტუტე რეაგენტის შედგენილობაში შეტანილ იქნა ნორმალური აგებულების ალიფატური სპირტი - ეთანოლი.

ცხიმოვანი მჟავების ექსტრაქციების გარდა, ეთანოლით შესაძლებელია მოხდეს ფოსფოლიპიდების მამულგირებელი ქმედების ჩახშობა და წარმოქმნილი ემულსიის სტაბილურობის შემცირება.

როგორც ცნობილია, ფოსფოლიპიდების მამულგირებელი მოქმედება ზეთი-წყალი სისტემაში აიხსნება ფაზათაშორის ზედაპირზე მათი ზედაპირული აქტივობის გამოვლინებით, რასაც თან ახლავს ფოსფოლიპიდების მიცელების წარმოქმნა და ტრიგლიცეროლების მოლეკულების სოლუბილიზაცია (მათ შიგნით გახსნა).

ზეთი-ტუტეწყალხსნარის სისტემაში ალიფატური სპირტების შეტანა იწვევს მიცელების ზედაპირულ შრეში მათ დამაგრებას. ამ დროს სპირტების პოლარული ჯგუფები მიმართულია წყლის ფაზაში, ხოლო ნახშირწყალბადების არაპოლარული ჯგუფები - მიცელების შიგნით. ეს იწვევს ემულსიის სტაბილურობის შემცირებას და ფაზათაშორის ზედაპირიდან ტრიგლიცეროლების ნაწილის გადაადგილებას [4].

ფაზათა გაყოფის ზედაპირზე ალიფატური სპირტების მოლეკულების არსებობა, არშესული მოლეკულათშორის ურთიერთქმედებაში ტრიგლიცეროლების მოლეკულებთან, რომლებიც იმყოფებიან მიცელების შიგნით, განაპირობებს ფაზათა გამყოფ ზედაპირიდან ფოსფოლიპიდების გადასვლას ზეთის ფენაში, ანუ მათ გადასვლას კოლოიდური ხსნარის მდგომარეობაში. ეს აიხსნება სპირტების კონკურენტული მოქმედებით, რომლებიც გამოირჩევა უკეთესი ხსნადობით წყლის ფაზაში, ვიდრე ფოსფოლიპიდები (ნახ. 1).



ნახ. 1. სპირტის მოქმედების მექანიზმი ზეთის ნეიტრალიზაციის პროცესში

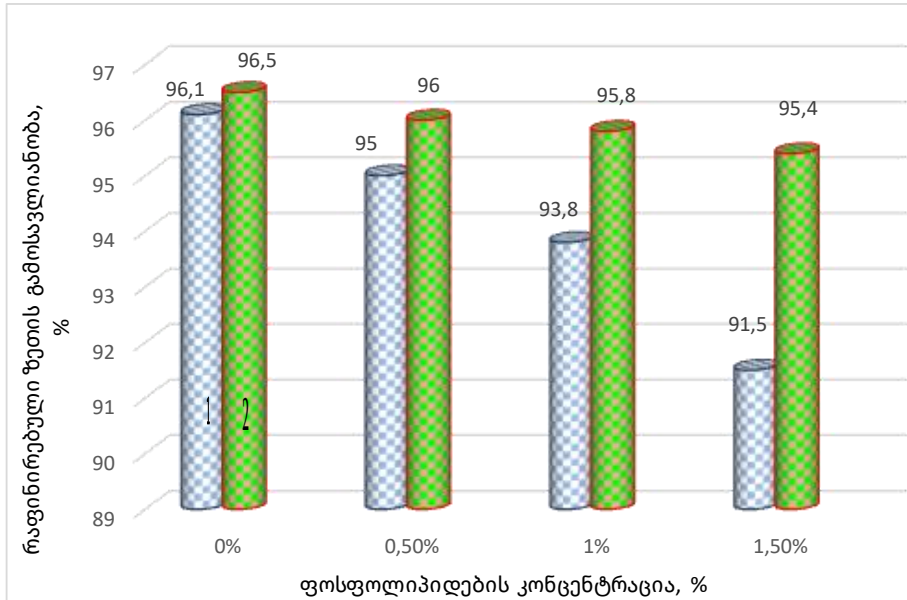
ფაზათა გამყოფ შრეში მყოფი სპირტების მოლეკულები, მაგრამ არშესული ფოსფოლიპიდების მიცელებთან მოლეკულათშორის ურთიერთქმედებაში, ხელს უწყობენ საპნის მოლეკულების კონცენტრაციის შემცირებას ფაზათა გამყოფ ზედაპირზე, ხოლო ტუტის ხსნარში არსებული სპირტის მოლეკულები, ხელს უშლის წარმოქმნილი საპნის ჰიდროლიზს და აქვეითებს მის ხსნადობას, რაც განაპირობებს მესამე ფაზის წარმოქმნას (სოაპსტოკი).

სპირტ-წყალხსნარებით ნეიტრალიზაციისათვის სპირტის კონცენტრაცია ექსპერიმენტის ერთ სერიაში ხსნარის საერთო მოცულობის 5%-ს შეადგენდა (ნახ. 2).

წარმოდგენილი გრაფიკული გამოსახულებების თანახმად, ცხადი ხდება, რომ ზეთებში ფოსფატიდების კონცენტრაციის ცვალებადობის მთელ დიაპაზონში, ჩვეულებრივ

ნეიტრალიზაციასთან შედარებით ეთილის სპირტის შეტანა ხელს უწყობს რაფინატის გამოსავლიანობის ზრდას.

NaOH-ის კონცენტრაცია ტუტის სპირტ-წყალხსნარებით ნეიტრალიზაციისათვის, აგრეთვე მისი ნაჭარბი, მაღალი ხარისხის რაფინირებული ზეთის მისაღებად, განვსაზღვრეთ ნედლი ზეთის მჟავური რიცხვის მიხედვით [4].



ნახ. 2. მზესუმზირას ზეთის ნეიტრალიზაციის შემუშავებული ტექნოლოგია: C[RCOOH] – 1,5%; C[NaOH] – 50 გ/ლ+ 10%;

1 - ნეიტრალიზაცია ტუტის წყალხსნარით; 2 - ნეიტრალიზაცია ტუტის სპირტ-წყალხსნარით.

ამრიგად, შემუშავებულია მზესუმზირას ზეთების ტუტე ნეიტრალიზაციის მეთოდი ტუტე-სპირტ-წყალხსნარების გამოყენებით. სპირტად აღებულია ალიფატური სპირტი - ეთანოლი, რომელიც უზრუნველყოფს ფოსფოლიპიდების ემულგირების უნარის ჩახშობას. ტუტე ხსნარში სპირტების კონცენტრაცია არა ნაკლებ 5%-ია. დამუშავებული ტექნოლოგიის უპირატესობაა რაფინატის გამოსავლიანობის გაზრდა 3,5-4,0 %-მდე მაღალი ხარისხის საკვები მზესუმზირას ზეთის მიღებით.

ლიტერატურა

1. Тютюнников Б.Н. Химия жиров. -М., Пищевая промышленность, 1984, с. 384, 448.
2. Технология переработки жиров. (Под ред. Н.С.Арутюняна), М., Агропромиздат, 1985, с. 22-28.
3. ძნელაძე ს.ჯ. დისერტაცია „მზესუმზირას ადგილობრივი ნედლეულისაგან წარმოებული ზეთების რაფინირების ინოვაციური ტექნოლოგიის შემუშავება“. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2021.
4. Руководство по технологии получения и переработки растительных масел и жиров (Под редакцией Сергеева А.Г. и Ржехина В.П.). -Л., ВНИИЖ, 1974, т.1, кн.2, сс. 300-450.

SUMMARY

INFLUENCE OF PHOSPHOLIPIDS ON THE NEUTRALIZATION PROCESS OF SUNFLOWER OIL

Dzneladze S.J., Siradze M.G., Zodelava G.G. and Sordia E.K.

Georgian Technical University

The method of alkaline neutralization of sunflower oils using alkali-alcohol-water solutions has been developed. Ethanol is used as alcohol. It provides suppression of the ability to emulsify phospholipids. The concentration of alcohol in the alkaline solution is not less than 5 %. The advantage of the processed technology is the increase in the raffinate to 3.5 - 4.0 % and high quality edible sunflower oil is obtained.

Keywords: phospholipids, sunflower oil, neutralization process.

მოცვის გამოყენების პერსპექტივა მოხარშული ძეხვის წარმოებაში

ბოკერია ა.შ., სარაჯიშვილი ქ.გ., ძნელაძე ს.ჯ., სორდია ე.კ., პაპავა ლ.შ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხორცის გადამამუშავებით მიღებული პროდუქტების მრავალფეროვან ასორტიმენტს შორის არის ძეხვეულის ნაწარმი. ღორი და ძეხვი ერთერთი ყველაზე მოთხოვნილი ხორც-პროდუქტია ცხოვრების თანამედროვე წესის და აჩქარებული რიტმის გამო, არის ნოყიერი და მადის აღმძვრელი. ძეხვი შეიცავს სათანადო რაოდენობით ორგანიზმისათვის აუცილებელ ამინომჟავებს, ვიტამინებსა და მინერალებს, არის ცილის მნიშვნელოვანი წყარო [1,2].

ხორცპროდუქტების გამდიდრება შესაძლებელია ჯანმრთელობისთვის სასარგებლო ინგრედიენტების დამატებით. ძეხვების დანამატებით გამდიდრება განაპირობებს პროდუქტის კვებითი ღირებულების მიზანმიმართულად გაზრდას, პროდუქტისათვის ფუნქციური დანიშნულების მინიჭებას. ამ მიზეზით, ხორცის მრეწველობის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ამოცანაა ძეხვის პროდუქტების ასორტიმენტის გაუმჯობესება მოთხოვნების შესაბამისად. ძეხვებში ინგრედიენტების გამოყენებამ შესაძლოა გავლენა მოახდინოს მიკრობულ და ქიმიურ სტაბილურობაზე.

მოხარშული ძეხვი ერთ-ერთი ყველაზე მოთხოვნილი ხორცპროდუქტების სახეობაა. იგი მდიდარია ვიტამინებითა და მინერალური მარილებით.

ჭარბი რაოდენობით რაფინირებული საკვების მოხმარების შედეგად, ბოლო წლებში, 40–60 %-ით შემცირდა ადამიანისათვის აუცილებელი ბიოლოგიურად მნიშვნელოვანი ვიტამინების, მიკრო- და მაკროელემენტების რაოდენობა საკვებში [3,4]. აქედან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია ორგანიზმის დამცავი და ადაპტაციური თვისებების გამაძლიერებელი ბუნებრივი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების შემცველი პროდუქტების შეტანა კვების პროდუქტებში. ძეხვის ფარში ცალკეულად შეტანილი ვიტამინები A,E,B,C იწვევს ცხიმის დაჟანგვის პროცესის ინჰიბირებას და ამ პროცესში მათ რღვევას. ამიტომაც აქტუალურია ძეხვების გამდიდრება სხვადასხვა მცენარეული წარმოშობის დანამატით.

მოხარშული ძეხვის წარმოება ჩვენ მოცვის დანამატით განვახორციელებთ.

მოცვის ნაყოფი მრავლად შეიცავს ვიტამინების კომპლექსს, რომელთა დეფიციტი იწვევს სხვადასხვა დაავადებებს [5,6]. ამასთან, მცენარეული წარმოშობის საკვებ დანამატებზე მოთხოვნა, ერთ-ერთი მთავარი ტენდენციაა თანამედროვე მსოფლიოს სურსათის ბაზარზე [7].

მოცვი შეიძლება განვიხილოთ როგორც ფუნქციური დანიშნულების კვების პროდუქტი, რომელიც ზოგიერთი დაავადების პრევენციასა და პროფილაქტიკაში ასრულებს მნიშვნელოვან როლს. მოცვის ამ თვისებებს განაპირობებს მოცვში შემავალი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების დიდი რაოდენობა. ის არის ანტიოქსიდანტების, A, C, B და K ვიტამინების, მანგანუმის, სპილენძისა და საკვები ბოჭკოს შესანიშნავი წყარო; შეიცავს შაქრებს (გლუკოზა, ფრუქტოზა), ამინომჟავებს, ასევე რძის, ლიმონის, ვაშლის მჟავებს და პექტინებს, კატეხინებს, მთრიმლავ ნივთიერებს, ფლავონოიდებს, ტანინებს (რომლებიც თრგუნავენ ანთებით პროცესებს) და სხვა სასარგებლო ნაერთებს, ის ძალიან მდიდარია ბუნებრივად წარმოქმნილი ელავის მჟავით. 100 გ ნაყოფში პოლიფენოლების მთლიანი შემცველობა მერყობს 48–304 მგ-მდე, რაც დამოკიდებულია ჯიშზე, გარემო პირობებსა და სიმწიფეზე. ანთოციანინები მოცვის მთავარი ანტიოქსიდანტური ნაერთებია. მოცვი არის დაბალკალორიული (100 გ ცოცხალი ნაყოფის საშუალო ენერგეტიკული ღირებულება შეადგენს 46 კკალ), მაგრამ ნუტრიენტებით მდიდარი კულტურაა (ცხრ.1).

ჩვენ შევისწავლეთ საქართველოში გავრცელებული ლურჯი მოცვის ქიმიური შემადგენლობა, რომელიც მოტანილია ცხრ. 1-ში:

ცხრილი 1. მოცვის მაკრო/მიკრო ნუტრიენტების შემადგენლობა 100 გრამზე

შემადგენლობა	რაოდენობა	შემადგენლობა	რაოდენობა
ნახშირწყლები	14,22 გ	ფოსფორი	9,1 მგ
ცილები	0,72 გ	რკინა	1,1 მგ
ცხიმები	0,32 გ	ასკორბინის მჟავა	20 მგ
საკვები ბოჭკო	2,51 გ	ვიტამინი K	19,4 მკგ
კალიუმი	52,3 მგ	ვიტამინი B	0,03 მგ
კალციუმი	38,0 მგ	ვიტამინი PP	0,38 მგ
მაგნიუმი	8,1 მგ	ნაცარი ელემენტები	0,23 გ
ნატრიუმი	7,2 მგ	წყალი	84,23 გ

მოხარშული ძეხვის წარმოებაში ლურჯი მოცვი დღემდე არ გამოყენებულა. ამოცანას გამოყენებული საწყისი ნედლეულის სასარგებლო თვისებების შენარჩუნება წარმოადგენდა საბოლოო პროდუქტში.

ძირითად რეცეპტურად ავირჩიეთ მოხარშული „საექიმო“ ძეხვის დამზადების რეცეპტი. დამატებით ნედლეულად შევიტანეთ მოცვის ნაყოფი (5–15 % რაოდენობით). შევისწავლეთ მიღებული პროდუქტის ორგანოლეპტიკური და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები, შევარჩიეთ მოცვის ოპტიმალური დოზა.

პროდუქტი ტრადიციული მეთოდით დავამზადეთ (ცხრ.2, ნახ.1). თავდაპირველად უმაღლესი ხარისხის ღორის უცხიმო ხორცს დავამატეთ პირველი კატეგორიის საქონლის ხორცი, დაჭერით და გავატარეთ ხორცსაკვებ მანქანაში, გადავიტანეთ ბლენდერში, სადაც საქონლო რაოდენობებით დავამატეთ კვერცხი, რძის ფხვნილი და სხვა დამატებითი ინგრედიენტები და დავაბლენდერეთ. დაჟანგვის პროცესის თავიდან აცილების მიზნით ნარევი ჩავამატეთ ასევე C ვიტამინი. მოცვის ცალკე გავუკეთეთ ბლანშირება – დავაბლენდერეთ ისეთ ზომებზე, რომ მზა ძეხვში კარგად გამოჩენილიყო ჩანარები (არ დავაქუცმაცეთ ძალიან წვრილ ნაწილებად). ცალკეულ ექსპერიმენტებში მოცვი სხვადასხვა რაოდენობებით დავამატეთ თავის წვეთთან ერთად. შესაბამისად, ვაკორექტირეთ დამატებული წყლის რაოდენობა. საბოლოოდ მოცვი შევიტანეთ დამუშავებულ ფარში და მოვახდინეთ დანამატის შერევა გადახეღვით 8–10 წთ-ის განმავლობაში. მიღებული მასა ხორცსაკვები მანქანის საშუალებით მოვათავსეთ პოლიამიდის გარსაცმში, ძეხვის თავი და ბოლო შევკარით თოკით და მაცივარში 6–8 °C-ზე 2–3 სთ-ის განმავლობაში გავაჩერეთ. მაცივარში დაყოვნების შემდეგ ძეხვი მოვხარშეთ წყალში (შეფუთულ მდგომარეობაში) 75 °C-ზე და ხარშვა გავაგრძელეთ მანამ, ვიდრე ძეხვის გულის ტემპერატურამ არ მიაღწია 72 °C-ს. ბოლოს მზა ძეხვი ჯერ გავაგრილეთ ცივი წყლით და შემდეგ მოვათავსეთ მაცივარში 2–4 °C-ზე .

ცხრილი 2. მოხარშული ძეხვი მოცვით - რეცეპტურა

ინგრედიენტები	I ექსპერიმენტი	II ექსპერიმენტი	III ექსპერიმენტი
ძირითადი ნედლეული			
ღორის ხორცი უცხიმო, კგ	0,7	0,7	0,7
საქონლის ხორცი, კგ	0,25	0,25	0,25
კვერცხი, კგ	0,03	0,03	0,03
რძის ფხვნილი, კგ	0,02	0,02	0,02
დამატებითი ნედლეული			
მოცვი, კგ	0,05	0,1	0,15
მარილი, კგ	0,02	0,02	0,02
ვიტამინი C, კგ	0,0005	0,0005	0,0005
შაქარი, კგ	0,002	0,002	0,002
შავი პილპილი (მარცვლოვანი), კგ	0,0006	0,0006	0,0006
სურნელოვანი პილპილი, კგ	0,0003	0,0003	0,0003
მუსკატის კაკალი, კგ	0,0005	0,0005	0,0005

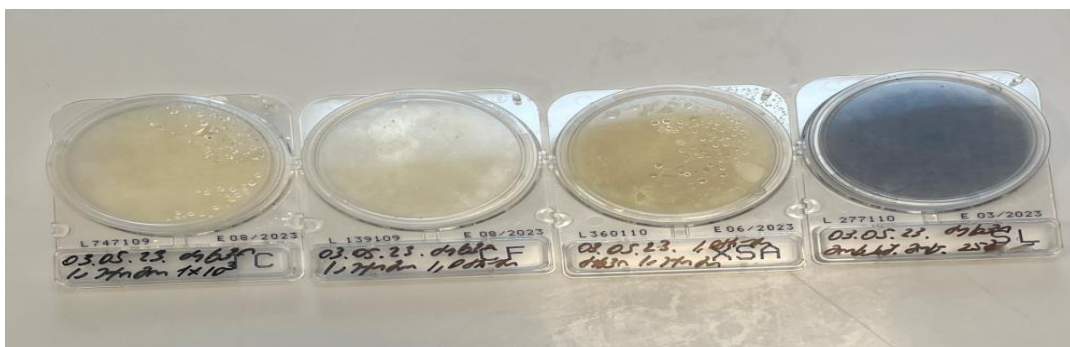
ექსპერიმენტების საფუძველზე გადაწყვიტეთ, საბოლოო პროდუქტის დასამზადებლად შეგვერჩია მოცვის დანამატის ის რაოდენობა, რომელიც უმჯობესი იქნებოდა ვიზუალურად, ორგანოლექტიკურად და ასევე მასში მოცვიდან გადასული C ვიტამინის რაოდენობით. ყველაზე ოპტიმალური ვარიანტი მივიღეთ 10 %-იანი მოცვის შემცველ ძეხვში. შესაბამისად, კვლევები სწორედ ამ უკანასკნელზე ჩავატარეთ. ნედლეულის მასის 10 % რაოდენობით მოცვის დამატებისას ძეხვში აღინიშნებოდა დამახასიათებელი სპეციფიკური სასიამოვნო გემო/არომატი, მოცვის 5 %-იან შემცველობაში კარგად არ იგრძნობოდა მოცვის გემო და ასევე ვიზუალურად არ იყო გამოკვეთილი. ხოლო 15 % დანამატით, ძეხვი მოცვისათვის დამახასიათებელი მკვეთრი არომატითა და გემოთი გამოირჩეოდა, ამასთან ძეხვის შეფერილობა არ იყო სასურველი (მომწვანო-იისფერი). სენსორული შეფასების შედეგების საფუძველზე გადაწყდა ნიმუშების შესწავლის გაგრძელება 10 %-იან მოცვის შემცველობაზე.

ჩავატარეთ შერჩეული ნიმუშის ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ანალიზები – განვსაზღვრეთ C ვიტამინის შემცველობა, pH, ტიტრული მჟავიანობა, ცილის რაოდენობა, ცხიმის შემცველობა, ტენიანობა და მშრალი ნივთიერებები (ცხრ.3), მეზოფილური აერობული და ფაკულტატიური ანაერობული მიკროორგანიზმების რაოდენობა (მაფანმრ), კოლიფორმები, სალმონელა, სულფიტმარედუცირებელი კლოსტრიდიები, სტაფილოკოკუს აურეუსი, ლისტერია (სურ. 1). მიკრობიოლოგიურმა ანალიზებმა უარყოფითი შედეგი მოგვცა, რაც ნიშნავს, რომ დამზადებული ძეხვი არ შეიცავს პათოგენურ მიკროორგანიზმებს.

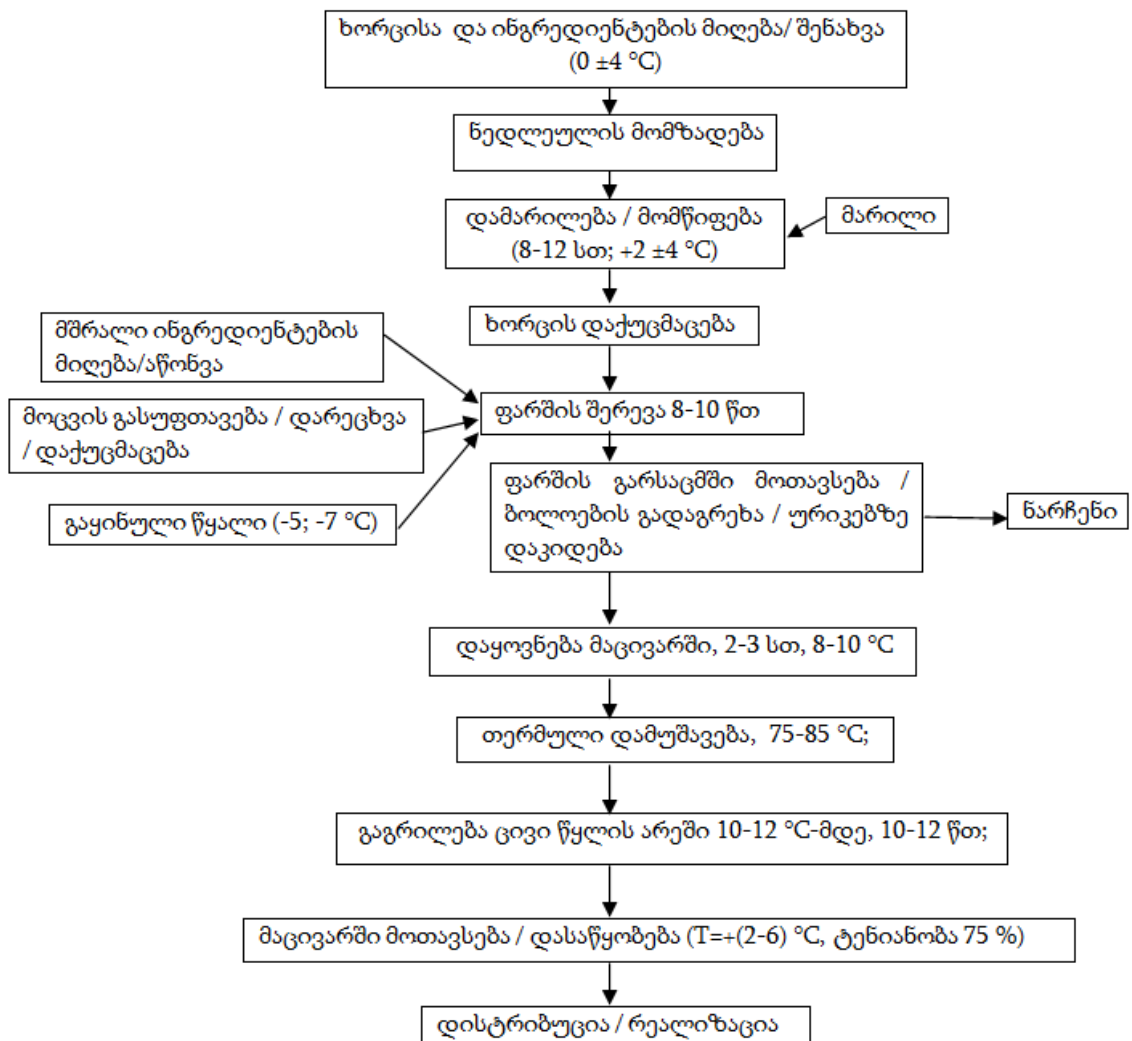
ცხრილი 3. დამზადებული ძეხვის ქიმიური პარამეტრები

№	ანალიზის სახელწოდება	შედეგი	ზღვ
1	ასკორბინის მჟავა, %	0,05	0,05
2	ცილა, %	15,62	15–20
3	ცხიმი, %	4,56	3–12
4	ტენიანობა, %	70,79	70–75
5	მშრალი ნივთიერებები, %	29,31	25–30
6	მჟავიანობა, pHH	6,1	6,0–6,2
7	ტიტრული მჟავიანობა, T	50	45–60

მიღებული შედეგები აბსოლუტურად აკმაყოფილებს ხორცპროდუქტებზე წაყენებულ მოთხოვნებს და პროდუქტი მიკრობიოლოგიურად სუფთაა.



სურ. 1 მიკრობიოლოგიური ანალიზები ძეხვზე



ნახ.1 მოცვის დანამატით მოხარშული ძეხვის წარმოების სქემა

საცდელი ექპერიმენტების შედეგად შემუშავებულია ახალი რეცეპტურა და მის საფუძველზე დამზადებულ იქნა სასიამოვნო ფერის, სუნისა და გემოს (მოცვის არომატის) მქონე ახალი პროდუქტი, რომელიც არ შეიცავს სინთეზურ ან ხელოვნურ დანამატებს. ვიტამინებით, ნუტრიენტებით და მინერალებით მდიდარი მოცვის დამატებამ დადებითად იმოქმედა პროდუქტის ორგანოლეპტიკურ თვისებებზე, ტექსტურა მივიღეთ ნაზი და ერთგვაროვანი, ფერი – ძეხვისათვის მახასიათებელი, გაიზარდა მოხარშული ძეხვის კვებითი და ბიოლოგიური ღირებულება და შენახვის ვადები 1 კვირით.

ლიტერატურა

1. FAO. Small-scale sausage production, food and agriculture organization of the United Nation, Rome. ISBN: 92-5-102187-2, 2007.
2. Olagunju A., Nwachukwu I. The differential effects of cooking methods on the nutritional properties and quality attributes of meat from various animal sources. //Croat. J. Food Sci. Technol., Canada, 2020, 1, pp. 37-47.
3. Mora B, Curti E, Vittadini E, Barbanti D. Effect of different air/steam convection cooking methods on turkey breast meat. // Meat Science, 2011; 88(3), pp. 489–497. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.01.033>.
4. Tornberg E. Effects on heat on meat proteins-Implications on structure and quality of meat products. //Meat Science, 2005, 70(3), pp. 493–508. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.11.021>.

5. Fatrcová-Šramková K., Schwarzová, M., Juríková, T. Healthy eating index and different fruitdietary habits in Slovak adult female. // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences , 2019, Vol. 13, pp. 89-93.
6. Géci, A., Krivoší-ková, A., Nagyová, L, & Cagáňová, D. The influence of lifestyle on consumerbehavior and decision-making in research aimed at protein bars. // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences, 2020, Vol. 14, pp. 89-93.
7. Functional meat products: what's coming in the future? URL : <http://www.produkt.by/technic>.

SUMMARY

PROSPECTS FOR THE USE OF BLUEBERRIES IN THE PRODUCTION OF BOILED SAUSAGES

Bokeria A.Sh., Sarajishvili K.G., Dzneladze S.J., Sordia E.K. and Papava L.Sh.

Georgian Technical University

Among meat products, sausage is distinguished by its variety, different production technologies, and, accordingly, organoleptic and physical characteristics. The article discusses the issue of expanding the range of cooked sausages, improving their quality and nutritional value, and obtaining a product with excellent taste properties. The addition of blueberries to the sausage recipe is proposed and the chemical composition of the sausage cooked with the addition of blueberries is studied.

Keywords: Boiled sausage, blueberries, biological efficiency, technology.

ქემომეტრიკა ფარმაცევტური და კოსმეტიკური პროდუქტების ინსტრუმენტულ ანალიზში

მახვილაძე მ.გ., კახიძე ნ.ა., სამხარაძე მ.გ., ენდელაძე ნ.ო.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

თანამედროვე ფარმაცევტულ წარმოებაში და კოსმეტიკური პროდუქტების ხარისხის შეფასების სტანდარტულ მეთოდებში ჯერ კიდევ დიდი ადგილი უკავია ანალიზის კლასიკურ მეთოდებს. ამავდროულად, აღსანიშნავია ამ სფეროში მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფიის (მესქ) მეთოდების გამოყენების არეალის მნიშვნელოვანი გაზრდა. ეს სრულიად ლოგიკურია, რადგანაც მესქ მეშვეობით შესაძლებელია მედიკამენტებსა და კოსმეტიკურ ნაწარმში პრაქტიკულად ყველა ორგანული ინგრედიენტის განსაზღვრა და მეტიც, დღესდღეობით ამისათვის საჭირო ყველა მეთოდიკა დამუშავებულია. ამავე დროს, მესქ ახასიათებს ანალიზის საკმაოდ დიდი ხანგრძლივობა, შრომატევადობა და წარმოების პირობებში გამოყენებისას, ნიმუშების ლაბორატორიებში გადატანის აუცილებლობა. ყოველივე ეს გარკვეულ წილად ზღუდავს მის გამოყენებას საწარმოთა ტექნოლოგიური პროცესის პარალელურად მიმდინარე უწყვეტი კონტროლისთვის (on-line და in-line ანალიზი) [1].

ამ მხრივ ყველაზე პერსპექტიულია სპექტროფოტომეტრია, კერძოდ კი, ანალიზი ახლო ინფრარითელ სპექტრში (აიწ). მისი გამოყენება შესაძლებელია ფარმაცევტული და კოსმეტიკური წარმოების პრაქტიკულად ყველა საფეხურის უწყვეტი კონტროლისათვის, დაწყებული ნედლეულის ანალიზით დამთავრებული მზა პროდუქციის ერთგვაროვნების კონტროლით [2].

ტექნიკური თვალსაზრისით, აიწ-სპექტრული ანალიზი 800–1500 ნმ დიაპაზონში გამოიყენება. მისი მახასიათებლებია: მაღალი სისწრაფე, დაბალი შრომატევადობა და ღირებულება, ექსპრესიულობა, განსაზღვრის არადესტრუქციული პროცესი, მოხერხებულობა, საწარმოო დანადგარებთან ინტეგრაციის გარკვეული სიმარტივე [3].

მულტიტალღური სპექტროფოტომეტრიის და კერძოდ აიწ-სპექტრომეტრიის კლასიკური ნაკლი – ანალიზის შედეგების საკმაოდ დიდი მასივების დამუშავების სირთულე დღესდღეობით გადალახულია. ეს შესაძლებელი გახდა, პირველ რიგში, თანამედროვე გამოთვლითი ტექნიკის გამოყენებით და მეორე - მონაცემთა მასივების ქემომეტრიკული მეთოდებით დამუშავებით.

ქემომეტრიკა წარმოადგენს ქიმიურ დისციპლინას, რომელიც იყენებს ფორმალურ ლოგიკაზე დაფუძნებულ, მათემატიკურ, სტატისტიკურ და სხვა მეთოდებს ანალიზის ოპტიმალური მეთოდის შერჩევასა და ექსპერიმენტის დაგეგმვისათვის, აგრეთვე ცდების შედეგად მიღებული მონაცემების ანალიზის დროს მეტად მნიშვნელოვანი ინფორმაციის გამოსავლენად, ხოლო ამ ინფორმაციაზე დაყრდნობით, საანალიზო ქიმიური სისტემის შესახებ სასურველი ცოდნის მისაღებად.

ქემომეტრიკის არსენალიდან ამჯერად განვიხილოთ ე.წ. „ფირორდტის მეთოდი“. შთანთქმის ცნობილი მაჩვენებლების მქონე ორი ნაერთის ნარევის რაოდენობითი ანალიზი ხაზოვანი განტოლებების სისტემის ამოხსნის გზით პირველად აღწერილია კ. ფირორდტის მიერ 1873 წელს [4].

მეთოდი გულისხმობს შთანთქმის მოლური (ან კუთრი) კოეფიციენტების მნიშვნელობების წინასწარ დადგენას. თუ საკვლევი სისტემა ადიტიურია (ანუ სისტემაში შემავალი ცალკეული კომპონენტების ოპტიკურ სიმკვრივეთა ჯამი ნარევის ოპტიკური სიმკვრივის ტოლია), ხოლო კომპონენტების კონცენტრაციები – ერთი რიგის სიდიდეებია. ფირორდტის მეთოდი შეიძლება გავრცელდეს რთულ ნარევებზეც. მაგრამ სამწუხაროდ, სამი და მეტი კომპონენტის შემცველი ნარევების შემთხვევაში გაზომვათა ცდომილებების დაგროვება

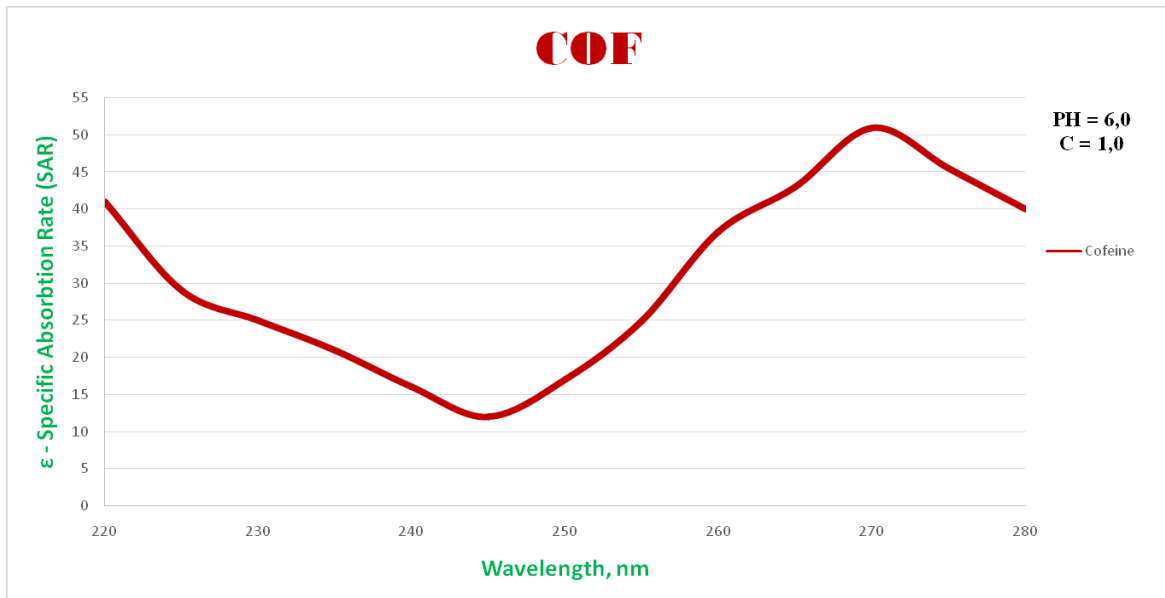
მნიშვნელოვნად ამცირებს ნარევის ანალიზის სიზუსტეს. ბინარული ნარევის ანალიზი კი ჩვეულებრივ იძლევა საკმაოდ ზუსტ შედეგებს.

ჩვენი სამუშაოს მიზანს წარმოადგენდა ფირორდტის მეთოდის გამოყენებით ბინარული ნარევის გამოკვლევა. ჩვენს მიერ საანალიზოდ შერჩეული იქნა სისტემა-ფარმაცევტული პრეპარატები COF – ANL წინასწარ ჩატარებული კვლევისა და კომპონენტთა შთანთქმის სპექტრების გაანალიზების საფუძველზე დადგინდა კონკრეტული, COF – ANL შედგენილობის პრეპარატის ანალიზისათვის ტალღების ანალიზური სიგრძეების (ტას) სამი ოპტიმალური ამონაკრები. შეირჩა ტალღების სიგრძეების ისეთი წყვილები, რომელთა დროსაც, პირველი ტალღის შემთხვევაში კომპონენტს ANL ახასიათებს შთანთქმის უფრო მაღალი სიდიდე ვიდრე კომპონენტს COF, ხოლო მეორე ტალღის შემთხვევაში, პირიქით - COF შთანთქავს უფრო ძლიერად ვიდრე ANL. ასეთი წყვილებია: 250/265, 250/270 და 250/275 ნმ, (ნახ. 1–3).

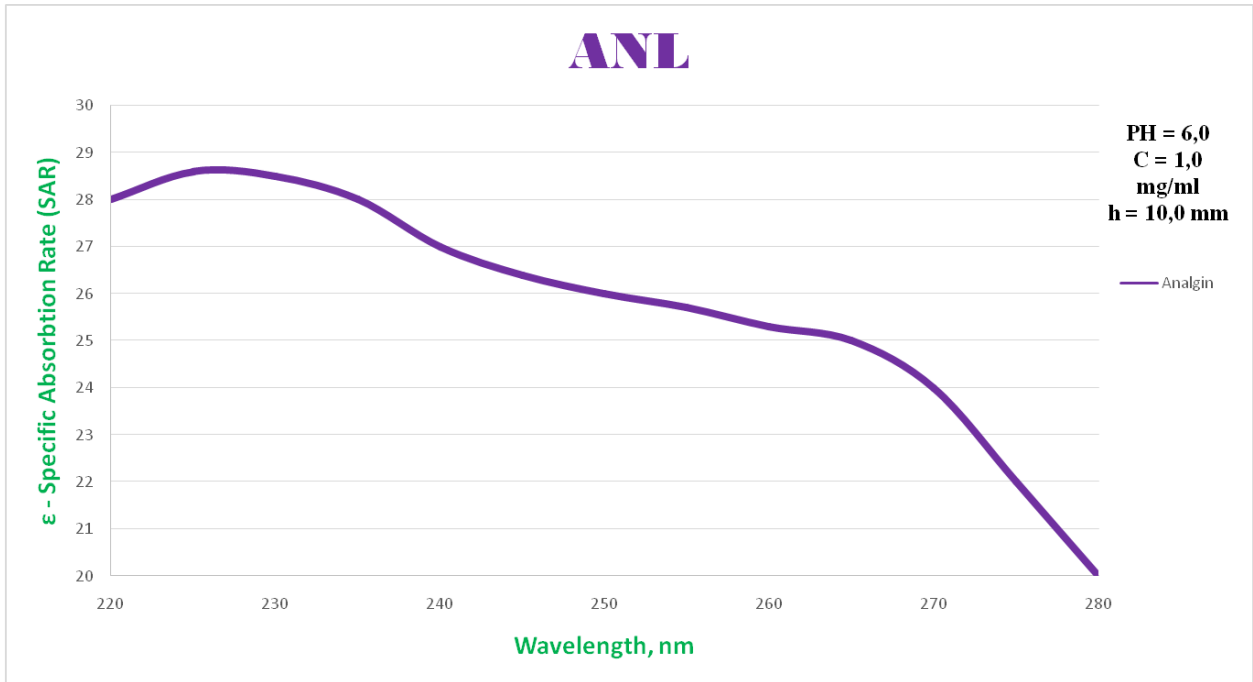
ამზადებენ სუფთა კოფეინის სტანდარტულ ხსნარს ($C_{COF}=0,002-0,015$ მგ/მლ). ზომავენ მისი ოპტიკური სიმკვრივის სიდიდეებს $D^\lambda = 250, 265, 270, 275$ ნმ ტალღის სიგრძეებზე და ანგარიშობენ შესაბამის შთანთქმის კუთრ კოეფიციენტებს $\epsilon_{COF}^{250}, \epsilon_{COF}^{265}, \epsilon_{COF}^{270}, \epsilon_{COF}^{275}$ ფორმულით:

$$\epsilon_{COF}^\lambda = \frac{D^\lambda}{C_{COF} \cdot h}$$

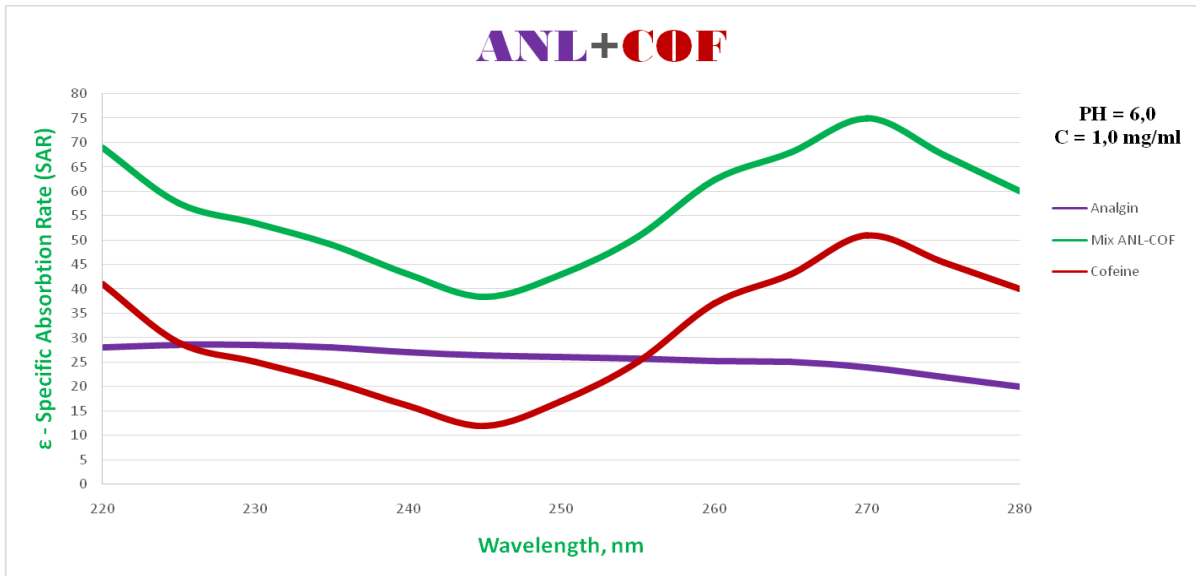
ამზადებენ სუფთა ანალიზის სტანდარტულ ხსნარს ($C_{ANL}=0,002-0,015$ მგ/მლ). ზომავენ მისი ოპტიკური სიმკვრივის სიდიდეებს $D^\lambda = 250, 265, 270, 275$ ნმ ტალღის სიგრძეებზე და ანგარიშობენ შესაბამის შთანთქმის კუთრ კოეფიციენტებს $\epsilon_{ANL}^{250}, \epsilon_{ANL}^{265}, \epsilon_{ANL}^{270}, \epsilon_{ANL}^{275}$ ფორმულით:



ნახ.1.სუფთა კომპონენტ COF შთანთქმის სპექტრი 220-280 ნმ უბანში



ნახ.2.სუფთა კომპონენტი ANL შთანთქმის სპექტრი 220-280 ნმ უბანში



ნახ.3. ANL - COF ნარევის შთანთქმის სპექტრი 220-280 ნმ უბანში, ცალკეული კომპონენტების შთანთქმის სპექტრების ფონზე

პრეპარატის 10 აბს მორიგეობით წონიან ანალიზურ სასწორზე 0,1 მგ სიზუსტით. ანგარიშობენ ერთი აბის საშუალო მასას (M_T). ათივე აბს ფქვავენ და ურევენ ერთმანეთში გასაშუალოებული შედგენილობის ფხვნილის მისაღებად. ფხვნილის 100,0 მილიგრამს (წონაკი - M_{shot}) ხსნიან გამობდილ წყალში. წყალში უხსნადი კომპონენტების მოსაშორებლად ფილტრავენ ქაღალდის ფილტრზე 250 მლ საზომ კოლბაში და შეავსებენ გამობდილი წყლით ჭდემდე. მიღებული ხსნარის 10,0 მლ გადააქვთ 200 მლ საზომ კოლბაში. სუსტი მჟავა გარემოს შესაქმნელად ამატებენ 25,0 მლ ფოსფატურ ბუფერულ ხსნარს (pH-6,0). კოლბას

შეავსებენ გამომხდელი წყლით ჭდემდე. აწარმოებენ მიღებული ხსნარის სპექტრო-ფოტომეტრიას სპექტრის უი-უბანში, ტალღის შემდეგ სიგრძეებზე: 250, 265, 270, 275 ნმდა ჩაიწერენ პრეპარატის გაზომილი ოპტიკური სიმკვრივების სიდიდეებს D^{250} , D^{265} , D^{270} , D^{275} . გაზომვას ატარებენ $h=1,0$ სმ ფენის სისქის მქონე კვარცის კიუვეტებში. შესადარებელი ხსნარი წარმოდგენილია იგივე გამომხდელი წყლით, რომელიც გამოიყენებოდა პრეპარატის ხსნარების დასამზადებლად.

კონკრეტული პრეპარატისათვის ტას ოპტიმალური ამონაკრებებია 250/265, 250/270 და 250/275. კოფეინისა და ანალგინის კონცენტრაციების დასადგენად სამივე ამონაკრების შემთხვევაში მიღებული მონაცემების საფუძველზე, ფირორდტის მეთოდის გამოყენებით ანგარიშობენ კომპონენტების კონცენტრაციებს:

$$C_{COF_1} = \frac{\epsilon_{ANL}^{265} \cdot D^{250} - \epsilon_{ANL}^{250} \cdot D^{265}}{\epsilon_{COF}^{250} \cdot \epsilon_{ANL}^{265} - \epsilon_{COF}^{265} \cdot \epsilon_{ANL}^{250}} \cdot h^{-1}$$

$$C_{COF_2} = \frac{\epsilon_{ANL}^{270} \cdot D^{250} - \epsilon_{ANL}^{250} \cdot D^{270}}{\epsilon_{COF}^{250} \cdot \epsilon_{ANL}^{270} - \epsilon_{COF}^{270} \cdot \epsilon_{ANL}^{250}} \cdot h^{-1}$$

$$C_{COF_3} = \frac{\epsilon_{ANL}^{275} \cdot D^{250} - \epsilon_{ANL}^{250} \cdot D^{275}}{\epsilon_{COF}^{250} \cdot \epsilon_{ANL}^{275} - \epsilon_{COF}^{275} \cdot \epsilon_{ANL}^{250}} \cdot h^{-1}$$

$$C_{ANL_1} = \frac{\epsilon_{COF}^{250} \cdot D^{265} - \epsilon_{COF}^{265} \cdot D^{250}}{\epsilon_{COF}^{250} \cdot \epsilon_{ANL}^{265} - \epsilon_{COF}^{265} \cdot \epsilon_{ANL}^{250}} \cdot h^{-1}$$

$$C_{ANL_2} = \frac{\epsilon_{COF}^{250} \cdot D^{270} - \epsilon_{COF}^{270} \cdot D^{250}}{\epsilon_{COF}^{250} \cdot \epsilon_{ANL}^{270} - \epsilon_{COF}^{270} \cdot \epsilon_{ANL}^{250}} \cdot h^{-1}$$

$$C_{ANL_3} = \frac{\epsilon_{COF}^{250} \cdot D^{275} - \epsilon_{COF}^{275} \cdot D^{250}}{\epsilon_{COF}^{250} \cdot \epsilon_{ANL}^{275} - \epsilon_{COF}^{275} \cdot \epsilon_{ANL}^{250}} \cdot h^{-1}$$

შემდეგ ანგარიშობენ მათ საშუალო მნიშვნელობას:

$$C_{COF}^{av} = \frac{C_{COF_1} + C_{COF_2} + C_{COF_3}}{3}$$

$$C_{ANL}^{av} = \frac{C_{ANL_1} + C_{ANL_2} + C_{ANL_3}}{3}$$

პრეპარატის მწარმოებლის მონაცემებთან შესადარებლად, ერთ აბში ანალგინისა და ქინინის ჰიდროქლორიდის შემცველობას (M_{COF} , M_{ANL}) ანგარიშობენ შემდეგი ფორმულებით:

$$M_{COF} = \frac{C_{COF}^{av} \cdot M_T}{M_{shot}} \cdot 5 (mg)$$

$$M_{ANL} = \frac{C_{ANL}^{av} \cdot M_T}{M_{shot}} \cdot 5 (mg)$$

ანგარიშის შედეგებს ადარებებენ ქარხნულ მონაცემებს.

ამრიგად, შემუშავდა ბინარული ნარევების წინასწარი დაცელების გარეშე ანალიზის მეთოდიკა მულტიტალღური სპექტრული ანალიზის გამოყენებით, რომელიც ითვალისწინებს ანალიზის შედეგების ფირორდტის მეთოდით დამუშავებას. აღსანიშნავია, რომ

ამ მეთოდის გამოყენებით კონკრეტული პრეპარატის სინჯის ანალიზი და მონაცემების დამუშავება დაიკავებს 1–10 წუთს. იმ პირობით, თუ პრეპარატისათვის უკვე არსებობს ერთჯერადად ჩატარებული წინამოსამზადებელი სამუშაოების შედეგად მიღებული მონაცემთა ბაზა, რაც უმნიშვნელოვანესია ერთი ტიპის ნიმუშების მასიური ანალიზის დროს.

ლიტერატურა

1. Guidance for Industry. PAT - A Framework for Innovative Pharmaceutical Development, Manufacturing and Quality Assurance. Pharmaceutical CGMPs, September 2004, 16 p.
2. Use of HACCP Principles for Operators of Food Service and Retail Establishments. U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration. 2006, 82 p.
3. Семенов В.Г., Москвин Л.Н., Ефимов А.А. Аналитические возможности мессбауэровской спектроскопии. //Успехи Химии, 75 (4) 2006, 354 с.
4. Берштейн И.Я., Каминский Ю.А. Спектрофотометрический анализ в органической химии. -Л., Химия, 1986, 200 с.

SUMMARY

CHEMOMETRICS IN INSTRUMENTAL ANALYSIS OF PHARMACEUTICAL AND COSMETIC PRODUCTS

Makhviladze M.G., Kakhidze N.A., Samkharadze M.G. and Endeladze N.O

Akaki Tsreteli State University

The paper discusses the possibilities of using the Fjordt method for binary mixture separation processes. Using the mentioned method, we successfully separated the mixture of ANL-COF components of pharmaceutical drugs and at the same time, the obtained data were processed by chemometric algorithms.

Keywords: chemometrics, binary mixtures, firordts method, infrared spectroscopy.

მერქნული ნედლეულის კომპლექსური გამოყენება

ლიპარტელიანი გ.გ., ხუსკივაძე მ.მ., წიქვაძე ვ.გ.

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მერქნული ნედლეულის კომპლექსური გამოყენების ხარისხის ასამაღლებლად მსოფლიოს სახვადასხვა ქვეყანაში შექმნილია მანქანებისა და მოწყობილობების სისტემა, რომელიც მოიცავს მერქნის სახერხი წარმოების ყველა სტადიას. მაღალმწარმოებლური მოწყობილობა უზრუნველყოფს ნედლეულის კომპლექსურ გამოყენებას 92 %-ით. მიმდინარეობს კვლევითი სამეცნიერო სამუშაოები და შექმნილია მოწყობილობა ნარჩენების გამოსაყენებლად და გადასამუშავებლად. გამოკვლევების ძირითადი მიმართულებაა: მოკლე ნაჭრების შეწება სპეციალიზირებული დახერხილი მასალების მიღების მიზნით; ნაკადების შექმნა ნაჭრების ნარჩენების გადასამუშავებლად ტექნოლოგიურ ნაფოტად. მაღალი ხარისხის ტექნოლოგიური ნაფოტი გამოიყენება ცელულოზა-ქადალდის წარმოებაში, ხოლო უფრო დაბალი ხარისხის ნაფოტები კი მერქანბურბუშელოვანი ფილების დასამზადებლად [1-4].

ფინეთის ხე-ტყის სახერხი მრეწველობა დაყოფილია სტრუქტურებად. 9000 ხე-ტყის სახერხი ქარხნიდან 8500 არის წვრილი 1 მლნ. მ³ დახერხილი მასალები წელიწადში სიმძლავრით, რაც ქვეყანაში გამომუშავებული დახერხილი მასალების მეათედს შეადგენს. მსხვილი საწარმოების სიმძლავრე აღწევს 400 ათას მ³ წელიწადში. უკანასკნელ წლებში შეინიშნება ფინეთის ხე-ტყის სახერხი მრეწველობის საწარმო სიმძლავრის ზრდა. ფინეთში ჩატარებული კვლევითი სამუშაოების მიხედვით ხე-ტყის სახერხი მრეწველობა მსხვილი საწარმო სიმძლავრით უფრო დაბალეფექტურია, ვიდრე სხვა საწარმოები დაბალი სიმძლავრით. ეს აიხსნება მნიშვნელოვანი დანაკარგებით მერქნული ნედლეულის გადატანის დროს. ფინეთის სპეციალისტების ვარაუდით თანამედროვე ხე-ტყის სახერხი საწარმოების ოპტიმალური სიმძლავრე უნდა იყოს არა უმეტეს 400 ათასი მ³ წელიწადში. ბოლო წლებში მიმდინარეობს ჩარჩო ხერხების შეცვლა სხვა ძირითადი მოწყობილობებით. წვრილი და საშუალო ხე-ტყის სახერხ საწარმოებში იზრდება მრგვალხერხა ჩარხების რაოდენობა. წვრილ საწარმოებში გამომუშავება ამ მოწყობილობებზე აღწევს დაახლოებით 15 000 მ³ დახერხილ მასალებს წელიწადში, მსხვილ საწარმოებში კი 30 000 მ³-ს. მრგვალხერხა ჩარხების მწარმოებლურობა უახლოვდება ჩარჩო ხერხების მწარმოებლურობას. მსხვილ ხე-ტყის სახერხ საწარმოებში გამოიყენება ლენტური სახერხი ჩარხები, ხშირად მათზე დამონტაჟებულია საფრეზო მოწყობილობა ძელებისათვის.

ფინეთი აწარმოებს 79 % დახერხილი მასალების ექსპორტს დიდ ბრიტანეთში და ახლო აღმოსავლეთში. აგრეთვე მნიშვნელოვანი ექსპორტიორები არიან გერმანია, ნიდერლანდები და საფრანგეთი.

ფინეთის ხე-ტყის სახერხი მრეწველობა ხასიათდება შემდეგი საშუალო მაჩვენებლებით:

- ნედლეულის ხარჯი 1მ3 დახერხილი მასალების გამომუშავებისათვის 2,3 მ³
- დახერხილი მასალების გამოსავალი, % 4,5
- ტექნოლოგიური ნაფოტის გამოსავალი, % 2,5

მერქნის ნედლეულისა და შემაკავშირებლის ხარჯის შემცირება მერქანბურბუშელოვანი ფილების წარმოებისას, ე.ი. მასალატევადობის შემცირება ხდება: მერქნის ნარჩენების მაქსიმალური გამოყენების ხარჯზე და ფილების წარმოების განმეორებითი ნარჩენების გამოყენებით, საბურბუშელე ჩარხებზე ჭრის მექანიზმის დროული შეცვლით, რათა დაცული იყოს მოცემული ზომები, გაზომვების ხარისხის გაუმჯობესებით. ფარდაგის ფორმირების

ხარისხის გაუმჯობესებით ბურბუშელის საზობრივი პარამეტრები და ფუნქციონალური შემადგენლობა ნაჩვენებია ცხრილში.

ბურბუშელის საზობრივი პარამეტრები და ფუნქციონალური შემადგენლობა

ბურბუშელის პარამეტრები	ჩარხის ტიპი	
	Дс -7	Дс -6
საზობრივი ზომები, მმ		
სიგრძე	40-მდე	40-მდე
სიგანე	10-მდე	10-მდე
სისქე	0,5-0,7	0,25-0,7
ფუნქციური შემადგენლობა		
-/7	5	5
7/5	20	25
5/2	35	40
2/1	35	20
1/0,5	10	5
0,5/0	5	5

საჭიროა აღვნიშნოთ, როგორც შრომის საგანი, ბუნებრივი რესურსები წარმოდგება ნედლეულის წყაროდ. სხვა შრომის საგნებთან შედარებით ისინი ხასიათდება გარკვეული თავისებურებებით, რაც განპირობებულია ფიზიკო-მექანიკური თვისებებით და კომპლექსური გამოყენების შესაძლებლობით, რადგან ბუნებრივი რესურსები ფლობენ რიგ განსაზღვრულ მახასიათებლებს.

რესურსების ურთიერთშეცვლადობა უზრუნველყოფს ცალკეული სახეობის ნედლეულის დეფიციტის შემცირებას. სატყეო რესურსები, როგორც ბიოსფეროს დამოუკიდებელი კომპონენტი შეიძლება დავყოთ შემდეგ ჯგუფებად:

- მერქნული წარმოშობის ნედლი რესურსები;
- არამერქნული მცენარეული წარმოშობის რესურსები;
- ტყის მრავალმხრივი სასარგებლო ფუნქციები;
- ტყის ზემოქმედება გარემოზე.

ტყის რესურსების გამოყენების შესაძლებლობისას მთლიანად მხედველობაში უნდა მივიღოთ მისი ცალკეული კომპონენტების გამოყენების ჯამური ეფექტურობა.

მერქნული ნედლეული კომპლექსური გამოყენების ორგანიზაცია უზრუნველყოფს განვითარების ინტენსიურ ფორმაზე გადასვლას არა მარტო სატყეო მრეწველობაში, არამედ სატყეო მეურნეობაში.

თანამედროვე პირობებში სატყეო, ცელულოზა-ქაღალდის და ხის დასამუშავებელი მრეწველობის ძირითადი ამოცანაა:

- წარმოების სტრუქტურის გაუმჯობესება;
- მერქანზე მოთხოვნების დაკმაყოფილება საწარმო გამოყენების ხარჯზე;
- ხე-ტყის და გადამზიდავი და სახერხი საწარმო ნარჩენების სრული გამოყენება და სატყეო მექანიზმების ინტენსიფიკაცია.

ლიტერატურა

1. გ. ლიპარტელიანი, ბ. ზივზივადე, თ. ცირეკიძე. მერქანბურბუშელოვანი ფილების ტექნოლოგიური პარამეტრების ოპტიმიზაცია სამტრედიის ხის დამამუშავებელი კომბინატის მაგალითზე. /ქსტუ-ს შრომები, 2004, #1, გვ. 24-28.
2. Механическая обработка древесины. Обзорная информация, выпуск 10. Москва., ВНИПИЭИ-леспром. 2012, 41 с.

3. Щтлев И.А., Штеинберг Ц.Б. справочник по древесностружечных плитах. -М., Лесная промышленность, 2014, 435 с.
4. ლიპარტელიანი, მ. ხუსკივაძე. მერქნული ნარჩენები ხისდამმუშავებელ მრეწველობაში და მათი რაციონალური გამოყენება. //პერიოდული სამეცნიერო ჟურნალი „გონი“, 2019, №7, გვ. 302-304.

SUMMARY

COMPLEX USE OF WOOD RAW MATERIALS

Liparteliani G.G., Khuskivadze M.M. and Tsikvadze V.G.

Akaki Tsereteli State University

The article describes the prospects for the use of wood raw materials in wood processing enterprises, sawmills, and the production of wood-pulp boards, as well as technological processes and devices that ensure the use of waste during the primary processing of wood and during the production of products, taking into account the optimal technological parameters, which allow more rational use of wood waste for the production of wood-pulp boards. Separate scientific works published on the example of different countries are discussed.

Keywords: wood raw materials, sawmills, technological processes.

ეკოლოგიური ფაქტორების როლი მცენარეთა დაავადებების გავრცელებასა და განვითარებაში

ყანჩაველი შ.ს., კიკორია კ.მ., ჩაჩხიანი-ანასაშვილი ნ.რ.

საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრი
შ.პ.ს. ბიოაგრო-მცენარეთა ბიოლოგიური დაცვის ცენტრი
აკ. წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქ. ქუთაისი

მცენარეთა პათოგენების გარეგან გარემოდ ითვლება დაავადებული მცენარე, მაგრამ უმეტესი პათოგენების ცხოვრების ციკლის ნაწილი მიმდინარეობს მცენარის გარეშე. ამ დროს ისინი განიცდიან გარემო ფაქტორების, ხშირად ამინდის გავლენას. ზოგიერთი პათოგენი ინახება მცენარის გარეშე, მდგრადი მოზამთრე სტრუქტურების სახით. ამიტომ ამინდი პათოგენზე ახდენს ორმხრივ მოქმედებას-ერთის მხრივ ის გავლენას ახდენს მათ გავრცელებაზე, მეორეს მხრივ კი ორ სავეგეტაციო სეზონს შორის მის გადარჩენაზე. გარდა ამისა, ამინდი გავლენას ახდენს პათოგენებზე არაპირდაპირი გზით, რადგან ის მოქმედებს მასპინძელი-მცენარის გამძლეობაზე, ნიადაგურ პირობებზე, პათოგენების გადამტანების აქტივობასა და რაოდენობაზე, მცენარეული ნარჩენების შენახვაზე და სხვა. საერთოდ, ამინდის პირობებმა ვეგეტაციის პერიოდში შეიძლება განსაზღვროს დაავადების გავრცელება და მავნეობა, მაგრამ გადამწყვეტი მნიშვნელობა მას შეიძლება ჰქონდეს დროის განსაზღვრულ კრიტიკულ პერიოდში. ამრიგად, გარემო ფაქტორების მოქმედებას პათოგენის გავრცელების სიჩქარესა და მის არეალზე აქვს რთული ხასიათი. ეკოლოგიური ფაქტორების გავლენის შესწავლისას უნდა განვასხვავოთ ერთმანეთისაგან არაპირდაპირი მოქმედების და უშუალო მოქმედების ფაქტორები. ფართო გაგებით მცენარეთა დაავადებების გეოგრაფიული გავრცელება განისაზღვრება ზღვის დონიდან სიმაღლით და ადგილის გეოგრაფიული განედით, მაგრამ ფაქტიურად ეს პირობები განსაზღვრავენ მხოლოდ ისეთი ფაქტორების ზემოქმედებას, როგორებიცაა – ტემპერატურა, ტენიანობა, განათების ინტენსივობა ან დღის ხანგრძლივობა. ნიადაგის ტიპს, სტრუქტურას და მის მულჩირებას შეიძლება ქონდეს გარკვეული მნიშვნელობა, მაგრამ ისინი ავლენენ მხოლოდ არაპირდაპირ გავლენას, მათგან მნიშვნელოვანია რაოდენობრივი და მისაწვდომი ტენი, აერაცია, მჟავიანობა ან ტუტეანობა [1].

ტემპერატურა ხშირად ითვლება გადამწყვეტ ფაქტორად დაავადების გავრცელების სეზონურ და რეგიონულ განსაზღვრაში. ის აგრეთვე განსაზღვრავს შიდასეზონურ რყევადობას და დაავადების გეოგრაფიულ გავრცელებას.

მრავალი პათოგენი საკმაოდ ამტანია არახელსაყრელი ტემპერატურის მიმართ. ოპტიმალური ტემპერატურიდან გადახრა, თუ ის არ გადაცდა გარკვეულ ზღვარს, არ იწვევს პათოგენის გავრცელების თავიდან აცილებას, ის მხოლოდ ამუხრუჭებს მას და ახანგრძლივებს დაავადებისა და ნაყოფიანობის წარმოქმნის პერიოდს. ასეთი პათოგენების მაქსიმალური განვითარება და გავრცელება ხდება არა რომელიმე განსაზღვრულ ტემპერატურაზე, არამედ ტემპერატურის ფართო ინტერვალში. ამ ინტერვალს გარეთ სოკოს გავრცელება შენელებულია და ბოლოსდაბოლოს წყდება. ამასთან ტემპერატურის დაბალი და მაღალი ზღვრები მკვეთრად გამოხატული [2].

როგორც ცნობილია, ზოგიერთი პათოგენი ყველაზე კარგად ვითარდება დაბალ ტემპერატურებზე, მაგალითად *Taphrina pruni* და *Taphrina deformans*, რომლებიც იწვევენ ქლიავის ბოყს და ატმის ფოთლის სიხუჭუჭეს, უფრო მეტ მავნეობას იჩენენ ტენიან და გრილ გაზაფხულზე. კარტოფილის ფხვიერი ქეცის გამომწვევი-Spongospora subterranea, ძირითადად გავრცელებულია იმ რაიონებში, სადაც ნიადაგის ტემპერატურა რჩება შედარებით დაბალ დონეზე. ხორბლისა და ქერის ყვითელი ჟანგას გამომწვევი (*Puccinia striiformis*) კარგად ვითარდება საკმაოდ დაბალ ტემპერატურაზე. ისეთ პათოგენებს, რომელთა ოპტიმალური განვითარებისათვის აუცილებელია მაღალი ან შედარებით მაღალი ტემპერა-

ტურები ეკუთვნის: *Glomerella cingulata* და *Sclerotinia fructicola*, რომლებიც იწვევენ ვაშლის მწარე სიღამპლეს და კურკოვნების ნაცრისფერ სიღამპლეს. ტემპერატურის გავლენა სელის ჭკნობის გამომწვევზე იმდენად დიდია, რომ მაღალ ტემპერატურაზე სელის გამძლე ჯიში შეიძლება დაავადდეს უფრო ძლიერ, ვიდრე მიმდებიანი ჯიში დაბალ ტემპერატურაზე. გაირკვა, რომ ტემპერატურა შეიძლება არაპირდაპირ მოქმედებდეს პათოგენის განვითარებაზე-მასზე დამოკიდებულია ინოკულუმის გადარჩენა გადამტანებისა და ჰიპერპარაზიტების გავრცელება, მცენარის გამძლეობა და ნიადაგის პირობები. უკანასკნელი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია იმ პათოგენებისათვის, რომლებიც ავადებენ ღივებსა და ფესვებს.

ასევე ცნობილია, რომ სოკოებისა და ბაქტერიების უმრავლესობისათვის, რომლებიც ავადებენ მცენარის ფოთლებსა და ყლორტებს, ხელსაყრელია ტენიანი ამინდი. ჩვენი გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ტენიანობამ პათოგენების გავრცელებაზე შეიძლება იმოქმედოს მრავალმხრივად. პირველ რიგში მასზე დამოკიდებულია სოკოს ნაყოფიანობა. მაგალითად პერენოსპოროვანი სოკოების სპორანგიუმების წარმოსაქმნელად აუცილებელია მაღალი ტენიანობა, მეორეს მხრივ მან შეიძლება იმოქმედოს პათოგენიდან სპორების გამოსვლასა და გაფანტვაზე, რადგან ზოგიერთი პათოგენის სპორები ვრცელდება წვიმის შხეფებით. ნამმა შეიძლება ზოგჯერ შეცვალოს ამ თვალსაზრისით წვიმის ფუნქცია-თუ ის დიდი რაოდენობითაა, მაშინ ზედა ფოთლებიდან წყლის წვეთი ეხება ქვედა დაავადებულ ფოთლებს და ეხმარება სპორებს გაფანტვაში. წვიმას შეიძლება ჰქონდეს არახელსაყრელი, არაპირდაპირი მოქმედება; მაგალითად ძლიერი წვიმის დროს შეიძლება დაირღვეს სპორათმტარების სტრუქტურები, სპორები შეიძლება ჩამოირეცხოს ფოთლებიდან ან ხელი შეუწყოს ჰიპერპარაზიტების განვითარებას, რომლებიც ზღუდავს პათოგენის ნაყოფიანობას. ტენიანობამ შეიძლება გავლენა მოახდინოს თვით დაავადების პროცესზე, რადგან მრავალი სახობის სოკოსა და ბაქტერიისათვის მცენარეში შესაჭრელად აუცილებელია მცენარის ზედაპირი დაფარული იყოს ტენის თხელი ფენით. ქრილობის პარაზიტებისათვის და იმ პათოგენებისთვისაც, რომლებიც იჭრებიან მცენარეში გადამტანების დახმარებით, ტენს არა აქვს ასეთი დიდი მნიშვნელობა. როგორც ჩანს, ტენი წყლის წვეთის სახით მავნეა ნაცროვანი სოკოების გასაღივებლად, აქედან გამომდინარე ის ამცირებს მცენარის დაავადებას.

მცენარის ზედაპირზე წყლის არსებობას დაავადებისათვის შეიძლება ჰქონდეს უფრო მეტი მნიშვნელობა, ვიდრე ჰაერის საერთო ტენიანობას. ამასთან დაკავშირებით ფაქტორები, რომლებიც უზრუნველყოფენ წყლის შეკავებას მცენარის ზედაპირზე, აძლიერებენ მათ დაავადებას და აჩქარებენ მრავალი პათოგენის გავრცელებას. ხელსაყრელ პირობებში ზოგიერთი პათოგენი ახდენს მცენარის დაავადებას რამდენიმე საათში, ზოგიერთებს კი ამისათვის ჭირდებათ 12 საათი და მეტი. ამასთან მთელი ამ პერიოდის მანძილზე ჰაერის მაღალი ტენიანობა, ქარის არარსებობა, ტენიანი ნიადაგი და ტენის არსებობა ე.ი. პირობები, რომლებიც არსებობენ ხშირი ფოთლების საფარველის ქვეშ. დაავადების განვითარებისათვის ხელსაყრელია ნისლი, ნამი და ბურუსი.

ჩვენი დაკვირვებებით დადგინდა, რომ ზოგიერთი პათოგენის გავრცელებაში უფრო დიდ როლს თამაშობს ნალექების ნაწილ-ნაწილ მოსვლა, ვიდრე ერთად დიდი რაოდენობით. ეს ხელსაყრელია ძირითადად იმ პათოგენებისთვის, რომლებიც ვრცელდებიან წვიმის შხეფით. ასეთ შემთხვევაში პათოგენების გავრცელების სისწრაფე პროპორციულია წვიმიანი დღეების რიცხვისა და არა ნალექების საერთო რაოდენობისა. პათოგენების გასავრცელებლად ტემპერატურასთან ერთად მნიშვნელოვანია ტენიანობაც.

მშრალ პერიოდში მცენარის მიწისზედა ორგანოების ყოველგვარი დაავადება დიდად არის დამოკიდებული ტენიანობაზე, განსაკუთრებით თუ მისი გავრცელება განისაზღვრება პათოგენის გენერაციათა რიცხვით. ტემპერატურა განსაზღვრავს დაავადების განვითარების სისწრაფეს, მაგრამ ტენიანობა წყვეტს არამართო თვით დაავადების განვითარებას. ვზის ქრაქის გამომწვევი სოკო – *Plasmopara viticola* ყველაზე სწრაფად ვითარდება თბილ, ტენიან ამინდში.

მცენარის მიწისზედა ორგანოების დაავადებების გავრცელებასა და ტენიონობას შორის კავშირის დადგენა შედარებით ადვილია, ვიდრე ნიადაგის პირობებში.

ნიადაგის ტენიანობა მოქმედებს ფესვების პათოგენების განვითარებაზე. ის გავლენას ახდენს ფესვების ზრდაზე, ნიადაგის მიკროფლორასა და ნიადაგში მყოფ პათოგენებზე.

ნიადაგის ინფექციის სიუხვე და ნიადაგის პარაზიტების მიერ გამოწვეული დაავადების ინტენსივობა შეიძლება განსაზღვროს ნიადაგის ტენიანობამ. აღმონაცენების ფესვების ლპობის გავრცელება და მავნეობა მათულობს ნიადაგის ტენიანობის მატებასთან ერთად, ოღონდ ეს მატება ხდება ნიადაგის წყალშეკავების ზღვრამდე. სოკო - *Rhizoctonia solanis*-ის მიერ გამოწვეული დაავადების ინტენსივობა იმატებს ნიადაგის ტენიანობის მატებასთან ერთად, ოღონდ ეს მატება ხდება ნიადაგის ტენიანობის ცნობილ ზღვრამდე - 65 %-ამდე, ხოლო შემდეგ მკვეთრად მცირდება. ნიადაგის ზომიერი ტენიანობა ხელსაყრელია მთელი რიგი სხვა დაავადებებისთვისაც.

კომბოსტოს კილა კარგად ვითარდება ტენიან მჟავე ნიადაგებზე და როგორც ცნობილია, მცენარე ავადდება განსაკუთრებით დაბლობ, ცუდად დრენირებულ ნაკვეთებზე. დაავადება გვხვდება მხოლოდ იქ, სადაც ტენიანობა ნიადაგის საერთო ტენტევალობის 45%-ის ზევითაა. პათოგენის გაღივებისა და პატრონ-მცენარეში შეჭრისათვის აუცილებელია ოპტიმალური ტენიანობა 18–24 საათის განმავლობაში. მაგრამ არ არსებობს მონაცემები იმის შესახებ, მოქმედებს თუ არა ნიადაგის ტენიანობა დაავადების განვითარებაზე დაავადების გამოვლენის შემდეგ.

კარტოფილის ჩვეულებრივი ქეცი ყველაზე კარგად ვრცელდება და ზიანი მოაქვს მშრალ ტუტე ნიადაგებზე, ადრე ფიქრობდნენ, რომ ქეცის გავრცელება განპირობებულია მხოლოდ ნიადაგის pH-ით, მაგრამ შემდეგ გაირკვა, რომ ზოგიერთ პირობებში ლიმიტირებული ფაქტორი შეიძლება იყოს ნიადაგის ტენიანობა. ძლიერ გავლენას ახდენს ტენიანობა განსაკუთრებით ახალგაზრდა ტუბერებზე. რადგან ქეცის გამომწვევი ეკუთვნის მკვეთრად გამონატულ აერობს, მაშინ შესაძლებელია დაავადების განვითარების შეფერხება გამოწვეული იყოს ნიადაგის ტენიანობის გაზრდის ხარჯზე, მასში თავისუფალი ჟანგბადის შემცირებით.

განსაზღვრულია [3] ნიადაგის ტენიანობისა და ტემპერატურის როლი სორგოს მტვრინა გუდაფშუტით დაავადების დროს. დაავადება მაქსიმალურად გამოვლინდა 28 °C-ზე და 15–25 %-ი ტენიანობის მქონე ნიადაგზე. აღნიშნულ ტემპერატურაზე და 25 % ტენიანობის ნიადაგზე, გუდაფშუტით დაავადებული იყო ღეროების 23%-ი, ხოლო 15%-იანი ტენიანობის შემთხვევაში შესაბამისად 45 %-ი. დაავადების განვითარების ტემპერატურული ინტერვალი იყო ფართო: 12–16 °C-ზე დაავადება იყო 3 %-ის ტოლი, შემდეგ ის თანდათან გაიზარდა და ოპტიმალურ ტემპერატურაზე მიაღწია 46 %-ს, და კვლავ დაქვეითდა ტემპერატურის გაზრდის გამო, ვიდრე არ მიაღწია 11 %-ს 36 °C-ზე, ანალოგიური ტენდენცია აღინიშნა ტენიან ნიადაგზეც, მაგრამ აქ 16 °C-ზე ინფიცირება საერთოდ არ მოხდა, ხოლო 36 °C-ზე იყო 1 %; დაავადებისათვის ოპტიმალური ტემპერატურა დაემთხვა ხელოვნურ საკვებ არეზე პათოგენის სპორების გაღივებისათვის ოპტიმალურ ტემპერატურას. მეორეს მხრივ – ის ტემპერატურული ინტერვალი რომლის საზღვრებშიც შეიძლება ინფიცირება.

თეორიულად ნიადაგის ტენიანობა უნდა ახდენდეს ძლიერ გავლენას ისეთ დაავადებაზე, როგორცაა მცენარეთა ქცნობა, რომელიც გამოწვეულია ჭურჭელ-ბოჭკოვანი სისტემის პარაზიტებით. ეს კანონზომიერება დადასტურდა ჩვენი ცდებით. კერძოდ ხეხილის ტრაქომიკოზური ხმობა ვლინდება ძირითადად ზაფხულის მეორე ნახევარში, როდესაც მცენარე განიცდეს ტენის დეფიციტს. ამ პერიოდში მცენარეში ადგილი აქვს ჰიდროლიზური პროცესების გაძლიერებას, რის შედეგადაც რთული ნივთიერებები იშლება მარტივ ნივთიერებებად, ეს უკანასკნელი ადვილი მისაწვდომია ხმობის გამომწვევი სოკოებისათვის და შესაბამისად დაავადების განვითარება პროგრესირებს.

როგორც ზემოთ მოტანილი მაგალითებიდან ჩანს, სოკოვანი, ბაქტერიული და ვირუსული დაავადებების გავრცელებასა და მავნეობაზე მოქმედებს ტენიანობა. ტენიანობაზე ისე როგორც სხვა გარემო ფაქტორებზე, ძნელია გავაკეთოთ რამენაირი განზოგადება ერთის გამოკლებით-ყოველგვარი განზოგადება ამ შემთხვევაში არ გამოდგება, რადგან ტენიანობის გავლენა სხვადასხვა დაავადებების განვითარებაზე ვლინდება სრულიად განსხვავებულიად.

მიუხედავად იმისა, რომ სინათლემ შეიძლება ძლიერი გავლენა მოახდინოს დაავადების განვითარებაზე, ის მხოლოდ იშვიათ შემთხვევაშია დაავადების სეზონური და რეგიონული გავრცელების განმსაზღვრელი ფაქტორი. მას ძალზე იშვიათად შეუძლია ითამამოს გადამწყვეტი როლი დაავადების ეპიფიტოტიის განვითარებასა და გეოგრაფიულ გავრცელებაში.

ჩვენი დაკვირვებებით დადგენილია, რომ განათების ინტენსივობა და თვისებები გავლენას ახდენს პათოგენის ნაყოფიანობაზე და შესაძლებელია ასევე სპორების გაღვივებასა და დაავადების პროცესზე. ხშირი ფოთლების საფარქვეშ მცირდება განათების ინტენსივობა და იცვლება მისი თვისებებიც. ყოველივე აღნიშნული გავლენას ახდენს დაავადებაზე და პათოგენის განვითარებაზე და მამასადამე მცენარიდან მცენარეზე პათოგენის გავრცელებაზე.

ეკოლოგიური ფაქტორებიდან პათოგენების გავრცელებაზე გავლენას ახდენს ასევე ქარის მოქმედება. ის მონაწილეობს სპორების გაფანტვაში და უზრუნველყოფს პათოგენების დასახლებას. ქარის ცვალებადი მიმართულება განაპირობებს პათოგენის გავრცელებას ყველა მიმართულებით, ვიდრე ერთი მიმართულებით მქროლავი ქარი. უქარო ამინდში, პირდაპირ მზის სინათლეზე ფოთლები ხურდება, რაც გავლენას ახდენს დაავადების პროცესზე. სინათლე ასევე გავლენას ახდენს ეპიფლორასა და ბაგეების გაღებაზე.

ყოველივე ზემოთ ხსენებულიდან კარგად ჩანს, რომ ეკოლოგიური ფაქტორების გავლენა პათოგენის გავრცელებაზე და განვითარებაზე საკმაოდ რთული მოვლენაა. მრავალი პათოგენისათვის ოპტიმალური ამინდის პირობები არასაკმარისადაა შესწავლილი, მათ შესახებ არსებობს საერთო მონაცემები, რომლებიც ძირითადად ეყრდნობა პრაქტიკულ გამოცდილებას, მაგრამ ზოგიერთ შემთხვევაში ის შესწავლილია შედარებით სრულად. როგორც ცნობილია კარტოფილის ფიტოპტოროზის გამომწვევი *Phytophthora infestans* ვრცელდება დაავადებული ტუბერიდან მიღებული თითოეული მცენარიდან. მისთვის ხელსაყრელია ტენიანი ამინდი ცივი ღამითა და თბილი დღეებით. სპორანგიუმები ყველაზე კარგად ღივდება 10–13 °C ტემპერატურაზე, ხოლო სოკოს მაქსიმალური ნაყოფიანობა აღინიშნება დაახლოებით 18–24 °C ტემპერატურაზე. ხელსაყრელ კლიმატურ პირობებში ნაყოფიანობა შეიძლება დაიწყოს უკვე დაავადებიდან 4 დღის შემდეგ. იმ ქსოვილებზე, რომლებზეც პათოგენი ახალი დასახლებულია, სპორანგიუმი ვითარდება უკეთესად, ვიდრე მკვდარ ქსოვილებზე და სოკოს გავრცელება ძალიან სწრაფად ხდება. ვაშლის ქეცის გამომწვევის ინოკულუმის ძირითად წყაროდ ითვლება ასკოსპორები, რომლებიც გამოდიან მკვდარ გამოზამთრებულ ფოთლებში მყოფი პერიტეციუმებიდან. დაავადების ნორმალური განვითარებისათვის ხელსაყრელია გაზაფხულის გრილი, ტენიანი და ქარიანი ამინდი, რომლებიც უზრუნველყოფენ კონიდიუმების გაფანტვას (მშრალ ამინდში კონიდიუმები ძნელად შორდება კონიდიოთმტარებს). ასკოსპორები კარგად ღივდება 11–22 °C ტემპერატურაზე; შემდეგ იმისათვის, რომ დაავადება კარგად განვითარდეს, ფოთლების ზედაპირი დაახლოებით 9 საათის განმავლობაში უნდა დარჩეს ტენიან მდგომარეობაში. ამრიგად, ხანგრძლივი ტენიანობა უფრო ხელსაყრელია დაავადებისათვის, ვიდრე პერიოდული.

ხორბალი შეიძლება დაავადდეს ღეროს ჟანგათი, დაავადებული კოწახურის ბუჩქებიდან, ან ინფექციის წყარო შეიძლება იყოს სხვა რაიონიდან, ჰაერის საშუალებით ნათესში მოხვედრილი ურედოსპორები. ხელსაყრელ ტემპერატურაზე (22–27 °C) დაავადება შეიძლება მოხდეს მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ფოთოლზე 4–8 საათის განმავლობაში რჩება ტენის თხელი ფენა (ნამის, ნისლის ან მცირე წვიმის შემდეგ). პათოგენის

განვითარებისათვის ხელსაყრელია ხანგრძლივად შენარჩუნდეს რბილი, ტენიანი ამინდი, ასეთ პირობებში მას შეუძლია ძალიან სწრაფად გავრცელდეს და საინკუბაციო პერიოდი ამ შემთხვევაში შეადგენს მხოლოდ ერთ კვირას ან ნაკლებს.

ჩვენს მიერ შესწავლილია ვაზის ჭრაქის გამომწვევის *Plasmopara viticola*-ს, გავრცელებისა და განვითარების პირობები. დადგენილია, რომ სოკოს ნაყოფიანობა ყველაზე კარგად ვითარდება 22–24 °C -სა და 100 %-იანი ტენიანობისას დამის საათებში (2–3 საათზე). ასეთ პირობებში სოკოს ნაყოფიანობის პერიოდი შეადგენს 4 დღეს, ტემპერატურისა და ტენიანობის შემცირებისას მისი ხანგრძლივობა იზრდება. 60 % შეფარდებით ტენიანობის პირობებში კი სპორანგიუმები მცირე რაოდენობით ვითარდება. მაღალი ტენიანობა და ტემპერატურა (18–24 °C) ხელსაყრელია ასევე სპორების გაღივებისა და დაავადებისათვის და ორივე ეს პროცესი შეიძლება დასრულდეს გათენებამდე. დაავადება შეიძლება გახდეს ძლიერ საშიში, თუ დამე თბილი და ტენიანია, ბევრი ნამისა და წვიმის შემთხვევაში, განსაკუთრებით თუ დღისით იყო ნისლიანი ამინდი და ფოთლები არ გაშრა. აღნიშნული-საგან განსხვავებით ზოგიერთ დაავადებას, მაგალითად ვარდის ნაცრის განვითარებას ხელს უწყობს მშრალი ამინდი.

შესწავლილია ამინდის, კერძოდ ტემპერატურისა და ატმოსფერული ტენიანობის გავლენა ცრუ ნაცარზე (*Bremia lactuceae*) და ნამდვილ ნაცარზე (*Erysiphe cichoracearum*), ერთ-სა და იმავე კულტურაზე (ღორის ქადაზე), დადგენილია, რომ ცრუ ნაცარი გავრცელებულია იმ რაიონებში, სადაც დაბალი ტემპერატურა (13 °C) და მაღალი ტენიანობა (80 %); ამ პათოგენის განვითარება თანაბარზომიერად დამოკიდებულია ამ ორივე ფაქტორზე; *Erysiphe*-სათვის ოპტიმალური ტემპერატურა 17–19 °C, ტენიანობა 77 %. ამასთან, ტემპერატურას აქვს დიდი მნიშვნელობა. ზოგჯერ ერთ რაიონში გავრცელებულია ორივე პათოგენი სხვადასხვა შეფარდებით, ხოლო სხვა რაიონში - ერთერთი მათგანი [4].

ჩვენს მიერ გარკვეული იქნა, ის, რომ ეკოლოგიური ფაქტორები გავლენას ახდენს დაავადებათა განვითარებაზე არა მხოლოდ დიდ ფართობებზე. კლიმატის ადგილობრივ ცვლილებას შეუძლია გამოიწვიოს დაავადების ლოკალური აფეთქება, ან პირიქით, თავიდან ააცილოს დაავადების განვითარება. როგორც ჩანს ეს ძირითადად დამახასიათებელია ექსტრემალური პირობებისათვის, როდესაც მეტეოროლოგიური ფაქტორების მცირე ცვლილებასაც კი შეიძლება ჰქონდეს გადამწყვეტი მნიშვნელობა, განსაკუთრებით იმ შემთხვევაში, თუ პათოგენსა და მცენარეს შორის არსებობს ძლიერი ბალანსირებული წონასწორობა.

როგორც წარმოდგენილი მასალებიდან ჩანს, ამინდის გავლენა პათოგენის განვითარებაზე შესწავლილია ზოგადად, ე.ი. დადგენილია კავშირი განსაზღვრულ ამინდის პირობებსა და ამა თუ იმ დაავადების განვითარებას შორის. ზოგიერთ შემთხვევაში დადგენილია პათოგენისათვის ოპტიმალური ტემპერატურა, ტენიანობა და განათება. ამ მხრივ შეიძლება საინტერესო აღმოჩნდეს ექსპერიმენტები ხელოვნურ კლიმატზე ლაბორატორიულ-სა და დახურული გრუნტის პირობებში.

ამრიგად, დადგენილია, რომ მცენარეთა დაავადებების გავრცელებასა და განვითარებისათვის გადამწყვეტ როლს თამაშობენ ეკოლოგიური ფაქტორები: ტემპერატურა, ტენიანობა, განათების ინტენსივობა, ნიადაგის ტიპი, სტრუქტურა, ქარი, ნისლი და სხვა.

აღნიშნული ფაქტორებიდან ყველაზე მნიშვნელოვანია ტემპერატურა და ტენიანობა. მიუხედავად იმისა, რომ სინათლემ შეიძლება ძლიერი გავლენა მოახდინოს დაავადებათა გავრცელებასა და განვითარებაზე, ის მხოლოდ იშვიათ შემთხვევაშია დაავადების სეზონური და რეგიონული გავრცელების განმსაზღვრელი ფაქტორი, მას ძალზე იშვიათად შეუძლია ითამაშოს გადამწყვეტი როლი დაავადების ეპიფიტოტიის განვითარებასა და გეოგრაფიულ გავრცელებაში.

ლიტერატურა

1. ყანჩაველი შ. ს., რეხვიაშვილი ლ. მ., კუპრაშვილი თ. დ., ხარხელი თ. მ. ნიადაგის მულჩირების გავლენა კარტოფილის ზოგიერთი დაავადების გავრცელება-განვითარებისა და მოსავლის

რაოდენობრივ-სარისხობრივ მაჩვენებლებზე. //საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 2009, გვ.23.

2. Канчавели Ш.С. Экологические факторы, влияющие на распространение патогенов в ареале возделывания культуры. //Georgian Engineering News, 2015, № 4, сс. 132-134.

3. Christenson J.J. Monograph. Am. Phytophathology. Soc. 1989.

4. Schnathorst W.C. Phytophathology., 1996, 86, 56, p.151-157.

SUMMARY

THE ROLE OF ECOLOGICAL FACTORS IN THE SPREAD AND DEVELOPMENT OF PLANT DISEASES

Kanchaveli Sh.S., Kikoria K.M. and Chachkhiani-Anasashvli N.R.

Scientific Research Center of the Ministry of Agriculture of Georgia

Ltd. Bioagro-Plant Biological Protection Centre

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

It was established that ecological factors such as temperature, humidity, light, soil type, structure, wind, and others play a great role in the spread and development of plant diseases.

From above mentioned factors temperature and humidity are the most important ones that determine the intensiveness of spread and development of plant diseases. In spite of the fact that light might have a strong influence on plant disease, spread, and development, it is only in rare cases that a determinant of seasonal regional diseases spread. It very rarely plays a determinate role in the development of a geographical spread of the disease epiphytota.

Keywords: ecological factors, plant diseases.

**მცენარეთა დაავადებების გავრცელების არეალის, ზონისა და რაიონის დადგენა
ეკოლოგიური ფაქტორების საფუძველზე**

ყანჩაველი შ.ს., კიკორია კ.მ., ჩაჩხიანი-ანასაშვილი ნ.რ.

**საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრი
შ.პ.ს.-ბიოაგრო-მცენარეთა ბიოლოგიური დაცვის ცენტრი
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი**

მავნი ორგანიზმებისაგან მცენარეთა დაცვის დონის ძიებათა სისტემის შემუშავებისას გათვალისწინებული უნდა იქნას, რაიონების მიხედვით დაავადების გავრცელების ინტენსივობის ხარისხი. არეალების და ზონების მიხედვით პათოგენების მავნეობა. არსებული პრინციპები და სქემის ბუნებრივი დარაიონების ანალიზი იძლევა საშუალებას, რომ ისინი გამოყენებული იქნას ეკოლოგიური პირობების საერთო დახასიათებისათვის, რის ფონზეც ვითარდება მავნი სახეობის ურთიერთქმედება დაზიანებულ კულტურებთან და სასარგებლო მიკრო ორგანიზმებთან. ყველაზე მისაღები ამ საკითხში არის დარგობრივი აგროკლიმატური დარაიონება, რომელიც ხასიათდება ცალკეული კულტურების წარმოების თავისებურებით. ეს საშუალებას იძლევა, გამოვლინდეს სხვადასხვა რაიონების კლიმატური პირობები თუ როგორი დონით შეესაბამება მცენარეთა მოთხოვნას და როგორია მათი ბუნებრივი „კლიმატური“ გამძლეობა პათოგენების მოქმედებისადმი. ამასთან, სოფლის მეურნეობის წარმოების პრაქტიკაში დიდი ხანია მომწიფდა, „ენტომოფიტოპათოლოგიური“ დარაიონების აუცილებლობა. ასეთი დარაიონების დასაწყისი იყო ინფექციის კერის ფიქსაციის და დაავადების განვითარების ინტენსივობის გამოვლინება, მრავალწლიანი მონაცემების განზოგადოება. ზონების გამოყოფა. მსგავსი კვლევებს შორის იძლევა წარმოდგენას „მცენარეთა გეოპათოლოგიაზე“ ანუ ფოტოგეოგრაფიაზე. თუმცა ტერიტორიის დარაიონება, რომელიც ემყარება მხოლოდ ფაქტობრივ მონაცემებს, ხშირად შემთხვევით ხასიათს ატარებს და არ იძლევა მთლიან წარმოდგენას არეალის პოტენციურ ცვლილებაზე და პათოგენების მავნეობის ზონაზე სოფლის მეურნეობის ინტენსიფიკაციისა და სპეციალიზაციის დროს.

ამასთან დაკავშირებით ფართო გავრცელება ჰპოვა სპეციალურმა აგროკლიმატურმა დარაიონებამ ჩატარებულმა ამ ამოცანების გათვალისწინებით, რომლებიც დგას მცენარეთა დაცვის სამსახურის წინაშე. ის უფუნება პათოგენების გეოგრაფიული პოპულაციების რეაქციის შესწავლის კლიმატურ პირობებზე და კრიტიკულ პერიოდებსა და სხვა ფაქტორებზე, რომლებიც განაპირობებს მათ არსებობასა და განვითარების შესაძლებლობას სხვადასხვა რაიონებში. კლიმატური რესურსების შეფარდება ამ მაჩვენებლების გათვალისწინებით და მათი განმეორების გაანგარიშება სხვადასხვა წლებში გვაძლევს საშუალებას ვიწინასწარმეტყველოთ დაავადების მასობრივი აფეთქების სიხშირე და შესაძლებლობა. დავაფუძნოთ ზონები, მათი განსხვავებული ბუნება და განვსაზღვროთ შესაძლებელი ცვლილებები ამ პროცესების მიმდინარეობის დროს სელექციისა და მიწათმოქმედების განვითარების პერსპექტივებთან დაკავშირებით. ასეთი მიდგომა მართებულია, როგორც ეპიფიტოტიური დაავადების მიმართ, რომლებიც ხასიათდება სეზონური დინამიკით და აფეთქების არეალის „პულსირებით“, ასევე ეპიფიტოტიური – მრავალწლიანი დინამიკის და მავნეობის შედარებით მუდმივი არეალის დაავადებებისათვის [1].

ტერიტორიის დარაიონებას ობიექტის შესწავლის დონესთან დამოკიდებულებაში აქვს რამდენიმე ეტაპი: პათოგენების გავრცელებაზე ფაქტობრივი მონაცემების განზოგადება; დაავადების ძირითადი და პოტენციური საზღვრების დადგენა აგროკლიმატური მაჩვენებლების მიხედვით, რომლებიც განაპირობებს პათოგენის განვითარებას; ეპიფიტოტის წარმოქმნის ალბათობის გათვლა და დაავადების სხვადასხვა მავნეობის ზონის განსაზღვრა მისი არეალის ფარგლებში. თვითუფ ამ ეტაპს გააჩნია დამოუკიდებელი

მნიშვნელობა და შეიძლება იყოს გამოყენებული ცალკეული, კერძო ამოცანის გადასაწყვეტად. მაგალითად, დაავადების კერის ფიქსირება გვადლევს საშუალებას დავადგინოთ მცენარეთა ახალი დაავადების გამოჩენა და უკვე ცნობილი არეალის გაფართოება. ამჟამად აღნიშნულია მზეუსუმზირის ცრუ ნაცრის, კარტოფილის კიბოს, შაქრის ჭარხლის და თამბაქოს პერონოსპორიზის, ვაშლის ნაცრის, ალუბლის კოკომიკოზის და მცენარეთა სხვა დაავადებების უფრო ფართო გავრცელება.

დაავადების გავრცელების მრავალწლიანი მონაცემების განზოგადება იძლევა საშუალებას, გამოვლინდეს მისი გავრცელების ფაქტორი, არეალი და ზონები კულტურების დაავადების განსხვავებული ინტენსიობით. ეს გავრცელების კარტირების ყველაზე გავრცელებული ფორმაა. მისი საშუალებით შეიძლება ორიენტირებულად ვიმსჯელოთ კულტურის მოყვანის ცალკეული რაიონის ფიტოპათოლოგიურ სპეციფიკაზე [2].

როგორც ცნობილია, ჟანგაროვან დაავადებებს მნიშვნელოვანი ზარალი მოაქვთ მარცვლოვანი კულტურებისათვის, ჟანგებს შორის ყველაზე მეტად გავრცელებულია ხორბლის ღეროს ჟანგა. დაავადების განვითარება დამოკიდებულია შემოდგომა - ზამთარი-გაზაფხულის პერიოდის ამინდური პირობების შეთანაწყობაზე.

სავეგეტაციო პერიოდში ამინდის პირობების განსაზღვრული განმეორება უზრუნველყოფს ნათესის დაავადებას ჟანგით და სხვა სახეობებით. ხორბლის სავეგეტაციო პერიოდის გაზრდა ჰაერის დაბალი ტემპერატურის გამო ქმნის პირობებს ღეროს ჟანგას გამოსავლენად. ამ დაავადების ძლიერი განვითარება შეიძლება განხორციელდეს მცირე დრუბლიან ამინდში, დამის ინტენსიური რადიაციის და ნამის დროს, რომელიც რჩება მზის ამოსვლიდან 2-სთ-ის განმავლობაში. დამის ტემპერატურა შეიძლება დაეცეს 0 °C-მდე, მაგრამ ის არ აისახება დაავადების განვითარების ხასიათზე, თუ ნამის პერიოდის დასაწყისში ტემპერატურა რამდენიმე საათს იყო დაახლოებით 18 °C.

ღეროს ჟანგას ეპიფიტოტიისთვის დიდი მნიშვნელობა აქვს პათოგენის წარმატებულ გამოზამთრებას, რომელიც აღინიშნება ბოლო წლებში. თოვლის მაღალი საფარი უზრუნველყოფს ნიადაგის ტენიანობას ზაფხულში, რაც ხელს უწყობს ხორბლის სავეგეტაციო პერიოდის გახანგრძლივებას და შესაბამისად, დაავადების გაძლიერებას.

დადგენილი კანონზომიერებების საფუძველზე შესაძლებელია ღეროს ჟანგის გავრცელების აგროკლიმატური დარაიონება მისი ეპიფიტოტიის გამეორება ყველაზე კარგად კოდირებს ნალექების რაოდენობასთან, რომლებიც მოდის რძისებრი სიმწიფის - მოსავლის აღების პერიოდში. ამ პერიოდს ტენით უზრუნველყოფის ხასიათი განსაზღვრავს პათოგენის გავრცელებას, მცენარის დაავადების შესაძლებლობას და დაავადების განვითარების თავისებურებას, მაგრამ მისი მოქმედების ხარისხი დაავადებულ მცენარეებზე ვლინდება ტემპერატურის დონესთან დამოკიდებულებაში. ორივე ფაქტორის ერთობლივი გავლენის ინტეგრირულ მაჩვენებლებლად სამსახურის გაწევა შეუძლია ჰიდროთერმულ კოეფიციენტს.

დადგენილია [3,4]. რომ ჰიდროთერმული პერიოდები გავლენას ახდენს ხორბლის ყვითელი ჟანგას ეპიფიტოტიის განვითარებაზე და ჰიდროთერმული კოეფიციენტი ამ დროს მეტია ან ტოლია 1,7-ის.

მარცვლოვანი კულტურების დაავადებებს შორის ფართო გავრცელებით გამოირჩევა ნაცარი. მის განვითარებას ხელს უწყობს ჰაერის მაღალი ტენიანობა (60–100 %) და 12° C-ზე მაღალი ტემპერატურა. ხორბლის ნაცრით დაავადებაზე დიდ გავლენას ახდენს ნალექები. დაავადების ძლიერი ეპიფიტოტია აღინიშნება ტენიან წლებში, მაგრამ დაავადება ყველაზე მეტი მავნეობით გამოირჩევა მცენარის ვეგეტაციის მეორე ნახევარში, როდესაც ტენის ნაკლებობა აღინიშნება 30 %-ზე ნაკლები ნიადაგის ტენიანობა განაპირობებს ხორბლის ნათესის მნიშვნელოვან დასუსტებას და მათ ინტენსიურ დაავადებას ნაცრით.

დადგენილია, რომ საკმაო რაოდენობის ნალექებისა და ჰაერის მაღალი ტენიანობის დროს დაავადების განვითარების ხასიათი დამოკიდებულია უმთავრესად ტემპერატურაზე. ეს კანონზომიერება აღინიშნება ყველა რეგიონში, სადაც ნაცრით ძლიერად ავადდება ქერი. დადგენილია მჭიდრო კავშირი დაავადების განვითარებისა და ტემპერატურის დონეს შორის

15 თებერვლიდან 5 აპრილამდე და დამთავებამდე 15 დღით ადრე პერიოდში გამოვლენილია დაავადების ინტენსიური ზრდა იმ წლებში, როდესაც აღნიშნულ პერიოდში ბოლო წლებში ზოგიერთ რაიონში აღინიშნება შედარებით ხშირი ეპიფიტოტია (4-ჯერ 10 წელიწადში), დანარჩენ რეგიონში კი საშუალო (3-ჯერ 10 წელიწადში).

ბოლო პერიოდში მნიშვნელოვანი აღმოჩნდა ხორბლის ფესვის სიღამპლის მავნეობის აგროკლიმატური დარაიონება მისი ასაკის და ზონების დასაბუთებისას. ამ დაავადებების გავრცელების ზონების გამოსაყოფად შეიძლება ვისარგებლოდ ჰიდროთერმული კოეფიციენტის ივლისის თვის მონაცემებით, რომლითაც შეიძლება ორიენტირება და მსჯელობა ხორბლის დაავადების ტიპსა და ინტენსივობაზე. ხორბლის ფესვის სიღამპლის გამოვლენის ხასიათი განისაზღვრება საინფექციო საწყისის დაგროვების პირობებით და მცენარის განვითარებით.

ინფექციის შენახვის ხელსაყრელი პირობების შეხამებით მცენარის ინტენსიურ დაავადებასთან, გამოყოფილია დაავადების ძირითადი არეალი, სადაც ფესვის სიღამპლის მავნეობა უმთავრესად განისაზღვრება მცენარის მდგომარეობით და მისი გამძლეობით დაავადებისადმი.

დაავადების განვითარების აგროკლიმატური ანალიზი, პათოგენის და დაავადებული მცენარის მოთხოვნილებათა აღრიცხვით შესაძლებელია დადგინდეს მაჩვენებლები, რომლებიც განსაზღვრავენ, დაავადების გამოვლენის ხარისხს: 1) მცენარე რა მდგომარეობაში შედის ზამთრის პერიოდში (სითბოსა და ტემპერატურის ნაკლებობის შედეგად); 2) იანვრის თვის მინიმალური და მაქსიმალური ტემპერატურათა თანაფარდობა, როგორც ამინდის მდგომარეობის მაჩვენებელი ზამთრის პერიოდში; 3) თანაფარდობა მინიმალურ ტემპერატურისა და თოვლის სიმაღლის შორის ადრე გაზაფხულზე, ნათესისათვის კრიტიკული სიტუაციის მაჩვენებელი მათი ბუნებრივი სიცივე გამძლეობის დაქვეითების პერიოდში.

გაირკვა, რომ მკვეთრად გამოხატული ზონალური ხასიათი აქვს ხეხილოვანი კულტურების დაავადებათა გავრცელებას და განვითარებას. ვაშლის ქეცის ეპიფიტოტია ძირითადად განპირობებულია აგროკლიმატური პირობების შეხამებით, პირველ რიგში ჰაერის ტემპერატურისა და ტენიანობის, ასევე ნალექების განაწილების სავგეტაციო პერიოდში. გარდა ამისა დაავადების გამოვლინების სავგეტაციო პერიოდში. გარდა ამისა დაავადების გამოვლინება და დინამიკა, განსაკუთრებით მცენარის ვეგეტაციის საწყის ეტაპზე დამოკიდებულია გამოზამთრებულ საინფექციო საწყისის რაოდენობაზე. ეს თავის მხრივ განისაზღვრება გასული წლის შემოდგომის, ზამთრის პერიოდზე და ადრე გაზაფხულის ამინდის პირობებით. ყველაზე ხელსაყრელ პირობებში დაავადების განვითარების იქმნება გაზაფხულზე გაჭიანურებული წვიმებისა და ტენიანობის მომატების დროს. საინფექციო საწყისის ინტენსიური დაგროვება ხდება მაშინ, როდესაც ხშირ მოკლევადიან წვიმებსა და ძლიერ ნამს ენაცვლება თბილი მზიანი დღეები. ვაშლის ქეცის განვითარება მთელი სავგეტაციო პერიოდის მანძილზე ბევრად დამოკიდებულია გაზაფხულის ამინდზე. ვინაიდან გაზაფხულზე ფოთლები და ნაყოფები დაავადებისადმი ავლენენ მაქსიმალურ მიმდებინაობას. ცივი ამინდის დროს (ტემპერატურა 12–14 °C-ზე ქვემოთ) სავგეტაციო ორგანოების ზრდა და განვითარება ჭიანურდება და ამით იზრდება მისი შესაძლო დაავადების პერიოდი. დაავადების გამომწვევი ნაკლებად მომთხოვნია ტემპერატურისადმი და კარგად ვრცელდება ნალექების არსებობისას. დადგენილია რომ, ვაშლის ქეცის მაქსიმალური განვითარება ხდება იმ წლებში როდესაც დაქვეითებულია ატმოსფერული წნევა.

ვაშლის ქეცი ყველაზე დიდი გავრცელებით და მავნეობით გამოირჩევა ინტენსიური მეხილეობის რაიონებში (2 წელიწადში ერთხელ ან ყოველწლიურად).

XX საუკუნის 50-იანი წლებიდან ფართოდ გავრცელდა მრავალწლოვანი კულტურების, კერძოდ ხეხილის ინფექციური ხმობა. აღნიშნული დაავადება გავრცელებულია მეხილეობის ყველა ზონაში.

საქართველოში შესწავლილია [5] გარემო პირობების გავლენა ხეხილის ინფექციური ხმობის გამოვლენასა და გავრცელებაზე. შესწავლილია ერთი და იმავე ზონის (გორის რაიონი) სხვადასხვა ტიპის ნიადაგების გავლენა ხეხილის ტრაქეომიკოზური ხმობის გავრცელებაზე. შედეგები მოცემულია პირველ ცხრილში.

ცხრილი 1.

ნიადაგის ტიპის გავლენა ხეხილის ტრაქეომიკოზური ხმობის გავრცელებაზე

ნიადაგის ტიპი	ხეხილის ხმობის გავრცელება %-ში	
	კურკოვნები	თესლოვნები
შავმიწისებრი	3 – 5	1,5 – 2
ყავისფერი	8 – 10	4 – 6
ტყის ყავისფერი	6 – 7	3 – 4
მდელოს ყავისფერი	13 – 16	8 – 9
მდელოს ალუვიური	12 – 14	7 – 9

როგორც ცხრილის მონაცემებიდან ჩანს, ხეხილის ხმობის გავრცელების პროცენტი სხვადასხვა ტიპის ნიადაგებზე განსხვავებულია. ყველა ტიპის ნიადაგზე კურკოვნების ხმობის პროცენტი მეტია თესლოვნებზე. როგორც კურკოვნებში, ისე თესლოვნებში ხმობის ყველაზე დაბალი პროცენტი აღინიშნა შავმიწისებრ ნიადაგებზე, ხოლო ყველაზე მაღალი – მდელოს ყავისფერ ნიადაგზე. ეს ნიადაგები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან ჰუმუსის შემცველობით, ფიზიკური და ქიმიური თვისებებით. გამოკვლეული ნიადაგებიდან ჰუმუსი ყველაზე მეტი რაოდენობით (4–6 %) არის შავმიწისებრ ნიადაგებში; ხოლო ყველაზე მცირე რაოდენობა (1,4 – 2,3 %) მდელოს ყავისფერ ნიადაგში. სწორედ ეს ფაქტი – ჰუმუსის რაოდენობა – არაპიდაპირ მოქმედებს დაავადების გამოვლენაზე. ჯერ ერთი, ნიადაგში ჰუმუსის ნაკლებობა იწვევს ნიადაგის სტრუქტურის გაუარესებას, ე.ი. აერაციის და წყლის რეჟიმის გაუარესებას, რის გამოც მცენარის ფესვები სუსტდება, შედეგად ადვილად ხდება ხმობის გამომწვევი სოკოების შეჭრა მცენარის ქსოვილებში. მეორე მხრივ, რადგან ხმობის გამომწვევი სოკოები ნახევრად პარაზიტებია, კარგად ვითარდებიან მკვდარ ორგანულ ნარჩენებზე, ამიტომ ჰუმუსით მდიდარ ნიადაგში უზრუნველყოფილია მათი საპროფიტიული კვება და პარაზიტული თვისებების დასუსტება გარდა ამისა ჰუმუსით მდიდარი ნიადაგები ტენს კარგად ინარჩუნებენ, ამას კი დიდი მნიშვნელობა აქვს ხმობის გამოვლენაში. შესაძლებელია აგრეთვე ისიც, რომ ჰუმუსის გაზრდით შეიძლება ნიადაგში ჩამოყალიბდეს მიკროორგანიზმთა თავისებური კომპლექსი, რომელიც აქვეითებს ხმობის გამომწვევი სოკოების მოქმედებას.

ჰუმუსის რაოდენობის გავლენა დაავადების გამოვლენაზე, დადასტურდა მრავალ მეურნეობაში. იმ მეურნეობებში, სადაც ახდენენ სიღურატების ჩახვნას, ე.ი. ჰუმუსის რაოდენობის ხელოვნურ გაზრდას, ხმობის გავრცელების პროცენტი საგრძნობლად ნაკლები იყო სხვა მეურნეობებთან შედარებით.

დადგენილია, რომ ხეხილის ინფექციური ხმობის გამოვლენისა და გავრცელებაზე მოქმედებენ ტემპერატურა და ტენიანობა.

როგორც ცნობილია, გაზაფხულიდან დაწყებული იზრდება, როგორც ჰაერის, ასევე ნიადაგის ტემპერატურა. გაირკვა, რომ აპრილის მეორე დეკადაში ნიადაგის ტემპერატურა ფესვთა სისტემის არეში შდა ქართლში აღწევს 8–10 °C-ს. ამ ტემპერატურაზე კი ხმობის გამომწვევი სოკოები იწყებენ ზრდა-განვითარებას. როგორც ცდებით დადასტურდა, ნიადაგში შეტანილი ინფექციის დროს კურკოვნებში დაავადებების საინფექციო პერიოდი არის 50–55 დღე, ხოლო თესლოვნებში 57–65 დღე. ამის მიხედვით ხმობა უნდა გამოვლინებულიყო ივნისის ბოლოს; სინამდვილეში კი ხმობა ვლინდება ივლისის ბოლოს, აგვისტოს დასაწყისში. ეს იმიტომ ხდება, რომ სოკო მართალია იზრდება 8–10 °C-ზე, მაგრამ იგი

მცენარეში ვერ იჭრება. მაისის ბოლოს ნიადაგის ტემპერატურა აღწეს 18–20 °C-მდე, და ხდება სოკოების შეჭრა მცენარეში, დაავადება ვლინდება შესაბამისად, ივლისის ბოლოს, აგვისტოს დასაწყისში. ამასთან, სამხრეთის უესპოზიციის ფართობებზე, სადაც ნიადაგის ტემპერატურა უფრო სწრაფად იწევს მაღლა, იქ შეიძლება დაავადება უფრო ადრე გამოვლინდეს. ეს ფაქტი ლაბორატორიული ცდებითაც დადასტურდა, რომლის დროსაც დადგინდა, რომ სოკოების კულტურალური ფილტრატები მაქსიმალურ ტოქსიკურობას ამჟღავნებენ მხოლოდ განსაზღვრულ ტემპერატურაზე.

ტენიანობის როლის დასადგენად ხმობის გამოვლენაში, ჩატარდა აღრიცხვები ერთი და იმავე რეგიონებში სარწყავ და ურწყავ ფართობებზე. ურწყავ ფართობებზე ხმობის გამოვლინების პროცენტი ყოველთვის მეტია, როგორც კურკოვნებში ისე თესლოვნებში. კერძოდ, კურკოვნების ხმობის პროცენტი სარწყავ ფართობებში 11–12 %-ია, ხოლო ურწყავებში 18–19 %-ია, თესლოვნებში ურწყავებში 9–10 %, ხოლო სარწყავებში – 5–6 %.

ტენის როლი ხეხილის ხმობის გამოვლინებაში ცდებითაც დადასტურდა. სავეგეტაციო ჭურჭლებში დარგული ხეხილის ნერგები, რომლებიც ხელოვნურად დასენიანდა ხმობის გამომწვევი სოკოებით, ირწყვებოდა სხვადასხვანაირად: ნაწილ მცენარეებს შეუმცირდათ რწყვა, მეორე ნაწილი ჩვეულებრივ ირწყვებოდა.

ცდებით დადგინდა, რომ დაავადების გამოვლენის პროცენტი ტენს მოკლებულ მცენარეებში ყოველთვის მეტია, როგორც კურკოვნებში, ასევე თესლოვნებში. მაგალითად ატმის, სოკო-*V. dahliae*-თი დაავადებისას ტენს მოკლებული და ტენით უზრუნველყოფილ დაავადებულ მცენარეებს შორის დაავადების გამოვლინების სხვაობა არის 28 %; *C.malorum*-ის შემთხვევაში – 25 %; *C.destructans*- ის დროს 21 %; ხოლო *G.roseum*-ით დაავადებისას 26 %. თესლოვანებშიც არის ეს სხვაობა, მაგრამ უფრო მცირე სიდიდის კურკოვანთან შედარებით.

ცდებმა ასევე აჩვენა, რომ როგორც ტენს მოკლებული, ისე ტენით უზრუნველყოფილ მცენარეებში, კურკოვნების ხმობის გამოვლინების პროცენტი ყოველთვის მეტია თესლოვნებზე, მხოლოდ ერთი გამონაკლისაი სოკო *C.malorum* ყველაზე პათოგენურია ვაშლის მიმართ.

ტენის რაოდენობამ გავლენა მოახდინა აგრეთვე დაავადების საინკუბაციო პერიოდზე. საინკუბაციო პერიოდის ხანგრძლივობა ტენს მოკლებულ კურკოვნებში შემცირდა 10–15 დღით, ხოლო თესლოვნებში 7-8 დღით. დაავადების გამოვლენა გამოიხატება ფოთლების ფერის შეცვლაში, ცალკეულმა ფოთლებმა დაიწყეს ნაადრევი ცვენა. ის მცენარეები, რომლებიც უზრუნველყოფილია ტენით, პათოლოგიური პროცესები მათში შედარებით მცირეა, ვიდრე იმ მცენარეებში, რომლებიც წყლის სიმცირეს განიცდიან.

მზესუმზირის ერთ-ერთი ძირითადი დაავადება ნაცარი, რომელიც დიდი მავნეობით გამოირჩევა. დაავადების გავრცელების ზონაში, ევროპაში ყველაზე თბილი თვის საშუალო ტემპერატურა 19–23,7 °C, ყველაზე ცივი თვის - 0,1 °C – 6 °C, საშუალო აბსოლუტური წლიური მინიმუმი – 17,3 °C, უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა წელიწადში არის 172–227 დღე, გვალვიანი პერიოდის 27–85 დღე. დაავადების გამომწვევ სოკოს შეუძლია არსებობა საკმაოდ ფართო კლიმატურ დიაპაზონში, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ სოკოს შეუძლია გავრცელება მზესუმზირის წარმოების ახალ რაიონებში.

მოცემული მონაცემები შეიძლება გამოყენებული იყოს დაავადების და მავნეობის გავრცელების მრავალწლიანი პროგნოზის დასამუშავებლად და მავნე ორგანიზმებისაგან მცენარეთა დაცვის ზონალური სისტემის შესადგენად.

ამრიგად, პათოგენის გეოგრაფიული გავრცელება, მისი მავნეობა და უნარი გამოიწვიოს ეპიფიტოტია განისაზღვრება მემკვიდრული თავისებურებით და გარემო ფაქტორებით. ინფექციური დაავადებების ეკონომიკური მნიშვნელობა დამოკიდებულია მათ გავრცელებასა და მცენარის დაავადების ინტენსივობაზე. ამიტომ, მცენარეთა დაავადებები, რომლებიც ხასიათდებიან ფართო გავრცელებით და მავნეობით, ან ააქვთ უნარი მომავალში გახდენ ასეთები აქვთ საერთაშორისო მნიშვნელობა.

ლიტერატურა

1. ყანჩაველი ზ.ს. მცენარეთა დაავადებათა ეკოლოგია. -თბილისი, გრიფონი, 2022, 404 გვ.
2. Шекунова Е. Г. Методика территориального многолетнего прогноза болезней растений. Изд. ВИЗР, 1971, 90 с.
3. Чумаков А. Е. Влияние гидрометеорических условий на развитие эпифитотий желтой ржавчины. // Микология и фитопатология, 1969, т. 3, вып 1, сс. 57-64.
4. Чумаков А. Е., Минкевич И. И., Захарова Т. И. Использование агроклиматических и погодных факторов в прогнозе развития болезней растений. /Труды ВИЗР, 1972, вып. 38, сс. 11-17.
5. ყანჩაველი ზ.ს. მცენარეთა პათოლოგიის საფუძვლები. - თბილისი, გრიფონი, 2017, 663 გვ.

SUMMARY

BASED ON ECOLOGICAL FACTORS DETERMINE THE AREAL, ZONE, AND REGION OF THE SPREAD OF PLANT DISEASES

Kanchaveli Sh.S., Kikoria K.M. and Chachkhiani-Anasashvili N.R.

Scientific-research Center of Georgian Agriculture Ministry

LTD – Bioagro-Plant Biological Protection Centre

Akaki Tsereteli State University, Kutaisi

It was found out that to separate diseased territories in region that are based only on factual data does not often give overall picture of the area, potential changes and pathogen harmfulness on the zones. It was established that to determine the main and potential boardlines of plant diseases is possible according to agroclimate, data that determine the spread of the pathogen. It was also established that the greatness of areas, zones and regions of plant diseases are determined by ecological factors in particular temperature and humidity.

Keywords: pests, plant protection, ecological factors, climatic conditions.

თიხა ფარმაცევტულ პრეპარატებში

ცივაძე მ.ა.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხალხურ მედიცინაში სამკურნალო მიზნებისათვის გამოიყენება თიხა, როგორც მალამოების, პასტების, კომპრესების, ლოსიონების, ფხვნილების, აპლიკაციების, სხვადასხვა დანამატებზე დაფუძნებული ბალზამების (თაფლი, ძმარი, არომატული ბალახები და ა. შ.), სამკურნალო აბაზანების, ოყნების წყლიანი ხსნარების შემადგენელ კომპონენტად.

თიხის მინერალები აქტიური ნივთიერების სახით ფართოდ გამოიყენება ფარმაცევტულ პრეპარატებში, მათი თვისებების და მოქმედების გამო, ისეთი როგორიცაა: ანტაციდები, ანტიანემიური საშუალებები, მინერალური დანამატები, კუჭის დამცავი საშუალებები/პროტექტორები, საფადართო, ანტიდიარეული საშუალებები, ანტიბიოტიკები, ანტივირუსული საშუალებები, ჭრილობების საფენები, დეტოქსიკატორები, სიმსივნის და ანთების საწინააღმდეგო საშუალება, ტკივილგამაყუჩებელი და სხვ.

მაღალი მჟავიანობა გამოწვეულია სხვადასხვა პირობების გამო კუჭში HCl-ის ჭარბი სეკრეციით. თიხის მინერალები მჟავიანობას ამცირებენ ან მარილმჟავას ნეიტრალიზაციით, ან მინერალების დაშლისას მათ ზედაპირზე H^+ იონების შთანთქმით. ამგვარად, კუჭის pH აღდგება 1,5–2,5-დან 7-მდე. ეფექტურმა ანტაციდმა უნდა გაზარდოს pH სამი-ოთხი ერთეულით და შეამციროს მჟავიანობა, რაც აღინიშნება თიხის მინერალებში, როგორიცაა კალციტი, მაგნეზიტი, პერიკლაზა, ბრუციტი და ჰიდროტალციტი. პალიგორსკიტი, სეპიოიტი, მონტმორილონიტი და საპონიტი ანეიტრალურებს მჟავიანობას H^+ იონის შთანთქმით მათ ზედაპირზე. მათმა გამოყენებამ ასევე შეიძლება გამოიწვიოს გარკვეული გვერდითი მოვლენები, ისეთი როგორიცაა თირკმლის სილიციუმის კალკულები, ყაბზობა Ca^{2+} -ის გადაჭარბებული დაგროვების შემთხვევაში, რადგან ისინი ქმნიან უხსნად ჰიდრატ ფოსფატს. ხოლო Mg^{2+} -ის იონი წარმოქმნის ფალარათის ეფექტს, რისი თავიდან აცილება შესაძლებელია სხვადასხვა მინერალური კომპოზიციების გამოყენებით. ამ კომბინაციას ასევე აქვს წამლის გამოთავისუფლების შენარჩუნების უპირატესობა, მაგალითად, გიბსიტის და ბრუსიტის ერთდროული გამოყენება ახანგრძლივებს მის ანტაციდური მოქმედებას, რადგან ბრუსიტი არის სწრაფი მოქმედების, ხოლო გიბსიტი არის ნელი მოქმედების ანტაციდი [1].

ჭრილობებმა, რომელსაც ახასიათებს კანის აბრაზია და სისხლძარღვთა დაზიანება შეიძლება გამოიწვიოს მიკრობული ინვაზია, ინტოქსიკაცია და ჰემორაგიული შოკიც კი, უკონტროლო სისხლდენის გამო. ამას ეწინააღმდეგება ჩვენი ორგანიზმის ჰომეოსტატიკური რეაქცია სისხლის კოაგულაციის გზით, რაც ხელს უშლის სისხლდენას. ჰემოსტაზი მიყვება ისეთ თანმიმდევრულ ეტაპებს, როგორიცაა: პირველი – თრომბინის წარმოქმნის დაწყება, მეორე – აქტივაცია და თრომბოციტების აგრეგაცია (ამპლიფიკაცია) და მესამე - ფიბრინის წარმოქმნა თრომბოციტების შედეგების სტაბილიზაციისთვის. ჰემოსტატიკური აგენტები წარმოქმნიან ფიზიკურ ბადის მსგავს ფენას, რომელიც ხელს უწყობს ჰემოსტაზის გაძლიერებას და გავრცელებას, რაც იწვევს თრომბოციტების აგრეგაციას და კოაგულაციას. კაოლინის უარყოფითი ზედაპირული მუხტი სისხლის და პლაზმის pH-ზე მკვეთრად მოქმედებს სისხლის შედეგების პოტენციალზე. აქტიურ მდგომარეობაში სისხლის შედეგების XII ფაქტორის გააქტიურება ხორციელდება კაოლინით სისხლთან და პლაზმასთან შეხებისას. XII ფაქტორის აქტიური ფორმა თავის მხრივ ააქტიურებს XI ფაქტორს და პრეკალიკრინს, რაც ხელს უწყობს სისხლდენის თავიდან აცილებას. ამიტომ, მრავალი ჭრილობის შესახვევი მასალა შეიცავს კაოლინს, როგორც აქტიურ ჰემოსტაზურ აგენტს [2-6].

თიხის მინერალები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ანემიის დროს. ანემია გამოწვეულია ერითროციტების შემცირებული პროდუქციით, რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს Fe^{2+} -ის იონების ნაკლები ხელმისაწვდომობით. ეს პრობლემა შესაძლებელია გადაწ-

ყვეტილ იქნას მელანტერიტით, რომელიც მდიდარია Fe^{2+} -ის იონებით და ადვილად იხსნება წყალში. ინიშნება პერორალურად, ხსნარის სახით; ეს იონები სისხლის პლაზმაში მოხვედრისას გარდაიქმნება სამვალენტო რკინის იონად ტრანსფერინთან და β გლობულინთან შეერთებისას. ჭარბი რაოდენობა იწვევს ღვიძლში, ელენთაში და ძვლის ტვინში, ნაწილი გამოიყოფა შარდით, ნაღვლის ბუშტით და სანაღვლე გზებით. ტაბლეტების სახით პერორალურად შეყვანილი ჰალიტი, ეფსომიტი, ბრუციტი, პერიკლაზა, კალციტი, ჰიდროქსიაპატიტი, მაგნეზიტი, სილვიტი, მელანტერიტი უზრუნველყოფს Ca^{2+} , Na^+ , Ca^{2+} , Fe^{2+} , K^+ , PO_4^{3-} და Mg^{2+} იონებს, რომლებიც ძალიან მნიშვნელოვანია ადამიანის ორგანიზმისთვის [1].

ადამიანის ორგანიზმში ანთებითი რეაქცია იწვევს ლეიკოციტების წარმოქმნას და მათ მობილობას დაზიანებული ადგილისკენ. შეშუპება, სიწითლე, ტკივილი და სიცხე არის ანთებითი რეაქციის ძირითადი სიმპტომები. ლოპეს-გალინდომ და ვიზერასმა [7] წარმოადგინეს კოლინიტის ნახარშის გამოყენება, როგორც ანთების საწინააღმდეგო საშუალება, რადგან მათ შეუძლიათ შთანთქონ ინფიცირებული ქსოვილიდან ჭარბი სითხე, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს ტკივილს და შეშუპებას. ისინი ასევე ხელს უწყობენ კანის გაგრილებას, ასრულებენ რა სითბოს შეკავების აგენტის როლს. მნიშვნელოვანია დოზების კონტროლი რადგან მათ შეუძლიათ გავლენა მოახდინონ მის თერაპიულ მოქმედებაზე [8-13].

მინერალები, როგორცაა გოგირდი, გოსლარიტი, ბორაქსი, ზინკოზიტი, ქალკანტიტი, ცინციტი და ალუმი მაღალი კონცენტრაციით, მაღალი კოროზიულია და ტოქსიკურია პათოგენებისთვის, ამიტომ ისინი შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც ანტისეპტიკური ან სადეზინფექციო საშუალება. ისინი ასევე გამოიყენება როგორც შემკვრელი (ქალკანტიტი), ბაქტერიოსტატიკური აგენტი (ბორაქსი), ფუნგიციდი, ჰემოსტატიკური საშუალება (ალუმი) და კანის დაზიანებისას. თიხის ბაქტერიციდული აქტივობა, მათი ფიზიკური და ქიმიური თვისებების გამო, ვრცელდება წამლებისადმი რეზისტენტული ბაქტერიების, როგორცაა *Pseudomonas aeruginosa*, *E. coli* და *Staphylococcus aureus* მიმართ, რაც მათ ეხმარება ბაქტერიების უჯრედების შეფუთვისა და საკვები ნივთიერებების შეწოვის შეფერხებაში. ეს ყოველივე გამოწვეულია მათი ბაქტერიის უჯრედის კედლისკენ მაღალი ზედაპირული მიზიდულობით.

თიხის მინერალებში არსებული იონები ასევე მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ მათ ბაქტერიციდულ თვისებაში. Cu^{2+} და Fe^{2+} -ის ორვალენტო კათიონები ადვილად გადადიან და იჟანგებიან ბაქტერიის უჯრედში, რათა წარმოქმნან უჯრედშორისი ჰიდროქსიდის რადიკალი, რომელიც ბაქტერიისთვის მომაკვდინებელია.

ცნობილია, რომ ბევრ მოდიფიცირებულ თიხას აქვს კარგი ბაქტერიციდული აქტივობა, მაგალითად, თუთიის ოქსიდისა და Ti-ის ფოტოკატალიზური აქტივობა $TiO_2(ZnO)$ /კოლინიტი ნარევის ხდის ეფექტურს *Enterococcus faecalis*, *E. coli* და *Pseudomonas aeruginosa* მიმართ. უფრო მეტიც, *Pseudomonas aeruginosa* ასევე მგრძობიარეა CTAB-ით და Cu-ით მოდიფიცირებული კოლინის მიმართ. პირის ღრუს პათოგენები, როგორცაა *E. coli*, *Bacillus subtilis*, და *klebsiella pneumonia* ეფექტურად ისპობა კოლინის/რკინა-პორფირინის ჰიბრიდით. ვერცხლი-კოლინიტის ნანოკომპოზიტს ასევე აქვს ანტიბაქტერიული თვისება [14].

თიხა ასევე გამოყენებულ იქნა ადსორბატად პათოგენური ვირუსების მოსაშორებლად. თავდაპირველად, მიჩნეულია, რომ ვირუსები ელექტროსტატიკური ურთიერთქმედებით ადსორბირებულია თიხის ზედაპირზე მათი ვალენტურად ბმული კათიონებისა და კათიონების გაცვლის უნარის გამო, მაგრამ მოგვიანებით კვლევებმა აჩვენა, რომ ამინომჟავის და კარბოქსილის ნაშთები, რომლებიც იმყოფება ვირუსის ცილის გარე გარსზე, პასუხისმგებელია ჯამურ მუხტზე და მათი ადსორბცია თიხის მინერალებში, დამოკიდებულია pH-ზე, იონურ ძალაზე და თიხისა და ვირუსის იზოელექტრიკულ წერტილებზე.

შემდგომი კვლევები აჩვენებს, რომ კრისტალიზებული კოლინის ჰიდროფობიური ურთიერთქმედება უფრო მეტ მსგავსებას ავლენს გარკვეული ბაქტერიოფაგების მიმართ. კოლინის in vitro კვლევებმა C ჰეპატიტის ვირუსის, ადამიანის ნაწლავის პათოგენური ადენოვირუსების (hAdVs) და ადენოვირუსის (HAdV-5) წინააღმდეგ დაამტკიცა, რომ კოლინი

არის ეფექტური მასალა, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას გარკვეული ვირუსული ინფექციების წინააღმდეგ [15].

ბევრი ნივთიერება, როგორცაა მძიმე ლითონები, ტოქსინები, მიკოტოქსინები და დოზის გადაჭარბებული წამლების ნაერთები, შეიძლება გამოტანილი იქნეს კუჭ-ნაწლავის ტრაქტიდან კაოლინის, როგორც დეტოქსიკაციის აგენტის შეყვანით.

მინერალები, როგორცაა თუთია, ტალკი, რუტილი, ჰიდროციინციტი, სმიტსონიტი, კაოლინიტი და სმექტიტები გამოიყენება როგორც დამცავი საშუალება კანზე გარკვეული გარე გარემო პირობებისა და პათოგენების თავიდან ასაცილებლად. მათ აქვთ მაღალი სორბციის, არაციტოტოქსიკური, მცირე ანტისეპტიკური და ბაქტერიციდული თვისებები. ისინი გამოიყენება როგორც კრემები, ფხვნილები და მალამოები (REINOL drygard, DP1, kerodex 51 და ა.შ.). ისინი ასევე ჩართულია მზისგან დამცავი კრემის რეცეპტურაში UV-A და UV-B -ს მავნე ზემოქმედების თავიდან ასაცილებლად. რუტილის და თუთიის მინერალები მთანთქავს და ირეკლავს გამოსხივებას, მაგრამ მათ შეუძლიათ გამოიწვიონ კანის დაზიანება ფოტოკატალიზური მოქმედებით, რაც შეიძლება დაძლეულ იქნას კაოლინის, როგორც დამცავი საშუალებების გამოყენებით, რადგან ის აავლენს უფრო მაღალ ულტრაიისფერ დაცვას Fe_2O_3 -ის მაღალი შემცველობის გამო.

კაოლინი ასევე გამოიყენება კანის ზედაპირიდან ჭარბი ტენის, ცხიმოვანი სეკრეციის, ზედაპირული ლიპიდების და ზედაპირული ტოქსინების მთანთქმისთვის, რათა თავიდან იქნას აცილებული აკნე, შავი წერტილები, ბაქტერიული და სოკოვანი ინფექციები. მათ ასევე იყენებენ მწერების ნაკბენისთვის, დამამშვიდებელი ეფექტისთვის [14].

გოგირდის შემცველი მინერალები ფართოდ გამოიყენება როგორც კერატოლიზური საშუალებები, რადგან ისინი ეფექტურია დერმატიტის, ეგზემისა და ფსორიაზის წინააღმდეგ. გოგირდი, კერატინოციტების თანაობისას, რეაგირებს ცისტეინთან და წარმოქმნის გოგირდ წყალბადს, რომელიც ხლიჩავს კერატინს.

ქერტლს მკურნალობენ კალმიუმის სულფიდის შამპუნით.

გოგირდის კრემის სახით ადგილობრივი გამოყენების დამატებითი უპირატესობაა ნაკლებად გამოხატული გვერდითი ეფექტი [1].

იზოტონური კოლირიუმი შეიცავს განსნილ ჰალიტს, რომელიც გამოიყენება როგორც შემუშავებისაწინააღმდეგო თვალის წვეთები თვალის სიმშრალის, გაღიზიანებისა და თვალის სხვა დისკომფორტის სამკურნალოდ.

თიხის მინერალები, აღმოჩენის მომენტიდან უზომოდ სასარგებლო იყო ადამიანის სიცოცხლისთვის და ჯანმრთელობისთვის. მათმა გამოყენებამ ჯანდაცვის სფეროში გახადა ის შეუცვლელ ნივთიერებად ბევრ ფარმაცევტულ პრეპარატში. მათმა ინერტულობამ, დაბალმა ტოქსიკურობამ, მრავალმხრივმა ფიზიკურ-ქიმიურმა თვისებებმა და ხარჯთე-ფექტურობამ გააფართოვა მათი გამოყენება ფარმაცევტულ წარმოებაში. ამავდროულად ყურადღება უნდა მიექცეს თიხის უფრო მაღალი დოზებისა და სხვა პრეპარატთან ერთად მიღებისას. ცნობილია, რომ ზოგიერთი თიხა ამცირებს გარკვეული კლასის წამლების ეფექტურობას და ბიომედწევადობას. თიხის მინერალების ზედაპირზე ნაწილაკების ზომის განაწილების შესწავლამ ფარმაცევტულ სფეროს მრავალ მიმართულებას ახალი სამომავლო პერსპექტივები მისცა.

ლიტერატურა

1. Carretero MI, Pozo M. Clay and non-clay minerals in the pharmaceutical and cosmetic industries. Part II. Active ingredients. /Applied Clay Science. 2010, 47, pp. 171-181.
2. Hermans MH. Wounds and ulcers: Back to the old nomenclature. Wounds. 2010, 22(11), pp. 289-293.
3. Glick JB, Kaur RR, Siegel D. Achieving hemostasis in dermatology – Part II: Topical hemostatic agents. //Indian Dermatology Online Journal. 2013, 4(3), pp. 172-176.
4. Smith AH, Laird C, Porter K, Bloch M. Haemostatic dressings in prehospital care. //Emergency Medicine Journal. 2013;30, pp. 784-789.

5. Pourshahrestani S, Zeimaran E, Djordjevic I, Kadri NA, Towler MR. Inorganic hemostats: The state-of the-art and recent advances. /Materials Science and Engineering: 2016, 58, pp. 1255-1268.
6. Z-Medica. Informative Website of QuikClot® Hemostatic Devices. 2017. Available from: <http://www.quikclot.com/> [გადამოწმებულია 20 დეკემბერი, 2023].
7. López-Galindo A, Viseras C. Pharmaceutical and cosmetic applications of clays. In: Wypych F, Satyanarayana KG, editors. Clay Surfaces: Fundamentals and Applications. /Amsterdam: Elsevier Academic Press; 2004, pp. 267-289.
8. Medzhitov R. Origin and physiological roles of inflammation. //Nature, 2008, 454:428-435.
9. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. //Journal of Applied Physiology. 2010, 109, pp. 1221-1228.
10. Cornejo-Garrido H, Nieto-Camacho A, Gómez-Vidales V, Ramírez-Apan MT, Angel P, Montoya JA, et al. The anti-inflammatory properties of halloysite. /Applied Clay Science. 2012, 57, pp. 10-16.
11. Caglar B. Structural characterization of kaolinitenicotinamide intercalation composite. //Journal of Molecular Structure. 2012, 1020, pp. 48-55.
12. Cervini-Silva J, Camacho AN, Kaufhold S, Ufer K, Jesús ER. The antiinflammatory activity of bentonites. /Applied Clay Science, 2015, 118, pp. 56-60.
13. Cervini-Silva J, Camacho AN, Palacios E, Angel P, Pentrak M, Pentrakova L, et al. Anti-inflammatory, antibacterial, and cytotoxic activity by natural matrices of nano-iron(hydr) oxide/halloysite. /Applied Clay Science, 2016, 120, pp. 101-110.
14. Awad ME, López-Galindo A, Setti M, El-Rahmany MM, Iborra CV. Kaolinite in pharmaceutics and biomedicine. //International Journal of Pharmaceutics. 2017, 533, pp. 34-48.
15. Tiwary AK, Poppenga RH, Puschner B. In vitro study of the effectiveness of three commercial adsorbents for binding oleander toxins. /Clinical Toxicology, 2009, 47, pp. 213-218.

SUMMARY

CLAY IN PHARMACEUTICAL PREPARATIONS

Tsivadze M.

Georgian Technical University

Clay minerals have been immensely beneficial to human life and health since their discovery. Their use in healthcare has made it an indispensable ingredient in many pharmaceutical preparations. Their inertness, low toxicity, versatile physico-chemical properties, and cost-effectiveness have widened their use in pharmaceutical production. At the same time, attention should be paid when taking higher doses of clay and with other drugs. Some clays are known to reduce the efficacy and bioavailability of certain classes of drugs. The study of particle size distribution on the surface of clay minerals has given new future perspectives to many directions in the pharmaceutical field.

Keywords: clay, active ingredient, antacid, inflammation, anti-bacterial properties.



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორს, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორს, საქართველოს და საერთაშორისო საინჟინრო აკადემიების აკადემიკოსს ლევან იმნაიშვილის 70 წელი შეუსრულდა.

ლევან იმნაიშვილი დაიბადა 1954 წლის 3 თებერვალს ქ.თბილისში. 1976 წელს დაამთავრა საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტი. ინსტიტუტის დამთავრების შემდეგ თავისი ცხოვრება მთლიანად დაუკავშირა მშობლიურ ინსტიტუტს, სადაც მან განვლო გზა რიგითი მეცნიერ-მუშაკიდან კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტის ხელმძღვანელამდე.

ლევან იმნაიშვილი 2012–2020 წლებში იყო საქართველო ტექნიკური უნივერსიტეტის აკადემიური საბჭოს წევრი, 2017–2019 წწ. – განათლების ხარისხის განვითარების ეროვნული ცენტრის ავტორიზაციის საბჭოს წევრი. დღემდე არის საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საინჟინრო-ტექნოლოგიური და საბუნებისმეტყველო საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოს თავმჯდომარის მოადგილე.

მისი ინტერესების სფეროს წარმოადგენს: ციფრულ სისტემებში მრავალფუნქციურობის პრინციპის გამოყენება; SCADA სისტემების ეფექტურობის მაღალი წარმადობა, საიმედოობა; ბიომეტრიული ტექნოლოგიები; მომხმარებელზე ორიენტირებული ბიზნეს-პროცესების მართვის სისტემების საკითხები; მომხმარებელზე ორიენტირებული ადამიანი – კომპიუტერის (მანქანის) ინტერფეისის თეორიული და პრაქტიკული საკითხები.

განსაკუთრებით ხაზგასასმელია ბატონი ლევანის ურთიერთობა სტუდენტებთან. იგი ცდილობს თავი სტუდენტებში დაამკვიდროს აზრი, რომ შესაძლებელია დაუღალავი შრომით, ცოდნით და კრეატიული აზროვნებით წარმატების მიღწევა და საკუთარი ინოვაციური სიტყვის თქმა ნებისმიერ დარგში. დღეს, მისი ყოფილი სტუდენტები – მაგისტრები და დოქტორები მუშაობენ ჩვენი ქვეყნის და ევროპის სხვადასხვა ქვეყნების ცნობილ კომპანიებში წამყვან პოზიციებზე და დღემდე აგრძელებენ საქმიან სამეცნიერო-ტექნიკურ ურთიერთობას თავის ყოფილ მეცნიერ-ხელმძღვანელთან.

ლევან იმნაიშვილს სამეცნიერო-კვლევითი და პედაგოგიური მუშაობის პერიოდში გამოქვეყნებული აქვს სამეცნიერო შრომები, სახელმძღვანელოები და მონოგრაფიები. მონაწილეობდა საერთაშორისო კონფერენციებში და სიმპოზიუმებში. ბატონი ლევანის ხელმძღვანელობით შესრულებულია მნიშვნელოვანი და საინტერესო სამუშაოები, რომლებიც დანერგილია კონკრეტულ ობიექტებზე.

ლევან იმნაიშვილი დაჯილდოებულია ღირსების ორდენით, სტუ-ს „ოქროს მედლით“ მინიჭებული აქვს საქართველოს ეროვნული პრემია ტექნიკის დარგში.

ბატონი ლევანი დღესაც ჩვეული ენერგიით და შემართებით ემსახურება თავის საყვარელ საქმეს.

ვულოცავთ ბატონ ლევანს საიუბილეო თარიღს.
ვუსურვებთ დღეგრძელობას, ჯანმრთელობას და შემოქმედებით წარმატებებს!

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
საქართველოს საინჟინრო აკადემია
ჟურნალ „საქართველოს საინჟინრო სიახლეების“ სარედაქციო კოლეგია
სტუ-ს ავტომატიზაციის სამეცნიერო-კვლევითი და საინჟინრო-ტექნიკური ცენტრი